

PLANEJAMENTO DE ESTOQUES E DA ARMAZENAGEM USANDO O LABLOG

INVENTORY AND STORAGE PLANNING USING THE LABLOG

MARIANA LOPES SILVA¹, MARCOS RICARDO ROSA GEORGES^{2*}

1. Acadêmico do curso de graduação em Engenharia de Produção da Pontifícia Universidade Católica de Campinas e bolsista de iniciação científica FAPIC; 2. Docente do Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade e graduação em Administração e Engenharia de Produção da Pontifícia Universidade Católica de Campinas.

* Rua Professor Dr. Euryclides de Jesus Zerbini, 1516, Pq. Rural Fazenda Santa Cândida, Campinas, São Paulo, Brasil. CEP: 13087-571.
marcos.georges@puc-campinas.edu.br

Recebido em 02/09/2023. Aceito para publicação em 07/10/2023

RESUMO

Este artigo apresenta um estudo sobre aplicação de metodologias de planejamento de estoques e da armazenagem utilizando o laboratório de logística chamado LabLog. O estudo foi conduzido como um experimento, no qual foram feitas quatro simulações, com cenários de tamanho e complexidade crescente. Para cada cenário, foi aplicado uma técnica para determinar os níveis adequados dos estoques e o tamanho do armazém. Os resultados são apresentados em detalhes e depois é discutido as limitações do LabLog e como estes tópicos podem ser mais bem ensinados se apoiados por metodologias ativas como a gamificação a aprendizagem baseada em problemas.

PALAVRAS-CHAVE: Logística; gestão de estoques; lote econômico; armazenagem; ensino.

ABSTRACT

This article presents a study on the application of inventory and storage planning methodologies using the logistics laboratory called LabLog. The study was conducted as an experiment, in which four simulations were performed, with scenarios of increasing size and complexity. For each scenario, a technique was applied to determine adequate stock levels and warehouse size. The results are presented in detail and then the limitations of LabLog are discussed and how these topics can be better taught if supported by active methodologies such as gamification and problem-based learning.

KEYWORDS: Logistics; inventory management; economic batch; storage; teaching.

1. INTRODUÇÃO

A logística é parte fundamental das operações de toda organização. No âmbito empresarial, a logística é determinante para suprir as necessidades de produção e dispor o produto com melhor oferta ao mercado.

Em linhas gerais, Waters (2019)¹ afirma que a logística é responsável por todos os aspectos da movimentação e armazenagem de material ao longo de sua jornada que começa nos fornecedores originais e termina no consumidor final.

Para Akdeniz (2018)², logística requer muito planejamento e detalhamento do que será feito e é parte

de uma complexa função que envolve armazenagem, embalagem, transporte e entrega de bens aos consumidores conforme a demanda.

Na perspectiva da educação em logística, Georges & Seydell (2008)³ apontam vários os desafios do ensino da logística, e desenvolver a competência para planejar e controlar um sistema logístico de distribuição que seja eficiente e eficaz é, quase sempre, objetivo almejado nas disciplinas de logística.

Por outro lado, emergem abordagens inovadoras, como o uso de jogos educativos, que promovem ambientes interativos e realistas para a aprendizagem, permitindo que os alunos testem habilidades e conhecimentos em situações práticas sem riscos tangíveis para empresas e meio ambiente.

A perspectiva construtivista de Piaget (1973)⁴, que enfatiza a construção ativa do conhecimento por meio da interação do sujeito com o ambiente, orienta a busca por estratégias de ensino integradas e realistas. Nesse sentido, a aplicação de jogos de empresas, como o Jogo da Logística^{5,6} e o LabLog^{7,8}, que simulam desafios logísticos verossímeis, alinha-se com essa filosofia pedagógica.

Essa abordagem prática e simulada possibilita que os alunos vivenciem situações cotidianas do contexto empresarial, preparando-os para enfrentar decisões complexas no campo da logística.

Portanto, este artigo apresenta um estudo que teve como objetivo explorar o planejamento de estoques e da armazenagem na perspectiva do processo de ensino e aprendizagem e utilizando o Lablog, um laboratório de logística derivada do Jogo da Logística.

Os tópicos do planejamento de estoques e da armazenagem abordados envolvem o conceito de lote econômico de compras, o estoque de segurança, o modelo de revisão contínua e de revisão periódica, o lote econômico com desconto por quantidade e lote econômico de pedidos conjuntos, além do dimensionamento do tamanho e definição de leiaute do armazém.

É uma extensa gama de métodos para planejamento de estoques e da armazenagem no âmbito do planejamento de um sistema logístico de distribuição, e a aplicação de tais técnicas podem ser feitas de uma forma lúdica, com maior engajamento e com mais significado se apoiada com métodos ativos, tal como os jogos sérios utilizados neste trabalho.

Logística Empresarial

O *Council of Supply Chain Management Professional* (CSCMP) define logística como sendo parte da cadeia de suprimentos que planeja, implementa a controla o fluxo direto e reverso e a armazenagem de bens, serviços e informações relativas desde o ponto de origem até o ponto de consumo de modo a atender os requisitos do consumidor⁹.

Ainda segundo o CSCMP⁹, a atividade logística inclui o gerenciamento de transporte de entrada e saída de material, o gerenciamento de frota, o armazenamento, o manuseio de materiais, o atendimento de pedidos, o projeto de rede logística, o gerenciamento de estoque, o planejamento da oferta e da demanda e gerenciamento de provedores de serviços logísticos terceirizados. A função logística também inclui o fornecimento e aquisição, planejamento e programação de produção, embalagem e montagem e atendimento ao cliente.

David Grant (2017)¹⁰ apresenta uma figura bastante simples que destaca quais são as principais dimensões da logística, a saber: gerenciamento da tecnologia da informação, gerenciamento dos estoques, gerenciamento da armazenagem, gerenciamento dos transportes e gerenciamento da produção. Estas dimensões estão ilustradas na Figura 1 a seguir.

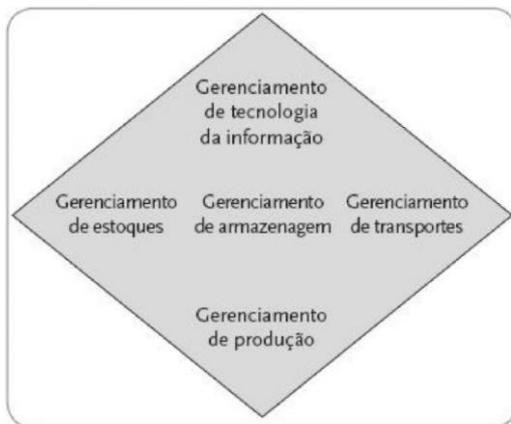


Figura 1. Dimensões da logística. **Fonte:** Grant (2017, p. 3).

O foco deste trabalho está na gestão de estoques e na gestão da armazenagem, então, serão estes os assuntos a serem detalhados nas seções seguintes.

Gestão de estoques

Os estoques são elementos fundamentais no atendimento da demanda previsível, alimentam todo o fluxo produtivo, permite racionalização no processo de compras, garante a homogeneidade nos processos produtivos e permite às organizações a prática de economias de escalas¹¹.

A gestão de estoques é um desafio complexo em organizações, exigindo um equilíbrio entre estoque baixo, que pode levar a perdas de economia de escala, e excesso de estoque, que resulta em custos operacionais. Considerada crucial para decisões gerenciais, a gestão de estoques é essencial para otimizar aquisições e minimizar custos em uma organização industrial¹².

De um modo geral, empresas de varejos gerenciam seus estoques sob a perspectiva da demanda independente, e empresas de manufatura gerenciam seus estoques sob a perspectiva da demanda dependente, pois existe uma relação de dependência explícita entre a quantidade de matéria prima a ser comprada com o produto a ser produzido¹³.

Para a gestão de estoques sob demanda independente, as principais decisões dizem respeito a política de manutenção dos estoques, a quantidade de itens a ser comprada, a frequência e periodicidade da compra e os níveis de estoque de segurança.

Para uma situação idealizada, é possível assumir que o custo total anual (CT) é a soma de três parcelas de custo, o custo anual da compra dos itens, o custo anual de pedido e o custo anual de manutenção de estoque.

$$CT = D \cdot C + S \cdot \frac{D}{Q} + \frac{Q}{2} \cdot h \cdot C$$

O custo anual de compra dos itens é determinado pela demanda anual (D) multiplicado pelo o custo unitário do item (C). O custo anual de pedidos é determinado pelo custo de pedido (S) multiplicado pelo número de pedidos feitos no ano (n) que, por sua vez, é determinado pela fração da demanda anual (D) pelo tamanho do lote (Q). O custo anual de manutenção de do item em estoque (h) é dado pelo estoque médio (Q/2) multiplicado pelo custo de manter uma unidade estocada durante um ano (h.C).

O modelo clássico do lote econômico é obtido determinando-se o tamanho do pedido (Q) que minimiza o custo total anual (CT). Essa quantidade é chamada de lote econômico^{1,2,5,7,10,11,12,13,14,15}.

$$Q = \sqrt{\frac{2 \cdot D \cdot S}{h \cdot C}}$$

Na situação idealizada com demanda constante e uniforme e com o estoque sendo reabastecido com o lote econômico de compra (Q), o custo total (CT) será mínimo e o gráfico da dinâmica dos níveis de estoque ao longo do tempo se parece com um gráfico dente de serra, tal como a figura 2 a seguir ilustra.

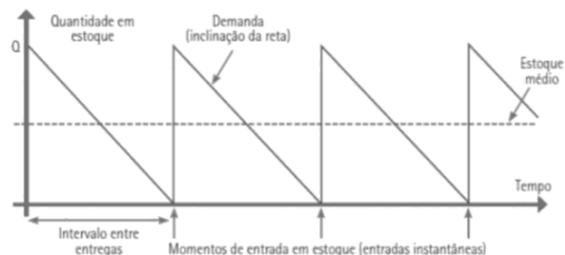


Figura 2. Dinâmica dos níveis de estoque ao longo do tempo. **Fonte:** Neto (2022, p. 44)¹⁵.

No entanto, na maioria absoluta das vezes a demanda não é constante nem uniforme. Para adequar a situação, foi desenvolvido duas variantes no modelo de lote econômico lidar com a incerteza. Essas variantes são chamadas de modelo de revisão contínua e modelo de revisão periódica, e ambos os modelos estão sujeitos a falta de produto, então requerem estoque de segurança.

Em algumas situações, o fornecedor oferece descontos progressivos no preço do produto em razão de

pedidos com quantidades maiores. Para se adequar a situação, desenvolveu-se o modelo de lote econômico com descontos por quantidade.

Em outras situações, há diferentes produtos comprados do mesmo fornecedor que podem ser entregues conjuntamente, resultando em alguma economia. Para esta situação, há o lote econômico de pedido conjunto.

Apesar da sua importância, muitas empresas negligenciam a gestão de estoques, relegando-a a níveis organizacionais inferiores. No entanto, algumas empresas perceberam seu potencial para vantagens competitivas, considerando-a em toda a cadeia de suprimentos. A variedade de práticas existentes, desde análises econômicas a soluções pouco efetivas, destaca a necessidade de abordagens adaptadas ao contexto, incorporando dados dinâmicos e favorecendo a melhoria contínua para resultados logísticos mais eficazes¹⁶.

As decisões relacionadas a gestão de estoques conduzem a organização a necessidade de tomar decisões relacionadas a gestão de armazenagem.

Gestão de armazenagem

Armazém é o local destinado para guardar materiais e produtos que as empresas utilizam, e devem ser projetados para facilitar o fluxo de entrada e saída de suas matérias-primas e dos produtos acabados

A armazenagem é um componente essencial da logística, assegurando o gerenciamento eficaz e seguro de produtos para entrega pontual. Princípios fundamentais incluem planejamento, flexibilidade, integração, otimização de espaço e automação. Diversos equipamentos, como paletes e empilhadeira são empregados. O layout é crucial para eficiência, visando minimizar distâncias percorridas, otimizar espaço e acessibilidade, melhorar uso de recursos e facilitar movimentações seguras no¹⁷.

Uma das principais tarefas relacionadas a gestão da armazenagem é a definição do sistema de armazenagem e, conseqüentemente, do tamanho do armazém. É possível armazenar os produtos de diferentes formas, o sistema porta paletes é o sistema mais comum, que se parece no supermercado, sendo dispostos em ruas e corredores e acondicionados em estruturas que permite acessar qualquer unidade de produto a qualquer momento¹⁸. O dimensionamento de armazéns neste artigo seguirá o padrão porta paletes de armazenamento.

Serious games, jogo da logística e lablog

Os *Serious Games* (SG) são jogos desenvolvidos para educar, treinar e mudar o comportamento. Como vantagens os SG apresentam a possibilidade de replicação em diferentes e incontáveis momentos, inserir o estudante em situações incomuns, *feedbacks* direcionados à atuação do estudante, custo reduzido se comparados a outros simuladores; entretenimento e a prática do raciocínio analítico, tomada de decisão em ambiente seguro e controlado¹⁹.

Ainda segundo Oliveira *et al.* (2021)¹⁹, as limitações dos SG são o desconhecimento sobre o método pode culminar em desinteresse; o número de casos a que os

alunos são expostos; falta de monitoramento a longo prazo; o próprio *design* limita o usuário quanto ao toque ou olhar da experiência real. Embora existam limitações, quando associado às demais estratégias já difundidas da sala de aula o SG tem se mostrado útil para o ensino. É fundamental difundir essa estratégia, para que os estudantes cheguem mais preparados ao ambiente real.

Observando as vantagens que os jogos sérios podem trazer, surge o Jogo da Logística, uma tentativa de gamificar uma operação logística usando elementos lúdicos de jogos, como cartas, dados, peças e um tabuleiro. O Jogo da Logística foi desenvolvido por Georges (2009)⁶ e Georges (2010)⁷ e se passa no Estado de São Paulo, onde o estudante é colocado na condição de um gerente de logística e é provocado a tomar decisões logística, tais como definir a localização do armazém, fazer rotas de entrega e dimensionar a frota e definir níveis adequados de estoques e projetar um armazém.

O LabLog é uma versão aprimorada e comercial que evoluiu do Jogo da Logística. O LabLog não é um jogo, mas é possível criar uma dinâmica de jogo com ele, pois ele traz consigo diversos elementos em comum com o jogo, como tabuleiro, cartas, dados e peças que permite elaborar diversos cenários úteis no processo de ensino aprendizagem. A Figura 3 exibe o tabuleiro do LabLog.



Figura 3. Tabuleiro do laboratório de logística LabLog. **Fonte:** <https://www.lablogistica.com.br/>

O tabuleiro do LabLog contém um mapa de um país fictício cujas cidades tem nomes de pedras. O tabuleiro também contém uma área quadriculada para projetar o armazém, um recorte de cidade e o mapa mundi. Mais além, o LabLog traz diversas peças que são miniaturas de veículos, de produtos, de prateleiras e equipamentos de movimentação que permite a elaboração de projetos de armazéns e construção de rotas sobre o tabuleiro.

O LabLog não é um jogo, pois ele não possui uma dinâmica e nem faz uso de mecânicas de jogos. Ele é apenas um artefato. Mas é possível executar a mesma dinâmica e mecânicas do Jogo da Logística e usar o LabLog como um jogo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Esta é uma pesquisa natureza aplicada, de abordagem qualitativa e quantitativa, de objetivos exploratórios e executada por meio de experimentos com simulação. O experimento consiste na utilização do

LabLog para simular o planejamento dos estoques e do armazém de uma operação de distribuição. Serão cinco simulações com cenários de tamanho e complexidade crescente. E, para cada simulação, foi feito o cálculo dos níveis adequados de produto por diferentes métodos e do dimensionamento do armazém. Para cada cenário simulado, foi feita uma simulação de cinco semanas de demanda para visualizar a dinâmica dos níveis de estoques e elaborar o gráfico de dente de serra.

O material utilizado consiste basicamente no LabLog com especial foco nas cartas dos produtos e no tabuleiro destinado a armazenagem.

Os métodos para dimensionamento dos níveis de estoques utilizados nas cinco simulações foram: lote econômico de compra, lote econômico com estoque de segurança, modelo de revisão contínua e revisão periódica, lote econômico com desconto por quantidade e lote econômico com pedido conjunto, além do dimensionamento do armazém. A seção seguinte apresenta os resultados.

3. RESULTADOS

A seguir, estão apresentados os resultados de 4 simulações para o planejamento de estoques e da armazenagem do sistema de distribuição.

O sistema de distribuição a ser simulado é composto de uma base de clientes, um conjunto de produtos, fornecedores e um centro de distribuição.

Na primeira simulação, a base é formada por 5 clientes, 1 produto e 1 fornecedor. E, a cada nova simulação, o cenário vai ficando maior, com mais clientes na base, mais produtos e mais fornecedores.

Para cada cliente da base, a demanda semanal para cada produto distribuído em unidade de paletes será determinado pelo sorteio de um dado comum de 6 lados.

A partir dessa premissa, seguem as simulações efetuadas e os resultados obtidos.

Simulação 1

Nesta primeira simulação, o sistema de distribuição é composto por uma base com 5 clientes, um produto e um fornecedor. Os clientes, o produto e o fornecedor foram sorteados aleatoriamente a partir do conjunto de cidades (35), do conjunto de produtos (12) contidos no LabLog.

Sabendo que a demanda média semanal de cada cliente é de 3,5 unidades (valor esperado de um dado), e sabendo que o ano possui 52 semanas, então a demanda média anual (D) para o sistema de distribuição que atenderá uma base de 5 clientes será de 910 paletes ao ano, em média. As informações do custo fixo de pedido (S), do custo de manutenção do item em estoque (h) e do custo do produto (C) são fornecidas pela carta do produto do LabLog e estão na Tabela 1.

Tabela 1. Dados para cálculo do Lote Ideal Q

D	S	h	C
910	3200	25%	4000

Fonte: elaborada pelos autores.

Assim, utilizando a fórmula do lote econômico de compra o tamanho ideal do pedido é de $Q = 76,3$ paletes do produto. O ponto de ressuprimento exige

informações como a demanda média semanal ($d = 5 \times 3,5$) e do *leadtime* médio de entrega ($LT = 3$ semanas). Assim, o ponto de ressuprimento (ROP) = e de 52,5 unidades de paletes.

Na tabela 2 foi feita uma simulação de cinco semanas da demanda da base de clientes para visualizar como o nível de estoque do centro de distribuição se comporta. O estoque inicial do centro de distribuição na semana 0 é de 68 paletes, na semana 1, a demanda foi de 15 paletes, e o estoque no final desta semana foi de 53 paletes. A cada semana uma demanda foi gerada aleatoriamente por meio do sorteio de 5 dados comuns, um para cada cliente.

Tabela 2. Dados de Tempo, Nível de Estoque e Pedido

Tempo	Nível de estoque	ROP
0	68	52,5
1	53	52,5
2	37	52,5
3	19	52,5
4	67	52,5
5	52	52,5

Fonte: elaborado pelos autores.

A Figura 4 apresenta o gráfico de dente de serra para a dinâmica do nível do estoque deste produto durante as cinco semanas simuladas.

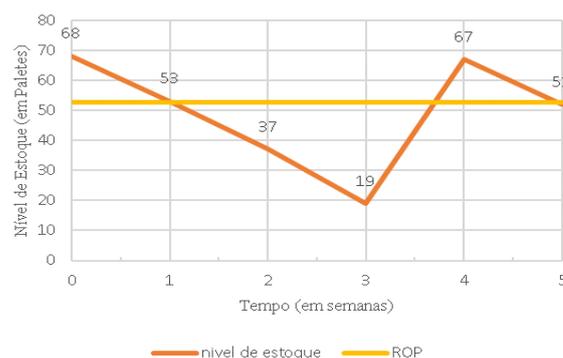


Figura 4. Gráfico de Nível de Estoque. Fonte: elaborada pelos autores.

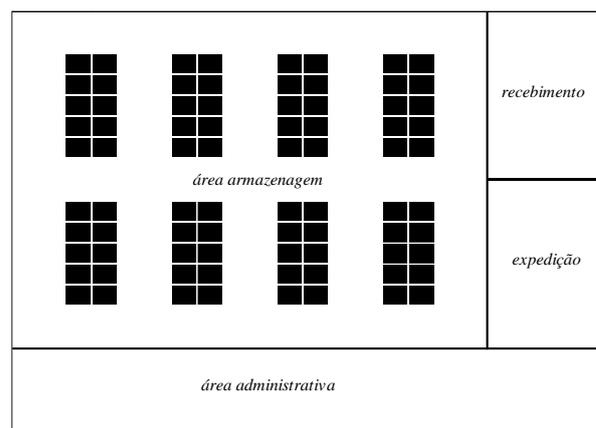


Figura 5. Layout do Armazém. Fonte: elaborada pelos autores.

Observa-se que na primeira semana o nível de estoque fica a 0,5 palete de atingir o ponto de pedido (ROP), provocando um pedido que chegará em 3 dias, estando disponível no final da semana 4.

O dimensionamento de armazém foi feito para o nível de estoque de 80 paletes a partir do arredondamento do lote econômico de 76,3 determinado. Não há empilhamento de produto. Não há estoque de segurança.

Uma área para expedição, recebimento e área administrativa é requerida. A figura 5 exibe o projeto do layout do armazém.

Simulação 2

Nesta segunda simulação o cenário é constituído de 10 clientes, 2 produtos e 2 fornecedores. Todos os clientes, produtos e fornecedores são definidos aleatoriamente a partir das opções do LabLog.

O cálculo de dimensionamento do estoque foi feito pela fórmula do lote econômico (Q), mas agora foi acrescido o estoque de segurança. As informações necessárias para são dadas nas Tabela 3 e Tabela 4.

Tabela 3. Dados para cálculo do Lote Ideal Q do produto 1

D	S	h	C
1820	3200	31%	2400

Fonte: elaborada pelos autores.

Tabela 4. Dados para cálculo do Lote Ideal Q do produto 2

D	S	h	C
1820	4500	35%	2800

Fonte: elaborada pelos autores.

Assim, os cálculos do lote econômico para o produto 1 e para o produto 2 forneceram $Q' = 122$ paletes do produto 1 e $Q'' = 129$ paletes do produto 2. Sabendo que o tempo médio de fornecimento agora é de 2 semanas, o ROP é determinado em 70 unidades. A tabela 5 fornece os valores para cálculo do estoque de segurança e ROP dos dois produtos, sendo 90% e 85% os níveis de segurança exigido para cada produto.

Tabela 5. Dados para cálculo do ES e ROP

Q	Z	ddl	ES	ROP
122	1,28	28,82	36,89	$70+37 = 107$
129	1,04	29,87	29,92	$70+30 = 100$

Fonte: elaborada pelos autores.

A tabela 6 apresenta a simulação da demanda para o produto 1, que agora é determinado pela soma de 10 dados. O estoque inicial na semana 0 foi de 172 paletes.

Tabela 6. Dados de Tempo, Nível de Estoque e Pedido do Produto 1.

Tempo	Nível de estoque + ES	ROP	ES
0	172	107	37
1	148	107	37
2	115	107	37
3	90	107	37
4	65	107	37
5	154	107	37

Fonte: elaborada pelos autores.

A figura 6 a seguir ilustra o gráfico da dinâmica do estoque do produto 1.

A tabela 7 apresenta a simulação da demanda para o produto 2, que agora também é determinado pela soma de 10 dados. O estoque inicial na semana 0 foi de 175 paletes para o produto 2.

Para o dimensionamento do armazém, utilizou-se o tamanho do lote de cada produto mais o estoque de segurança. Assim, para o produto 1 serão necessários 122 mais 37, totalizando 159 posições paletes. E para o produto 2 são necessários 129 mais 30, totalizando 159 paletes também. Uma mera coincidência! Então, projetou-se um armazém de 320 posições, sendo 160 para cada produto, distribuído como mostra a Figura 8.

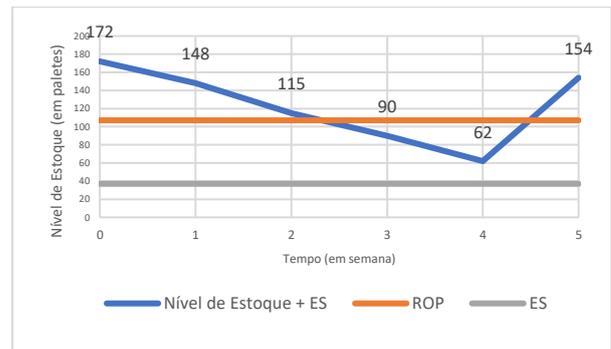


Figura 6. Gráfico de Nível de Estoque do Produto 1. Fonte: elaborada pelos autores.

Tabela 7. Dados de Tempo, Nível de Estoque e Pedido do Produto 2.

Tempo	Nível de estoque + ES	ROP	ES
0	175	100	30
1	151	100	30
2	118	100	30
3	93	100	30
4	65	100	30
5	165	100	30

Fonte: elaborada pelos autores.

A figura 7 a seguir ilustra o gráfico da dinâmica do estoque do produto 2.

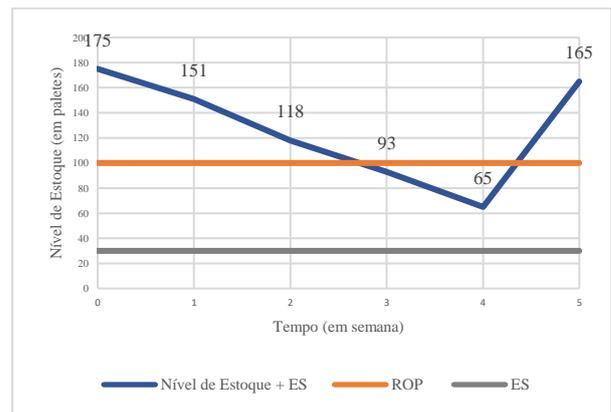


Figura 7. Gráfico de Nível de Estoque do Produto 2. Fonte: elaborada pelos autores.

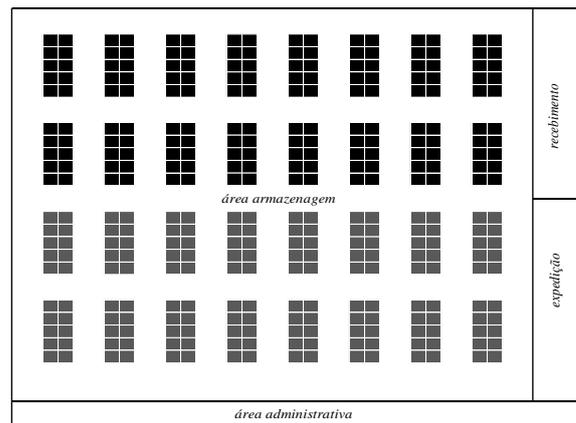


Figura 8. Layout do Armazém. Fonte: elaborada pelos autores.

O tamanho requerido do armazém quadruplicou no segundo cenário em relação ao primeiro cenário.

Simulação 3

Nesta terceira simulação, a base de clientes é formada por 14 clientes, 4 produtos, 2 fornecedores e 1 centro de distribuição. Todos sorteados aleatoriamente.

O cálculo de dimensionamento do estoque foi feito pela fórmula do lote econômico (Q), mas adaptada para lidar com incerteza, seguindo o modelo de revisão contínua e revisão periódica, além do estoque de segurança. As informações necessárias são dadas nas Tabela 8 a Tabela 11.

Tabela 8. Dados para cálculo do Lote Ideal Q do produto 1

D	S	h	C
2730	1500	20%	1700

Fonte: elaborada pelos autores.

Tabela 9. Dados para cálculo do Lote Ideal Q do produto 2

D	S	h	C
2730	1900	22%	2200

Fonte: elaborada pelos autores.

Tabela 10. Dados para cálculo do Lote Ideal Q do produto 3

D	S	h	C
2730	3000	25%	3500

Fonte: elaborada pelos autores.

Tabela 11. Dados para cálculo do Lote Ideal Q do produto 4

D	S	h	C
2730	3200	28%	4000

Fonte: elaborada pelos autores.

Assim, os cálculos forneceram $Q' = 155,2$ paletes do produto 1, $Q'' = 146,4$ paletes do produto 2, $Q''' = 136,8$ paletes do produto 3 e $Q'''' = 124,9$ paletes do produto 4. A Tabela 12 fornece os valores para cálculo do estoque de segurança e ROP dos quatro produtos.

Tabela 12. Dados para cálculo do ES e ROP

Q	Z	ddl	ES	ROP
155,2	1,04	42,55	44,08	105+44 = 149
146,4	1,28	42,55	54,55	105+55 = 160
136,8	1,65	42,55	69,99	105+70 = 175
124,9	1,28	42,55	54,55	105+55 = 160

Fonte: elaborada pelos autores.

A simulação da dinâmica do nível de estoque para o produto 1 é dado pela Tabela 13 a seguir. O estoque inicial do produto 1 nesta simulação é de 199 paletes na semana 0. A demanda semanal deste produto é determinada pela soma de 14 dados, um dado para representar a demanda de cada cliente.

Tabela 13. Dinâmica do nível de estoque do produto 1.

Tempo	Nível de estoque + ES	ROP	ES
0	199	149	44
1	155	149	44
2	104	149	44
3	50	149	44
4	144	149	44
5	108	149	44

Fonte: elaborada pelos autores.

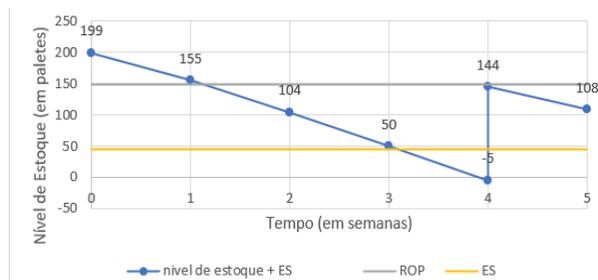


Figura 9. Nível de estoque do produto 1 - revisão contínua. Fonte: elaborada pelos autores.

A Figura 9 exibe o gráfico da dinâmica do nível de estoque para o produto 1 utilizando o modelo de revisão contínua.

A Tabela 14 a seguir mostra a simulação da demanda para o produto 2. O estoque inicial do produto 2 nesta simulação é de 201 paletes na semana 0. A demanda semanal do produto é determinada pela soma de 14 dados.

Tabela 14. Dinâmica do nível de estoque do produto 2.

Tempo	Nível de estoque + ES	ROP	ES
0	201	160	55
1	157	160	55
2	103	160	55
3	212	160	55
4	158	160	55
5	103	160	55

Fonte: elaborada pelos autores

A Figura 10 exibe o gráfico da dinâmica do nível de estoque para o produto 2 utilizando o modelo de revisão contínua.

Já a Tabela 15 a seguir mostra a simulação da demanda para o produto 3. O estoque inicial do produto 3 nesta simulação é de 207 paletes na semana 0. A demanda semanal do produto é determinada pela soma de 14 dados.

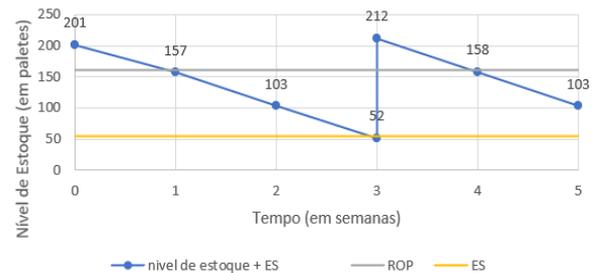


Figura 10. Nível de estoque do produto 2 - revisão contínua. Fonte: elaborada pelos autores.

A Figura 11 exibe o gráfico da dinâmica do nível de estoque para o produto 3 utilizando o modelo de revisão periódica.

Tabela 15. Dinâmica do nível de estoque do produto 3

Tempo	Nível de estoque + ES	ROP	ES
0	207	175	70
1	163	175	70
2	109	175	70
3	233	175	70
4	179	175	70
5	124	175	70

Fonte: elaborada pelos autores.

A Tabela 16 mostra a simulação da demanda para o produto 4, que parte do estoque inicial de 180 paletes na semana 0.

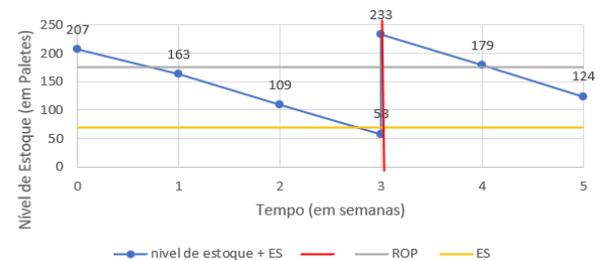


Figura 11. Nível de estoque do produto 3 - revisão periódica. Fonte: elaborada pelos autores

Tabela 16. Dinâmica do nível de estoque do produto 4

Tempo	Nível de estoque + ES	ROP	ES
0	180	160	55
1	176	160	55
2	122	160	55
3	71	160	55
4	177	160	55
5	122	160	55

Fonte: elaborada pelos autores

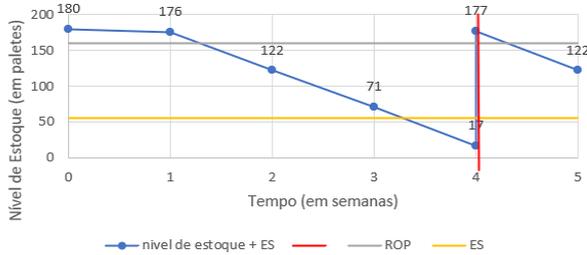


Figura 12. Nível de estoque do produto 4 - revisão periódica. Fonte: elaborada pelos autores

A Figura 12 exibe o gráfico da dinâmica do nível de estoque para o produto 4 utilizando o modelo de revisão periódica.

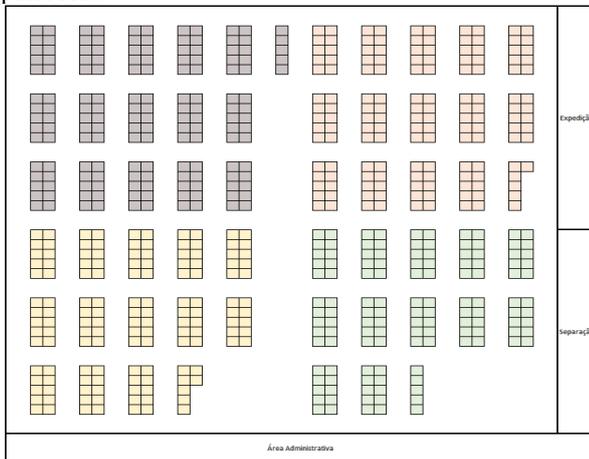


Figura 13. Layout do Armazém. Fonte: elaborada pelos autores.

O dimensionamento de Armazém é determinado a partir da necessidade de cada produto, dado pela soma do tamanho do lote com o estoque de segurança. A Figura 13 exibe o projeto do armazém desta terceira simulação.

Simulação 4

Nesta quarta simulação, a base foi de 20 clientes, 4 produtos, 2 fornecedores. O cálculo de dimensionamento do estoque foi feito pela fórmula do lote econômico (Q), somando o estoque de segurança e considerando a situação onde há desconto por quantidade para ambos os produtos. As informações necessárias para tal são dadas nas Tabela 17 a Tabela 20.

Tabela 17. Dados para cálculo do Lote Ideal Q do produto 1

D	S	h	C
3640	1500	20%	1700

Fonte: elaborada pelos autores.

Tabela 18. Dados para cálculo do Lote Ideal Q do produto 2

D	S	h	C
3640	1900	22%	2200

Fonte: elaborada pelos autores.

Tabela 19. Dados para cálculo do Lote Ideal Q do produto 3

D	S	h	C
3640	3000	25%	3500

Fonte: elaborada pelos autores.

Tabela 20. Dados para cálculo do Lote Ideal Q do produto 4

D	S	h	C
3640	3200	28%	4000

Fonte: elaborada pelos autores.

Assim, os cálculos forneceram $Q' = 179,2$ paletes do produto 1, $Q'' = 169,1$ paletes do produto 2, $Q''' = 158,0$ paletes do produto 3 e $Q'''' = 144,2$ paletes do produto 4. A tabela 21 fornece os valores para cálculo do estoque de segurança e ROP dos quatro produtos.

Tabela 21. Dados para cálculo do ES e ROP

Q	Z	ddlt	ES	ROP
179,2	1,04	42,55	44,08	140+44 = 184
169,1	1,28	42,55	54,55	140+55 = 195
158,0	1,65	42,55	69,99	140+70 = 210
144,2	1,28	42,55	54,55	140+55 = 195

Fonte: elaborada pelos autores.

A Tabela 22 mostra a simulação da demanda para o produto 1, que parte do estoque inicial de 224 paletes na semana 0.

Tabela 22. Dados de Tempo, Nível de Estoque e Pedido do Produto 1.

Tempo	Nível de estoque + ES	ROP	ES
0	224	184	44
1	163	184	44
2	94	184	44
3	207	184	44
4	139	184	44
5	64	184	44

Fonte: elaborada pelos autores.

A Figura 14 exibe o gráfico da dinâmica do nível de estoque para o produto 1.

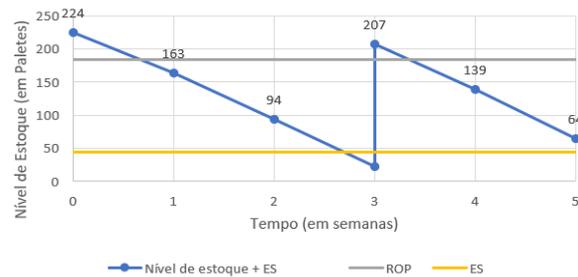


Figura 14. Nível de Estoque do Produto 1. Fonte: elaborada pelos autores.

A Tabela 23 mostra a simulação da demanda para o produto 2, que parte do estoque inicial de 239 paletes na semana 0.

Tabela 23. Dados de Tempo, Nível de Estoque e Pedido do Produto 2.

Tempo	Nível de estoque + ES	ROP	ES
0	239	195	70
1	178	195	70
2	109	195	70
3	38	195	70
4	165	195	70
5	90	195	70

Fonte: elaborada pelos autores.

A Figura 15 exibe a dinâmica do estoque para o

produto 1.

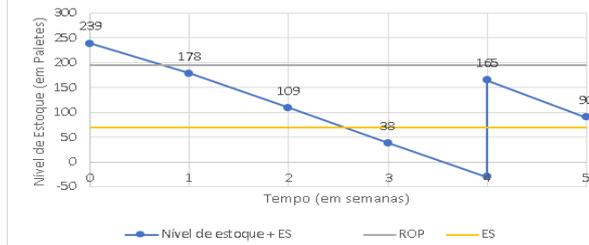


Figura 15. Gráfico de Nível de Estoque do Produto 2. **Fonte:** elaborada pelos autores.

A Tabela 24 mostra a simulação da demanda para o produto 3, que parte do estoque inicial de 213 paletes na semana 0.

Tabela 24. Dados de Tempo, Nível de Estoque e Pedido do Produto 3.

Tempo	Nível de estoque + ES	ROP	ES
0	213	210	55
1	152	210	55
2	83	210	55
3	222	210	55
4	154	210	55
5	83	210	55

Fonte: elaborada pelos autores.

A Figura 16 exibe o gráfico da dinâmica do nível de estoque para o produto 3.

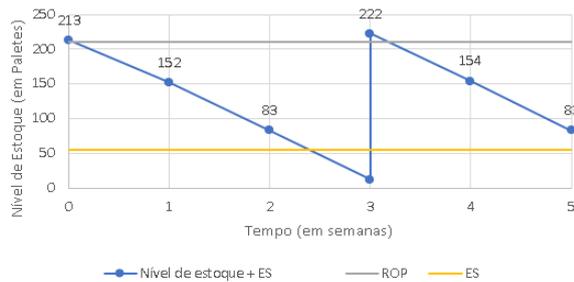


Figura 16. Nível de Estoque do Produto 3. **Fonte:** elaborada pelos autores.

A Tabela 25 mostra a simulação da demanda para o produto 4, que parte do estoque inicial de 199 paletes na semana 0.

Tabela 25. Dados de Tempo, Nível de Estoque e Pedido do Produto 4.

Tempo	Nível de estoque + ES	ROP	ES
0	199	195	55
1	138	195	55
2	69	195	55
3	193	195	55
4	125	195	55
5	245	195	55

Fonte: elaborada pelos autores.

A Figura 17 exibe o gráfico da dinâmica do nível de estoque para o produto 4.

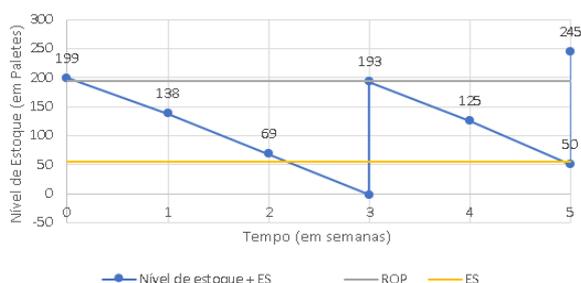


Figura 17. Gráfico de Nível de Estoque do Produto 4. **Fonte:** elaborada pelos autores.

O dimensionamento de armazém para a simulação 4 resultou no layout de armazém apresentado pela figura 18 a seguir.

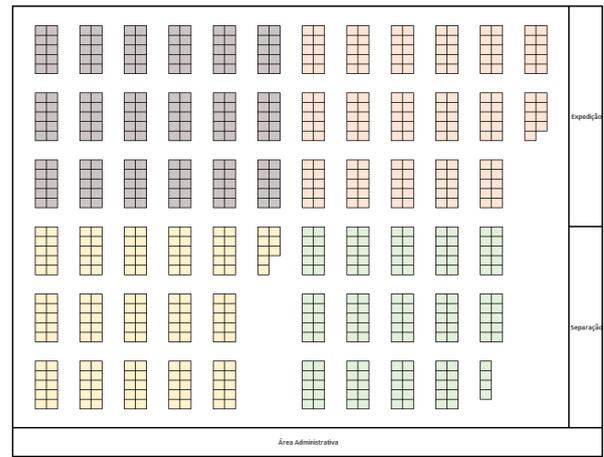


Figura 19. Layout do Armazém. **Fonte:** elaborada pelos autores.

Para esta quarta simulação também foi experimentado a utilização do modelo de lote econômico com pedido conjunto, mas que não gerou resultados satisfatórios porque a demanda dos produtos é idêntica e as variações no preço, custo de pedido e custo de armazenagem são pequenas.

4. DISCUSSÃO

Foram aplicados os principais métodos relacionados ao dimensionamento de estoque e armazém, e o LabLog se mostrou parcialmente adequado, contendo a maioria das informações requeridas, mas não todas.

A aplicação do modelo de lote econômico simples é feita com muita facilidade, os dados são fáceis de serem encontrados ou determinados, e não houve nenhuma dificuldade em fazer a primeira simulação, bem como no dimensionamento dos armazéns.

Já na aplicação do estoque de segurança as informações estão disponíveis, porém de forma confusa, sobretudo em relação as unidades de variação da demanda e do *leadtime* de entrega. O dimensionamento do armazém extrapolou o espaço destinado no tabuleiro e é preciso recorrer ao empilhamento para se fazer o leiaute do armazém no espaço destinado.

Na terceira simulação, o cálculo dos modelos de revisão contínua e revisão periódica foi feito sem dificuldade. O dimensionamento do armazém também extrapolou, em muito, o espaço do tabuleiro destinado a esta tarefa.

A aplicação do modelo de lote econômico com desconto por quantidade não possui informação do desconto, que foi arbitrariamente definida para aplicar o modelo, bem com não há divisão do custo fixo de pedido para lidar com o modelo de pedido conjunto.

Por fim, na última simulação, foi necessário estabelecer um desconto para quantidades maiores de pedido, pois o LabLog não prevê esta situação. Seria interessante incluir informações que permitissem o desconto por quantidade, tanto para o caso do desconto total como no caso de desconto marginal.

De forma geral, o LabLog permite simular a

aplicação dos principais modelos de gestão de estoques e pode contribuir de forma valiosa para enriquecer o processo de ensino e aprendizagem destes assuntos.

A análise do dimensionamento de armazém destacou como a disposição do estoque afeta a eficiência das operações, otimizando o espaço, minimizando distâncias percorridas e melhorando a acessibilidade. A representação visual dos layouts evidenciou a importância do planejamento adequado na gestão eficaz dos produtos armazenados.

O LabLog também permite simular outras formas de leiaute, como o bloqueio, e fazer questionamentos importantes sobre endereçamento de produto, dimensionamento de área de recebimento, expedição, uso de tecnologias de movimentação, entre outros.

A influência das variáveis, como demanda, estoque de segurança, lead time e políticas de revisão, foi discutida em relação aos resultados obtidos. A complexidade de ajustar essas variáveis para equilibrar custo e disponibilidade foi enfatizada, demonstrando como pequenas variações podem ter impactos significativos nos resultados.

Quanto à aplicação do LabLog, destaca-se seu papel na promoção da aprendizagem ativa e prática na logística. Através da simulação de desafios reais, que são mais bem recepcionados e faz aumentar o engajamento dos participantes que puderam vivenciar situações do mundo empresarial, preparando-os para tomar decisões complexas.

O LabLog também propicia uma visão holística para a logística, desenvolvendo uma visão mais orgânica e enxergando melhor as variáveis interdependentes existentes no planejamento de um sistema logístico.

5. CONCLUSÃO

Este estudo conclui que a utilização do LabLog como um laboratório de simulação física em logística contribui de maneira positiva no processo de ensino aprendizagem.

As principais técnicas de planejamento de estoques que são abordadas em cursos de logística estão previstas no LabLog, e com pouco esforço de melhoria, novas informações podem ser incluídas de forma a aumentar muito o leque de modelos de gestão de estoques tratadas no LabLog.

Já o espaço para o armazenamento se mostrou pequeno para bases de clientes maiores, com apenas 10 clientes e 2 produtos, o espaço já não foi mais suficiente. É preciso parametrizar o empilhamento do produto para fazer o espaço ser suficiente. Também faltam informações sobre dimensionamento da área de recebimento e da expedição.

De toda forma, o LabLog se destaca como uma ferramenta de aprendizagem valiosa, proporcionando experiências imersivas e promovendo aprendizado ativo. Através de simulações realistas, o jogo prepara os alunos de forma holística para enfrentar desafios logísticos reais, enquanto incorpora práticas sustentáveis em linha com demandas contemporâneas. Esta abordagem prática complementa conceitos teóricos e equipa futuros profissionais para os desafios em constante evolução na área.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a bolsa de iniciação científica modalidade FAPIC recebida pela Pontifícia Universidade Católica de Campinas para realizar este projeto de pesquisa.

7. REFERÊNCIAS

- [1] Waters, Donald. Supply Chain Management: An Introduction to Logistics. Reino Unido, Bloomsbury Publishing, 2019.
- [2] Akdeniz, Can. Logistics Management. Ed. IntroBooks, 2018.
- [3] Georges, Marcos Ricardo Rosa; Seydell, Maria Rachel Russo. Dificuldades no ensino da logística. In: V CONVIBRA–Congresso Virtual Brasileiro de Administração. 2008.
- [4] Piaget, Jean. O nascimento da inteligência na criança. 4ª ed. Rio de Janeiro: Zahar, 1973.
- [5] Georges, Marcos Ricardo Rosa. O jogo da logística. Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais, v. 12, 2009.
- [6] Georges, Marcos Ricardo Rosa. O Jogo da Logística e suas variantes no problema de localização de instalações. Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais, v. 13, 2010.
- [7] Marques, Clara Miranda *et al.* Ensino da Logística para Graduação através de um Jogo Sérioso. In: Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP. Anais...Lorena (SP) EEL-USP, 2022. Disponível em: < <https://www.even3.com.br/anais/saeopro2022/499234-ensino-da-logistica-para-graduacao-atraves-de-um-jogo-serio/> >.
- [8] Da Silva, G. C., Georges, M. R. R., & Paganelli, M. E. V. LabLog: Aplicação do Método da Varredura e das Economias para Definir a Roteirização de Entregas Ótima. 2021.
- [9] Council of Supply Chain Management Professional (CSCMP). CSCMP Supply Chain Management Definitions and Glossary. Disponível em https://cscmp.org/CSCMP/Educate/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms.aspx Acessado em 02 mar. 2023.
- [10] David B. Grant Gestão de logística e cadeia de suprimentos. N.p., Saraiva Educação S.A., 2017.
- [11] Accioly, F., Ayres, A. D. P. S., Miranda, A., & Sucupira, C. (2019). Gestão de estoques. Editora FGV.
- [12] Bertaglia, P. R. Logística e gerenciamento da cadeia de abastecimento. 4ª Edição. São Paulo: Saraiva, 2020.
- [13] Santoro, Miguel Cezar, and Gilberto Freire. "Análise comparativa entre modelos de estoque." Production 18 (2008): 89-98.
- [14] Chopra, Sunil, and Peter Meindl. Supply chain management. Strategy, planning & operation. Gabler, 2007.
- [15] Neto, Fernando Gorni. Gestão de Suprimentos e Logística. Brasil, Freitas Bastos, 2022.
- [16] Garcia, Eduardo Saggiore; Reis, Leticia Mattos Tavares Valente Dos; Machado, Leonardo Rodrigues; Filho, Virgílio José Martins Ferreira. Gestão de estoques: Otimizando a logística e a cadeia de suprimentos. 1. ed. Rio de Janeiro: E-papers Serviços Editoriais, 2006.
- [17] Jesus, P. A. S.; Torres, J. B. Método de análise da maturidade do processo de armazenagem em centros de distribuição de supermercados em Fortaleza-CE: um

estudo multicaseiros. GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas, Bauru, Ano 9, nº 4, outubro/2014, p. 107-123.

- [18] Ballou, R. H. Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos/Logística Empresarial. 5ª Edição; tradução Raul Rubenich. Porto Alegre. Ed. Bookman, 2009.
- [19] Oliveira, D. L. L. *et al.*. Vantagens e limitações do Serious Games no ensino da enfermagem: potencial no contexto pós-COVID-19. Global Academic Nursing Journal, [S. l.], v. 2, n. 2, p. e145, 2021. DOI: 10.5935/2675-5602.20200145. Disponível em: <https://www.globalacademicnursing.com/index.php/globalacadnurs/article/view/233>. Acesso em: 1 set. 2023.