



## SOFTWARES DE SIMULAÇÃO APLICADOS NO GERENCIAMENTO DE ESTOQUE: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

*SIMULATION SOFTWARES APPLIED IN INVENTORY MANAGEMENT: A SYSTEMATIC REVIEW OF THE LITERATURE*

*SOFTWARES DE SIMULACIÓN APLICADO EN LA GESTIÓN DE INVENTARIO: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LA LITERATURA*

Lucas da Silva Almeida <sup>1</sup>, Keren Karolyne Nóbrega Silva <sup>2</sup>, Paloma dos Santos Alves Nunes <sup>3</sup>, & Yuri Laio Teixeira Veras Silva <sup>4\*</sup>

<sup>1 3 4</sup> Universidade Federal de Campina Grande, Unidade Acadêmica de Engenharia de Produção

<sup>2</sup> Universidade Federal da Paraíba, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas

<sup>1</sup> [lucameid@gmail.com](mailto:lucameid@gmail.com) <sup>2</sup> [kerenobrega@gmail.com](mailto:kerenobrega@gmail.com) <sup>3</sup> [pnunes.pn123@gmail.com](mailto:pnunes.pn123@gmail.com) <sup>4</sup> [yurilaio@gmail.com](mailto:yurilaio@gmail.com)

### ARTIGO INFO.

Recebido: 24.03.2024

Aprovado: 19.04.2024

Disponibilizado: 29.04.2024

**PALAVRAS-CHAVE:** gestão de estoques, software de simulação, simulação computacional.

**KEYWORDS:** *inventory management, simulation software, computational simulation.*

**PALABRAS CLAVE:** *gestión de inventarios, software de simulación, simulación por computadora.*

\*Autor Correspondente: Silva, Y. L. T. V.

### RESUMO

Em um cenário tão competitivo, a gestão de estoques se torna uma ferramenta estratégica no processo de diferenciação, visto que o gerenciamento de ativos é crucial para o sucesso empresarial. Nesse sentido, o uso de software para modelagem e simulação se apresentam como facilitadores na formulação de hipóteses e previsão dos efeitos oriundos das alterações eventualmente realizadas. Assim, o presente estudo tem como objetivo identificar os softwares de simulação mais utilizados para resolução de problemas em estoques. Para isso, o método utilizado é uma revisão sistemática da literatura, a fim de mapear e fortalecer os benefícios empresariais / acadêmicas, para que a ligação entre gestão de estoque e a simulação computacional seja garantida no processo produtivo. Como resultado, os numerosos estudos reforçam que os softwares de simulação mais utilizados na otimização em ambientes de estoque são o Arena (32,5%), FlexSim (10%), VenSim (5%), com modelagens do tipo mista (25%), envolvendo análise multicritério, algoritmos genéricos, assim como, outros softwares de simulação (22,5%). Por fim, o diferencial desta pesquisa é a elaboração de uma agenda de pesquisa, listando as diversas lacunas identificadas para aprofundar os estudos na área, tendo como principal delas a escassez de trabalhos na área.

### ABSTRACT

*In such a competitive scenario, inventory management becomes a strategic tool in the differentiation process, as asset management is crucial to business success. In this sense, the use of software for modeling and simulation is*

*presented as a facilitator in formulating hypotheses and predicting the effects arising from changes that may be made. Therefore, the present study aims to identify the most used simulation software for solving inventory problems. For this, the method used is a systematic review of the literature, in order to map and strengthen the business/academic benefits that the link between inventory management and computer simulation guaranteed in the production process. As a result, the numerous studies reinforce that the most used simulation software in the optimization of inventory environments are Arena (32.5%), FlexSim (10%), VenSim (5%), with mixed modeling (25%), involving multicriteria analysis, generic algorithms, as well as other simulation software (22.5%). Finally, the difference in this research is the elaboration of a research agenda, listing the various gaps identified to deepen studies in the area, the main one being the scarcity of works in area.*

### RESUMEN

*En un escenario tan competitivo, la gestión de inventarios se convierte en una herramienta estratégica en el proceso de diferenciación, ya que la gestión de activos es crucial para el éxito empresarial. En este sentido, el uso de software de modelación y simulación se presenta como un facilitador a la hora de formular hipótesis y predecir los efectos derivados de los cambios que se puedan realizar. Por lo tanto, el presente estudio tiene como objetivo identificar el software de simulación más utilizado para la resolución de problemas de inventario. Para ello, el método utilizado es una revisión sistemática de la literatura, con el fin de mapear y fortalecer los beneficios empresariales/académicos que garantiza la vinculación entre la gestión de inventarios y la simulación computacional en el proceso productivo. Como resultado, los numerosos estudios refuerzan que los softwares de simulación más utilizados en la optimización de entornos de inventario son Arena (32,5%), FlexSim (10%), VenSim (5%), con modelado mixto (25%), que involucra análisis multicriterial, algoritmos genéricos, así como otros softwares de simulación (22,5%). Finalmente, la diferencia en esta investigación es la elaboración de una agenda de investigación, enumerando las diversas lagunas identificadas para profundizar los estudios en el área, siendo la principal la escasez de trabajos en área.*

## INTRODUÇÃO

Em um cenário competitivo acirrado, as organizações necessitam de diferenciação, Gapski (2003) e Dias (2014) afirmam que gerenciar os ativos conduz melhorias nos processos logísticos. Tendo em vista que as empresas possuem uma certa dinâmica relacionada a essas decisões de investimento com o objetivo de maximizar o lucro, torna-se necessário aumentar a utilidade das diferentes classes de ativos por meio de sistemas eficientes de gestão de estoque (Cardoso et al., 2020).

Mattar (2011) acrescenta que, o não gerenciamento dos estoques e a má gestão desses ativos, resulta em desvantagem competitiva, como a obsolescência em produtos, indisponibilidade de itens acabados, excesso de recursos em armazenamento, danos financeiros (imobilização de recursos, custos desnecessários, perdas) e retrabalho. Sendo assim, um nível de estoque adequado faz com que a empresa consiga atender a demanda de forma equilibrada, isto é, sem que haja a falta de produtos ao mesmo tempo que não gere altos custos devido a grandes níveis de estoque (Silva, 2024).

Diante da complexidade das demandas geradas pelo estoque dentro das organizações, o sistema de produção deve ser flexível, se atentando as mudanças do mercado e avanços tecnológicos (Querino et al., 2021). Nesse sentido, a utilização de ferramentas computacionais contribui com resultados organizacionais vantajosos, por meio da redução de desperdícios e tomada de decisão assertiva, impactando diretamente na capacidade de adaptação das empresas (Schwab, 2016; Pegas, 2017).

Mossavi e Hosseini (2021) complementam que, as ferramentas de simulação computacionais potencializam a adaptação de um cenário ideal para o real, de forma que isso pode ser feito mediante os softwares (Arena, FlexSim, Anylogic, Vensim), no qual, são levados em consideração diversos aspectos para um único problema, fornecendo informações valiosas aos decisores. Franco (2020) afirma que ao realizar a modelagem do sistema, é possível descrever seu comportamento, construir teorias diante as observações realizadas, além de analisar cenários futuros antes que sejam implementados no mundo real.

No contexto da gestão de estoque, a simulação computacional pode ser considerada uma habilitadora, fornecendo informações fundamentais para formular hipóteses e prever os efeitos oriundos das alterações realizadas posteriormente (Rego & Mesquita, 2011; Mendes, 2015; Moosavi & Hosseini, 2021). Nessa perspectiva, os benefícios dos softwares de simulação no contexto da gestão de estoque são diversos, desde a minimização de prejuízos, até a integração dos recursos, gerando uma cadeia de suprimentos integrada, na qual os gestores conseguem ter acessos às entradas e saídas de maneira automática, controlando o processo, identificando os erros, assim como, se preparando para as variações indesejadas (Leão, 2022). Assim, ao realizar a simulação de um modelo de gerenciamento de estoque, as causas relacionadas ao nível de estoque e custo de transação poderão ser observadas de forma mais explícita (De Moraes, 2021).

Na literatura, existe uma gama de estudos que avaliam o potencial de unir a gestão de estoque e as ferramentas de simulação computacional (Rego & Mesquita, 2011; Mendes, 2015; Amaral *et al.*, 2020; Querino *et al.*, 2021; Martins & Alcantara, 2022), em sua maioria com foco empírico de revisão da literatura. Adicionalmente, há estudos que se comprometem em aplicar especificamente ferramentas no contexto real de sistemas de manufatura, a maioria utiliza modelagem específica para um problema chave. Considerando tantos avanços nessa área, atualmente existem inúmeros softwares que realizam modelagem e simulação, todavia, existe uma lacuna de qual deles é o mais adequado para resolução de um problema pesquisa.

Levando em consideração todos os fatores e argumentos citados acerca da importância da gestão de estoques, simulação computacional, bem como as vantagens de sua ligação, surge o problema pesquisa: **“Como são categorizados os softwares de simulação relacionados a gestão de estoque? Quais os mais utilizados no meio acadêmico e empresarial?”**

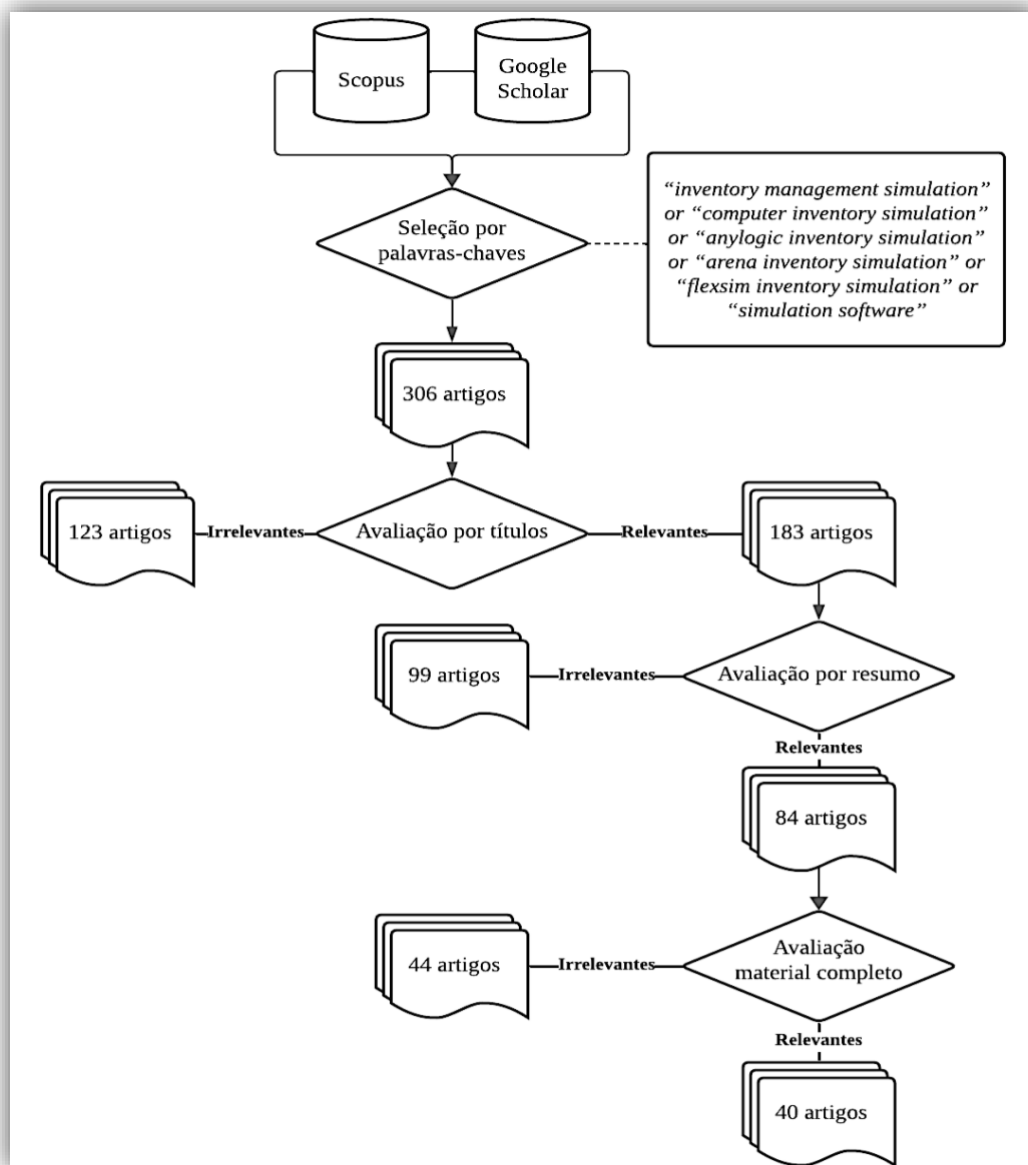
Nesse sentido, o presente estudo tem o objetivo de **“Identificar os softwares de simulação mais utilizados para resolução de problemas em estoques”**. Para tal, o método empregue será uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL), visando preencher a lacuna apresentada por Harley (2011) e atestada por Querino *et al.* (2021), a necessidade de mapear pesquisas, identificando publicações relevantes, assim como, autores engajados na temática de simulação na gestão de estoque.

### MÉTODO DE PESQUISA

O fluxo metodológico do presente estudo foi realizado seguindo os parâmetros da revisão sistemática da literatura (RSL), uma abordagem com etapas estabelecida e estruturadas previamente, a fim de aplicar a técnica de investigação científica, por meio da seleção de material científico e análise dados (Azevedo, 2016). Na delimitação e busca da literatura, o procedimento metodológico adotado por essa pesquisa se baseia em quatro etapas proposta por Seuring e Muller (2008):

- Coleta de material: O processo de coleta de material foi realizado em duas bases de dados (Scopus e Google Scholar) seguindo a utilização de strings de pesquisa *“inventory management simulation” or “computer inventory simulation” or “anylogic inventory simulation” or “arena inventory simulation” or “flexsim inventory simulation” or “simulation software”* para selecionar a amostra final (Figura 1) partindo dos critérios de inclusão (Tabela 1).

Figura 1. Seleção de materiais



Fonte: Autores (2023).

Um critério de exclusão importante a se destacar foi realizado durante a coleta de dados, na qual, só foram selecionados os documentos publicados em versão final com linguagem em inglês e submetidos em periódicos de relevância durante o período de 2000 a 2022.

Tabela 1. Critério de exclusão.

Critérios de Inclusão
Artigos e revisões em periódicos (Jornal ou revistas)
Documentos que abordem simultaneamente, em seus conteúdos, pelo menos duas das palavras-chave, entre as consideradas
Documentos que seja possível identificar as palavras-chaves no título, resumo e/ou palavras-chave selecionadas pelo autor
Materiais publicados na linguagem inglês ou português (apenas no caso do <i>Google Scholar</i> )
Critérios de Exclusão
Materiais que tratem somente de pesquisas sobre apenas uma das palavras-chave
Materiais com acesso restrito ou limitado pela base

Fonte: Autores (2023).

Após coletado todo o material, foi realizado o download dos dados em planilhas do *software excel*, dando início ao processo de codificação dos arquivos. Na presente pesquisa, foi utilizada codificação aberta, detalhando as informações de: objetivo do estudo, método empregue, contribuições e lacunas de pesquisa.

- **Análise descritiva:** Após coletado todo o material, durante o processo de codificação, é realizado uma primeira triagem. O suporte do *software VosViewer* permite que sejam geradas redes de palavras para atestar a conexão do tema. Em seguida, os estudos são mapeados conforme os indicadores de citação, distribuição ao longo do tempo, tema abordado, autores e ano de publicação, dentre outros;

Assim, o material selecionado para compor a amostra foi avaliado novamente de maneira bibliométrica, com foco no material obtido pela Scopus, uma vez que essa base possuía a maior quantidade de estudos e pesquisas de maiores impactos, se comparada as demais fontes obtidas. Para essa análise, foi utilizado o software Vosviewer que proporciona a interpelação entre os dados do documento, autor, número de citações, país de origem e departamento de produção.

- **Seleção de categoria:** Seguido do processo de análise, os artigos são categorizados e agrupados em tabelas e, caso o material não se encaixe nos parâmetros da pesquisa, é excluído. Nessa fase, são aplicados filtros de seleção de artigos, avaliação de título e análise de conteúdo:
  - **Avaliação de título:** O primeiro filtro foi realizado por meio da análise de títulos e tema da pesquisa, caso o estudo envolvesse gestão de estoque, simulação ou sobre a relação desses temas, seria selecionado para avaliação seguinte;
  - **Análise de conteúdo:** Considerando a análise de título e leitura superficial do resumo, o material era direcionado a ser avaliado de maneira profunda, por meio da leitura e análise dos procedimentos metodológicos, assim como os resultados alcançados com sua aplicação.

Durante o procedimento de filtragem de material, os documentos incluídos precisam explorar softwares ou modelos de simulação aplicados a gestão de estoque em uma determinada organização, seja ele empírico ou prático, de forma que, são excluídos todos os artigos que não envolvem essa temática ou não a exploram diretamente.

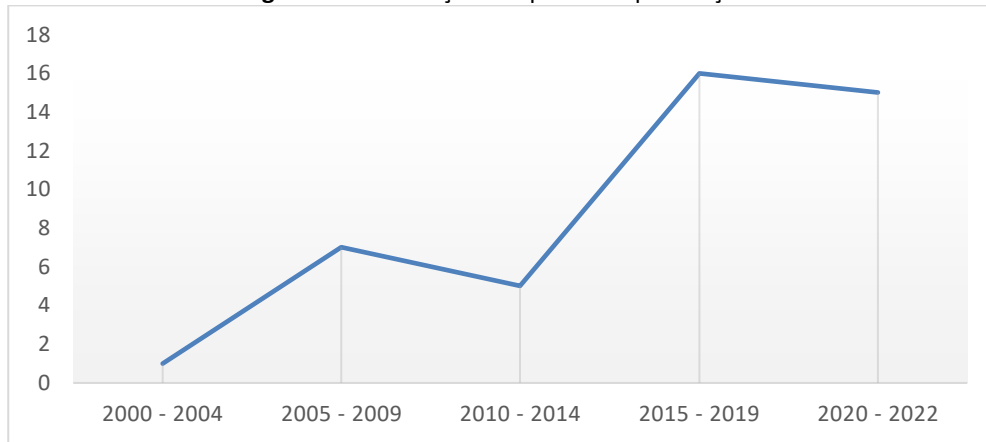
A avaliação de qualidade foi criteriosamente realizada por meio da investigação de conteúdo, na qual, todo o estudo foi minuciosamente analisado. Além disso, os materiais são identificados conforme o seu tipo de abordagem, categorizados na seção 4, na qual, os resultados são detalhados de acordo com o fluxo de filtragem do material e as etapas de seleção supracitada. O material eleito como relevante para a pesquisa é agrupado, distribuído e exposto por meio de ferramentas ilustrativas.

- **Avaliação do material:** Na fase final, seguindo as seleções anteriores, as pesquisas estritamente selecionadas são reconhecidas como material relevante, possibilitando alcançar o resultado esperando no planejamento da revisão.



De maneira global, os dados bibliométricos apontaram que a simulação computacional e as aplicações de software possuem o interesse do meio acadêmico em continuar explorando essa temática, todavia, o estudo objetiva focar em uma área de aplicação específica, isto é, a gestão de estoque. Desse modo, foram realizados filtros de título, resumo e corpo do texto, nas quais, as pesquisas são categorizadas na seção seguinte.

**Figura 3.** Distribuição temporal das publicações



Fonte: Autores (2023).

Considerando todo o material coletado e analisado, após as etapas de filtros, foram verificados de maneira minuciosa cerca de 40 estudos, envolvendo gestão de estoque, simulação e a união desses dois conceitos. Acerca da distribuição temporal, as publicações analisadas estão envolvidas em uma faixa de vinte anos de produção, apresentando uma tendência de crescimento no período entre os anos de 2015 a 2019 (Figura 3).

Selecionados os estudos e explorada a distribuição temporal das publicações, a análise de conteúdo detalhada é o próximo passo para a categorização dos métodos de gestão de estoque mais utilizadas, os softwares de simulação que auxiliam nessa atividade e a união de ambos, a fim de destacar e potencializar os resultados de uma organização.

### Softwares Mais Utilizados na Literatura

Como exposto anteriormente, existe uma gama de softwares de simulação, desde aplicações em 3D, até complexas linguagens de programação. Considerando essa amplitude, as organizações devem se atentar ao método utilizado e qual destes pode apresentar mais vantagens ao longo prazo. Visto isso, foram categorizados os métodos de modelagem e simulação em gestão de estoque (Quadro 2), considerando os mais encontrados na literatura, de forma que, os mais citados foram: Arena (32,5%), FlexSim (10%) e Vensim (5%), enquanto os métodos mais utilizados eram mistos (25%), envolvendo análise multicritério, algoritmos genéricos, assim como, outros softwares de simulação (22,5%).

**Tabela 2.** Distribuição dos métodos por autores

Métodos / Softwares	Referências
ARENA (32,5%)	Filho (2006); Liu & Zhang (2007); Wadhwa et al. (2008); Santos & Grander (2012); Carvalho et al. (2020); Ekren & Arslan (2019); Al-Fandi et al (2019); Alsolami (2020); Wang et al. (2020); Sridhar et al. (2021); Kim et al (2022); Chen et al (2022); Rachih et al. (2022).
MÉTODO MISTO (25%)	Cao et al (2003); Daniel & Rajendran (2005); Schwartz et al. (2006); Zabawa & Mielczarek (2007); Pergher (2010); Júnior & Anzzanello (2016); Tsai & Chen (2017); Silverio et al. (2017); Zhao & Wang (2018).
OUTROS SOFTWARES DE SIMULAÇÃO (22,5%)	Gomes & Wanke (2008); Knezevic (2011); Shen et al. (2013); Guller et al. (2015); Janssen et al (2018); Li & Li (2019); Perez et al (2021); Kurvinen et al (2021); Paulino et al (2015).
FLEXSIM (10%)	Jalali & Van Nieuwenhuysse (2015); Srinivas (2019); Jebbor et al (2021); Ortiz et al (2021).
VENSIM (5%)	Buschiazzo et al. (2020); Morales & Andrade-Arenas (2021).
ANYLOGIC (2,5%)	Sutanto & Sarno (2015).

Fonte: Autores (2023).

Se comparado com RSL realizadas anteriormente, no contexto nacional, a pesquisa de Feitoza (2022) poderia rebater a afirmação de que o software Arena é um dos mais utilizados mundialmente, considerando as análises realizadas pelo autor que selecionou o Anylogic para a aplicação. Todavia, o estudo supracitado se limita a priorização de local para um centro de distribuição, onde o objetivo de pesquisa impactou diretamente na escolha do software, de modo que, o filtro realizado na RSL foi a ferramenta selecionada.

Considerando que a comparação com outros estudos possibilita novas pesquisas, foram selecionados os documentos mais citados atualmente, classificados entre os mais citados, independente do seu ano de publicação, visando facilitar a compreensão do avanço da temática no meio acadêmico. Na Tabela 3, são categorizados por ano de publicação e suas respectivas quantidades de citações, apresentando de maneira subjetiva que o tema ainda é pouco explorado.

**Tabela 3.** Relação dos estudos mais citados

Referências	Título	# Citações
Wadhwa et al. (2008)	Effects of information transparency and cooperation on supply chain performance: A simulation study	47
Ekren & Arslan (2020)	Simulation-based lateral transshipment policy optimization for s, S inventory control problem in a single-echelon supply chain network	29
Battissacco et al (2021)	Production batch sizing and inventory level control using simulation software	28
Wang et al. (2020)	A computational model for determining levels of factors in inventory management using response surface methodology	17
Morales & Andrade-Arenas (2021)	Inventory Management Analysis under the System Dynamics Model	17
Li & Li (2019)	Simulation Optimization Under Random Conditions TG Business Model of Spare Parts Inventory	15
Sridhar et al. (2021)	Simulation of inventory management systems in retail stores: A case study	15
Dawood & Marasini (2003)	Visualisation of a stockyard layout simulator "SimStock": A case study in precast concrete products industry	13
Belhajali & Hachicha (2013)	System Dynamics Simulation to Determine Safety Stock for a Single-Stage Inventory System	13

Fonte: Autores (2023).



Ainda sobre os estudos mais relevantes encontrados na literatura, dos nove materiais mais citados, três foram publicados antes de 2019, reforçando a lacuna de publicações entre os anos de 2005 e 2015, contando com um crescimento elevado após o período pandêmico.

A gestão de estoque, simulação computacional, cadeia de suprimentos e logística são grandes temáticas exploradas nesse contexto, consideradas cruciais para o desenvolvimento da organização e aquisição de vantagem competitiva. Nesse sentido, após a análise documental, ambos foram categorizados conforme o seu tema abordado, apresentando suas respectivas contribuições para o meio acadêmico e empresarial (Quadro 4).

Considerando os estudos analisados e categorizados, é possível afirmar que a utilização de simulação computacional, assim como, software de simulação é crucial para a otimização de estoques, seja por meio de modelo proposto ou por estruturas já presentes na literatura. Diante disso, as contribuições empresariais adquiridas após a aplicação dessa temática são: controle de estoque em diferentes níveis, considerando a incerteza da cadeia de suprimentos (Paulino et al., 2015; Zhao & Wang, 2018; Janssen et al., 2018; Al-Fandi et al., 2019; Kurvinen et al., 2021), gerenciamento de recursos compatíveis com a demanda estipulada pelo mercado (Gomes & Wanke, 2008; Carvalho et al., 2019; Alsolami, 2020), determinação de soluções para problemas de estoque multiobjetivos (Guller et al., 2015; Lopes, 2019), otimização na tomada de decisão por meio de soluções mais assertivas e estratégicas (Zhao & Wang, 2018; Li & Li, 2019; Martins, 2020; Wang et al., 2020; Sridhar et al., 2021).

Também é possível pontuar as constituições que envolvem melhorias no controle de custos totais, considerando a capacidade de estoque do projeto (Liu & Zang, 2007; Zabawa & Mielczarek, 2007; Pergher, 2010; Santos & Grander, 2012; Shen et al., 2013; Al-Fandi et al., 2019; Buschiazzo & Campuzano-Bolarin, 2020; Mansur et al., 2020; Chen et al., 2022; Rachih et al., 2022), integração do sistema de gestão de estoques com os demais setores da organização, tornando a cadeia de suprimentos inteligente (Jebbor et al., 2021), além de produzir um processo modelado de fácil replicação em outras áreas (Cao et al., 2003; Schwartz et al., 2006; Kim et al., 2022).

### Proposta para Trabalhos Futuros

Agrupando todas as contribuições realizadas na literatura nos dias atuais, surgem novas propostas de pesquisas, seja pela replicação das aplicações realizadas ou pelo preenchimento das limitações dos estudos anteriores (Tabela 4).

**Tabela 4.** Lacunas de pesquisa encontrada nos artigos analisados.

Referência	Sugestões de Pesquisas Futuras
Liu & Zhang (2007)	Determinar parâmetros específicos do modelo de inventário multi-escala, bem como simulação e otimização de inventário mais próxima da realidade.
Wadhwa et al. (2008)	Explorar o efeito da cooperação e transparência da informação ao longo da Cadeia de Suprimentos. Estudar o desempenho do CS devido à aplicação simultânea de adiamento e cooperação entre os nós horizontais e verticais do CS.
Wang et al. (2020)	Considerar o problema de gerenciamento de estoque sob demanda estocástica e lead-time. Utilizar a simulação pode ser usada como uma ferramenta de programação de chão de fábrica.

Morales & Andrade-Arenas (2021)	Aplicar o modelo proposto em outros softwares de simulação, apresentando e comparando como cada um é utilizado, quais os mais recomendados em cada sistemas específicos.
Kurvinen et al. (2021)	Apresentar uma avaliação mais robusta e crítica do modelo, usando um horizonte de tempo mais longo e dados de outros países. Aplicação do modelo QuantiSTOCK, desde a avaliação da demanda por moradias em nível regional até o fornecimento de insumos para a definição de caminhos sustentáveis rumo às metas climáticas e de uso da terra.
Kim et al. (2022)	Incluir modelos de gerenciamento de estoque para Fabs e bancos de matrizes capacitados. Desenvolver política de gerenciamento de estoques em ambientes industriais, considerando a correlação de demandas, não esquecendo de avaliar o problema de estoque multinível, também for estudada em conjunto.
Chen et al. (2022)	Aplicação do método proposto em um sistema estendido será mais prático e referencial em outras empresas farmacêuticas. Explorar outras políticas de estoque de medicamentos, como o sistema de pedido quantitativo, sistema de pedido regular e sistema de pedido abrangente. Apresentar as diferenças de cada política de estoque de medicamentos e determinar a política de estoque de medicamentos mais adequada para o hospital de casos.
Rachih et al. (2022)	Considerar o custo de manutenção separado o custo de carteira de produtos novos e remanufaturados pode tornar o modelo mais realista. Tentar outros tipos de codificação dos indivíduos e o ajuste dos parâmetros do Algoritmo Genético, comparar o desempenho de ambos os algoritmos, a fim de afirmar qual o mais eficiente. Analisar diferentes cenários e testes numéricos para o modelo podem levar a outras políticas ótimas. Utilizar outras meta-heurísticas, ou hibridização de múltiplas meta-heurísticas e outros métodos de otimização.

Fonte: Autores (2023).

De maneira geral, todos os estudos analisados apresentam modelos que podem ser replicados, seja na mesma área do objeto em estudo ou em áreas distintas. Quanto a área da saúde, Chen et al (2022) apresenta diferenças políticas de estoque que podem se estender as outras indústrias farmacêuticas, aplicado em hospitais. Além da relevância de organização em suprimentos, efetuar melhorias nesse setor são cruciais, visto que envolvem a sobrevivência humana.

Morales e Andrade-Arenas (2021) sugerem a replicação do modelo proposto em outras áreas, por ser um assunto que pode ser aprofundado em diversos tipos de cadeia de suprimentos, integradas, sustentáveis e do setor de serviços. Quanto as cadeias de suprimentos integradas, o modelo pode ser explorado em organizações que utilizam o modelo de Indústria 4.0 ou 5.0, como é o caso de multinacionais e representantes tecnológicas. Já em negócios sustentáveis, a modelagem e simulação são cruciais nos elos integrados da cadeia, apresentando vantagens competitivas, além de atestarem os cumprimentos de ações voltadas a economia circular.

O setor de serviços que geralmente envolve pequenas e médias empresas, é um interessante ramo para estudar modelos e meta-heurísticas emergentes, visto que, as aplicações são menos comuns e apresentam mais fatores a serem medidos, ou seja, a complexidade se torna maior. Ademais, a maioria das pesquisas envolvem indústria de manufatura.

Além de replicação dos estudos já presentes na literatura, Liu & Zhang (2007), Wadhwa et al. (2008) e Wang et al. (2020), recomendam a análise em novos cenários e desenvolvimento de novas simulações de forma a ampliar os setores de atuação. Com isso, pode ser aderida a pesquisa no setor têxtil, como a moda fast fashion, na qual os estoques são cruciais para atender a demanda, além de acarretarem em vantagens competitivas no mercado por atuar na principal lacuna relacionada ao controle de custos. Assim, a aplicação de um modelo nesse ramo pode proporcionar inúmeras contribuições empresariais, assim como, acadêmicas.

Se tratando de contribuições no meio empresarial, os softwares de simulação são um investimento crucial, por serem uma ferramenta de fácil aplicação que apoia a tomada de decisão. Todavia, algumas organizações apresentam limitação quanto aos recursos financeiros, além de contar com critérios personalizados. Nesses casos, Kurvinen et al (2021) e Kim et al (2022), aconselham que as pesquisas ampliem os estudos nessa área, apresentando ferramentas de modelagem matemáticas e otimização de estoques, a fim de agregar valor aos avanços tecnológicos enquanto incentivam mudanças sustentáveis no negócio.

Por fim, no que se refere as questões financeiras dessa temática, Rachih et al. (2022) recomendam que os estudos futuros se aprofundem nessa temática, focando de maneira singular nos custos de manutenção e de carteira de produto, de modo que, sejam realizadas análises de diversos cenários envolvendo o investimento financeiro nessa ferramenta.

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo seguiu os parâmetros da revisão sistemática da literatura, baseando nas quatro etapas proposta por Seuring e Muller (2008), a fim de categorizar os softwares de simulação relacionados a gestão de estoque e determinar os mais empregados no meio acadêmico e empresarial. Para isso, foram avaliados artigos publicados entre os anos de 2000 e 2022, filtrados por título, resumo e análise de conteúdo, resultando em 40 estudos que envolvem gestão de estoque, simulação e a união dos conceitos.

Nesse sentido, a análise sistemática de estudos que aplicavam ferramentas computacionais de apoio a decisão na área de gestão de estoques, possibilitou afirmar que atualmente os softwares mais utilizados são Arena (32,5%), FlexSim (10%) e Vensim (5%), enquanto os métodos mais utilizados eram mistos (25%), envolvendo análise multicritério, algoritmos genéricos, assim como, outros softwares de simulação (22,5%).

Além disso, essa temática apresenta vantagens organizacionais envolvendo a gestão de estoque, como controle de recursos em diferentes níveis, considerando a incerteza da cadeia de suprimentos. Ademais, facilitam na determinação de soluções para problemas de estoque multiobjetivos, proporcionando soluções mais assertivas e estratégicas. Contribuem também com melhorias no controle de custos totais considerando a capacidade de estoque do projeto e participam do processo de integração do sistema de gestão de estoques com os demais setores da organização, tornando a cadeia de suprimentos inteligente.

Dessa forma, é possível afirmar que, o presente estudo é relevante para o meio empresarial, por apresentar inúmeras aplicações e seleção de ferramentas vantajosas para a replicação no ambiente de estoque. Outrossim, a pesquisa contribui com o surgimento de novos projetos, por apresentar um compilado de materiais relevantes acerca da temática de gestão de estoque e simulação computacional, fornecendo indicações de novas temáticas a serem abordados. Por fim, os trabalhos que apresentam modelos de fácil replicação em outras áreas são apontados, a fim de que a metodologia eficiente seja replicada.

Todavia, ainda assim a pesquisa apresenta limitações, devido a coleta do material ter sido realizada em apenas duas bases de dados, filtrando os documentos por ano e língua inglesa, além de analisar apenas estudos que contavam com aplicação de softwares de simulação na área de gestão de estoque e modelagens envolvendo otimização nesse setor. Nesse sentido, como sugestão para trabalhos futuros, deve ser explorado os estudos analisados e ampliada a presente pesquisa.

## REFERÊNCIAS

- Al-Fandi, L. M., Obaid, A. A. B., Alfaiakawi, B. I., Alsubaiei, H. A., & Khudhair, S. A. (2019). A simulation study to determine the parameters of medicine inventory policy. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences*, 68(4).
- Alsolami, F. J. (2020). Measuring the Performance of inventory management system using arena simulator. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 11(6).
- Andrade-Arenas, L. (2021). Inventory Management Analysis under the System Dynamics Model. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 12(1).
- Azevedo, D. (2016). Revisão de literatura, referencial teórico, fundamentação teórica e framework conceitual em pesquisa—diferenças e propósitos.
- Buschiazzo, M., Mula, J., & Campuzano-Bolarin, F. (2020). Simulation optimization for the inventory management of healthcare supplies. *International Journal of Simulation Modelling*, 19(2), 255-266.
- Cao, Cheng, Ettl, Buckley, & Rodriguez. (2003, December). A simulation-based tool for inventory analysis in a server computer manufacturing environment. In *Proceedings of the 2003 Winter Simulation Conference*. (Vol. 2, pp. 1313-1318). IEEE.
- Cardoso, G., Quirós, D. C., Souza, G. S., & Ribeiro, K. D. S. (2020). Gestão de estoque e desempenho de empresas brasileiras listadas na B3. *Revista de Educação e Pesquisa em Contabilidade*, 14(1), 118-133.
- Carvalho, A. M. G. D., Lima, R. B. D., & Ichihara, R. C. D. S. (2020). Análise de estoque de uma loja de autopeças através da simulação computacional: um estudo de caso.
- Chen, C. N., Lai, C. H., Lu, G. W., Huang, C. C., Wu, L. J., Lin, H. C., & Chen, P. S. (2022). Applying Simulation Optimization to Minimize Drug Inventory Costs: A Study of a Case Outpatient Pharmacy. In *Healthcare*. 10(3), 556.
- Daniel, J. S. R. & Rajendran, C. (2005). A simulation-based genetic algorithm for inventory optimization in a serial supply chain. *International Transactions in Operational Research*, 12(1), 101-127.
- de Moraes, R. R., Moor, R. G., & Gardesani, R. (2021). Análise De Estratégias Em Gestão De Estoque E De Demanda Por Meio De Possíveis Cenários: Proposta De Um Modelo Mental Em Simulação Arena. *Revista Gestão em Análise*, 10(3), 34-47.
- do Amaral, J. V. S., da Silva Lima, R., & de Carvalho Miranda, R. Modelagem E Simulação Na Cadeia De Suprimentos Do Petróleo: Revisão Sistemática De Literatura.
- dos Santos, J. A. A. & Grander, G. (2016). Análise e simulação do sistema de estocagem de uma indústria moveleira: um estudo de caso. *FaSci-Tech*, 1(6).
- dos Santos, J. A. A. & Grander, G. (2016). Análise e simulação do sistema de estocagem de uma indústria moveleira: um estudo de caso. *FaSci-Tech*, 1(6).
- Ekren, B. Y. & Arslan, B. (2020). Simulation-based lateral transshipment policy optimization for s, S inventory control problem in a single-echelon supply chain network. *An International Journal of Optimization and Control: Theories & Applications (IJOCTA)*, 10(1), 9-16.
- Feitoza, Y. R. A. (2022). Simulação computacional e ferramentas de otimização para o problema de localização de centros de distribuição: estudo de caso.
- Franco, M. I. P. (2020). Otimização e Simulação em Sistemas de Produção e Logística Com aplicações em Matlab (Master's thesis).
- Gomes, A. V. P., & Wanke, P. (2008). Modelagem da gestão de estoques de peças de reposição através de cadeias de Markov. *Gestão & Produção*, 15, 57-72.
- Güller, M., Uygun, Y., & Noche, B. (2015). Simulation-based optimization for a capacitated multi-echelon production-inventory system. *Journal of Simulation*, 9(4), 325-336.
- Jalali, H. & Nieuwenhuyse, I. V. (2015). Simulation optimization in inventory replenishment: a classification. *IIE Transactions*, 47(11), 1217-1235.
- Janssen, L., Sauer, J., Claus, T., & Nehls, U. (2018). Development and simulation analysis of a new perishable inventory model with a closing days constraint under non-stationary stochastic demand. *Computers & Industrial Engineering*, 118, 9-22.
- Jebbor, S., Chiheb, R., El Afia, A., & Gallab, M. (2023). Designing a fully automated and integrated inventory and replenishment system for hospitals. *International Journal of Systems Science: Operations & Logistics*, 10(1), 1962429.
- Kim, D., Park, Y. S., Kim, H. W., Park, K. S., & Moon, I. K. (2022). Inventory policy for postponement strategy in the semiconductor industry with a die bank. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 117, 102498.

- Knezevic, B., & Katalinic, B. (2011, November). Usage of simulation in inventory management education. In *Annals of DAAAM for 2011 & Proceedings of the 22nd International DAAAM Symposium*. 22(1), 1197-1198.
- Kurvinen, A., Saari, A., Heljo, J., & Nippala, E. (2021). Modeling building stock development. *Sustainability*, 13(2), 723.
- Li, X. & Li, P. (2019, October). Simulation optimization under random conditions TG business model of spare parts inventory. In *2019 4th International Conference on Mechanical, Control and Computer Engineering (ICMCCE)* (pp. 1025-10253). IEEE.
- Liu, M. (2007, August). Modeling and simulation of a multi-echelon inventory system for a manufacture firm. In *2007 IEEE International Conference on Automation and Logistics* (pp. 1230-1235). IEEE.
- Lopes, R. C., Mendes, A. C. A., Lunkes, R. J., & Costa, G. D. (2019). Utilização da simulação de Monte Carlo na gestão de estoques para empresas farmacêuticas. *REVISTA AMBIENTE CONTÁBIL-Universidade Federal do Rio Grande do Norte-ISSN 2176-9036*, 11(2), 1-18.
- Mansur, A., Mar'ah, F. I., & Amalia, P. (2020). Platelet inventory management system using monte carlo simulation. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 722(1), 012004. IOP Publishing.
- Martins, E. R. (2020). Utilização da simulação de Monte Carlo na gestão de estoques. *Engenharia De Produção: Tecnologia E Inovação No Setor Produtivo*, 443-457.
- Melo Júnior, J. H. (2022). Mapeamento e análise de softwares de gestão da produção e operações: uma revisão sistemática.
- Mendes, V. A. (2015). *Modelagem e simulação computacional na manufatura: uma revisão da literatura*.
- Moosavi, J. & Hosseini, S. (2021). Simulation-based assessment of supply chain resilience with consideration of recovery strategies in the COVID-19 pandemic context. *Computers & Industrial Engineering*, 160, 107593.
- Ortiz, G. G., Godínez, S. V., Barrios-Borjes, E., & Martínez, J. E. V. (2021). Procedimiento matemático, orientado a la simulación en flexsim, mediante un sistema de enseñanza de planificación de requerimientos de materiales (MRP).
- Paulino, E. L., Ribeiro, L. H., Teixeira, R. B. S., Lucinio, E. A. G., & Cardoso, R. O. R. (2015). Simulação de estoque de segurança utilizando o software ProModel. *Revista Científica e-Locução*, 1(07), 18-18.
- Pegas, P. H. (2017). *Simulação baseada em agentes para uma cadeia de suprimentos com impressão 3D: uma análise comparativa utilizando AnyLogic* (Bachelor's thesis, Universidade Tecnológica Federal do Paraná).
- Perez, H. D., Hubbs, C. D., Li, C., & Grossmann, I. E. (2021). Algorithmic approaches to inventory management optimization. *Processes*, 9(1), 102.
- Pergher, I. (2011). *Um método para quantificar o estoque em processo à luz da simulação computacional e da análise multicritério*.
- Querino, F. F., Miranda, L. P., & Beraldo, D. F. A. (2021). Análise bibliométrica sobre o impacto da inovação na gestão de estoque. *ABCustos*, 16(3), 28-58.
- Rachih, H., Mhada, F., & Chiheb, R. (2022). Simulation optimization of an inventory control model for a reverse logistics system. *Decision Science Letters*, 11(1), 43-54.
- Rego, J. R. D. & Mesquita, M. A. D. (2011). Controle de estoque de peças de reposição em local único: uma revisão da literatura. *Production*, 21, 645-666.
- Ritzman, L. P. & Krajewski, L. J. (2003). *Administração da produção e operações*. Prentice Hall.
- Schwartz, J. D., Wang, W., & Rivera, D. E. (2006). Simulation-based optimization of process control policies for inventory management in supply chains. *Automatica*, 42(8), 1311-1320.
- Shen, W., Qingmin, L., & Yingwu, P. (2013, December).
- Silva, J. A. P., Fioravante, I. A., Ribeiro, R. B., Luciano, Érik L., Melo, R. H., de, & Souza, A. J. S., de. (2024). Gestão de estoque em uma indústria de fitas de borda: evidências por meio de estudo de caso. *Revista De Gestão E Secretariado*, 15(1), 1191-1210.
- Simulation model based on extendsim for multiechelon repair and inventory system. In *Proceedings 2013 International Conference on Mechatronic Sciences, Electric Engineering and Computer (MEC)* (pp. 306-309). IEEE.
- Sridhar, P., Vishnu, C. R., & Sridharan, R. (2021). Simulation of inventory management systems in retail stores: A case study. *Materials Today: Proceedings*, 47, 5130-5134.
- Srinivas, C. (2019). Consignment inventory simulation model for single vendor-multi buyers in a supply chain. *International Journal of Advanced Research in Engineering and Technology*, 10(2).
- Sutanto, Y., & Sarno, R. (2015, August). Inventory management optimization model with database synchronization through internet network (A simulation study). In *2015 International Conference on Electrical Engineering and Informatics (ICEEI)* (pp. 115-120). IEEE.
- Tsai, S. C. & Chen, S. T. (2017). A simulation-based multi-objective optimization framework: A case study on inventory management. *Omega*, 70, 148-159.
- Wadhwa, S., Mishra, M., Chan, F. T., & Ducq, Y. (2010). Effects of information transparency and cooperation on supply chain performance: a simulation study. *International Journal of Production Research*, 48(1), 145-166.
- Wang, C. N., Dang, T. T., & Nguyen, N. A. T. (2020). A computational model for determining levels of factors in inventory management using response surface methodology. *Mathematics*, 8(8), 1210.
- Wang, W., Fu, W., Zhang, H., & Wang, Y. (2013). Hybrid modeling and simulation of automotive supply chain network. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*, 6(9), 1598-1605.
- Zabawa, J. & Mielczarek, B. (2007, June). Tools of Monte Carlo simulation in inventory management problems. In *Proceedings 21st European Conference on Modelling and Simulation (ECMS)*.
- Zhao, W. & Wang, D. (2018). Simulation-based optimization on control strategies of three-echelon inventory in hybrid supply chain with order uncertainty. *IEEE Access*, 6, 54215-54223.