

Análise Operacional em uma Distribuidora por Meio da Simulação com Software Arena

Operational Analysis in a Distributor Through Simulation with Arena Software

Análisis Operacional en una Distribuidora Mediante Simulación con Software Arena

Emerson Alves Amorim¹

Emerson.amorim@fatec.sp.gov.br

Michael Douglas Targino de Oliveira¹

Michael.oliveira18@fatec.sp.gov.br

Thiago Othero Tiossi Teixeira¹

Thiago.teixeira5@fatec.sp.gov.br

Rafael Cavalcanti Bizerra¹

rafael.bizerra@fatec.sp.gov.br

Palavras-chave:

*Simulação.
Modelo.
Cross-Docking.
Software-Arena.*

Keywords:

*Simulation.
Model.
Cross-Docking.
Software-Arena.*

Palabras clave:

*Simulación.
Modelo.
Cruce de mercancías.
Software-Arena.*

Apresentado em:

05 dezembro, 2024

Evento:

7º EnGeTec

Local do evento:

Fatec Zona Leste

Avaliadores:

Alexandre Formigoni
Sebastiao Marcelo
Fernandes de Azevedo



Resumo:

A separação de pedidos em uma distribuidora de e-commerce é uma etapa essencial para garantir a eficiência nas entregas. No entanto, gargalos nesse processo podem resultar em atrasos, como observado em uma distribuidora Flex, localizada na Zona Norte de São Paulo. A partir desse problema, foi utilizada a simulação no software Arena para reproduzir o ambiente real e testar melhorias no processo. Dados reais do processo foram coletados e simulados, identificando-se que a inclusão de um novo colaborador na etapa de separação poderia otimizar o tempo e reduzir o número de pedidos parados. Após a simulação, observou-se uma melhora significativa na eficiência operacional. Portanto, a utilização da simulação se mostra eficaz para o estudo de processos logísticos, permitindo testar soluções e otimizar operações de forma segura, proporcionando uma melhor análise operacional.

Abstract:

Sorting orders in an e-commerce distributor is an essential step to ensure efficient deliveries. However, bottlenecks in this process can result in delays, as observed in a Flex distributor, located in the North Zone of São Paulo. Based on this problem, simulation in the Arena software was used to reproduce the real environment and test improvements in the process. Real process data was collected and simulated, identifying that the inclusion of a new employee in the picking stage could optimize time and reduce the number of stuck orders. After the simulation, a significant improvement in operational efficiency was observed. Therefore, the use of simulation is effective for studying logistics processes, allowing us to test solutions and optimize operations safely, providing better operational analysis.

Resumen:

Clasificar los pedidos en un distribuidor de comercio electrónico es un paso esencial para garantizar entregas eficientes. Sin embargo, los cuellos de botella en este proceso pueden resultar en retrasos, como se observa en una distribuidora Flex, ubicada en la Zona Norte de São Paulo. A partir de este problema se utilizó la simulación en el software Arena para reproducir el entorno real y probar mejoras en el proceso. Se recogieron y simularon datos reales del proceso, identificándose que la inclusión de un nuevo empleado en la etapa de picking podría optimizar el tiempo y reducir el número de pedidos estancados. Después de la simulación, se observó una mejora significativa en la eficiencia operativa. Por lo tanto, el uso de la simulación es efectivo para estudiar procesos logísticos, permitiéndonos probar soluciones y optimizar operaciones de forma segura, brindando un mejor análisis operativo.

¹ Fatec Zona Leste

1. Introdução

O presente artigo se concentra na avaliação do processo de separação de pedidos em uma distribuidora Flex, que tem o foco em ser uma transportadora que entrega pedidos no mesmo dia que realiza a coleta, localizada na zona norte da Cidade de São Paulo, o estudo aborda o uso da simulação para reproduzir e analisar o funcionamento do processo citado por meio de modelos computacionais. O software ARENA foi utilizado para identificar gargalos operacionais e buscar soluções. A distribuidora em questão adota o método *Cross-Docking* no modelo Flex. Nesse método os pedidos são recebidos e enviados no mesmo dia sem precisar de armazenamento prolongado antes do envio.

O foco deste estudo é encontrar maneiras de identificar e resolver os obstáculos no processo de separação de pedidos que resultam em atrasos e problemas operacionais relevantes. A razão para essa abordagem está na capacidade da simulação em proporcionar testes simulados que permitem uma análise cuidadosamente planejada e segura dos procedimentos internos para solucionar as questões identificadas.

Para lidar com esse problema específico foi decidido usar simulação computacional com o software ARENA que é conhecido pela sua eficácia na modelagem de processos. A abordagem inclui a coleta de dados reais da empresa que está enfrentando dificuldades no processo de separação seguida pela criação de um modelo de simulação para reproduzir o ambiente operacional. Esse trabalho testa cenários incluindo um novo membro na equipe de separação para ver como essa mudança afeta a resolução dos problemas encontrados.

Desta forma, a pesquisa realizada busca propor uma melhoria no processo de separação de pedidos utilizando a simulação com o software ARENA e testar a eficácia dessa metodologia na identificação e resolução de gargalos operacionais, a partir disto, a pesquisa realizada demonstra para a área de estudo a demonstração prática de como a simulação pode ser utilizada como uma ferramenta eficaz para estudar e otimizar processos logísticos.

2. Fundamentação Teórica

2.1 *Cross-Docking*

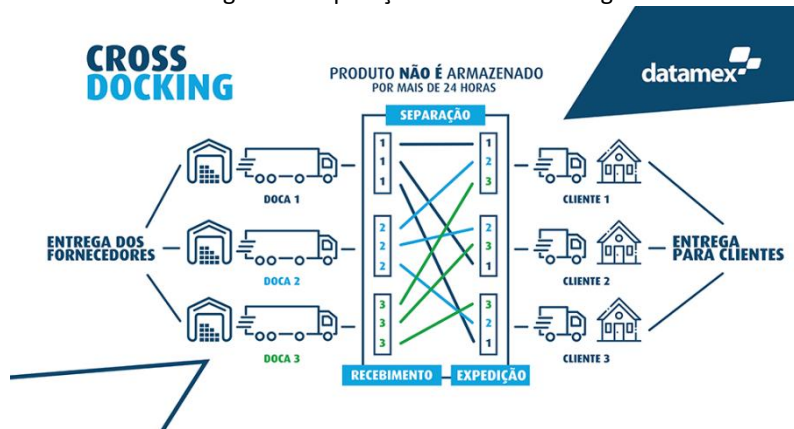
Com o avanço da logística de entregas no mesmo dia, a importância da gestão eficiente do fluxo logístico aumentou significativamente. Uma estratégia eficaz para otimizar esse fluxo é o *Cross-Docking*, que envolve a movimentação eficiente dos pedidos desde o ponto de coleta até o ponto de expedição. Conforme a Figura 1, esta abordagem é amplamente utilizada em distribuidoras, armazéns e transportadoras, com o objetivo de acelerar os processos de distribuição e reduzir custos operacionais. Por meio do método de *Cross-Docking*, onde a mercadoria é consolidada e redistribuída sem passar por um armazenamento prolongado, é possível reduzir significativamente os níveis de estoque, gerando maior agilidade no fluxo de pedidos. Essa prática não só aprimora a utilização do espaço de armazenamento, mas também diminui a necessidade de uma frota grande, concentrando as entregas e minimizando o tempo de permanência dos produtos no centro de distribuição. Isso possibilita uma resposta mais rápida com as demandas do mercado e assim tendo uma eficiência no gerenciamento da cadeia de suprimentos.

Dessa forma, (Van Belle et al., 2012), entende que *Cross-Docking* é uma operação de terminal localizado em um sistema de distribuição de mercadorias e exclusivamente voltado à movimentação de mercadoria a partir de um tipo de meio de transporte mais pesado para outro tipo de veículo de menor porte, de forma a não produzir estoques intermediários.

A eficiência operacional é outra vantagem significativa do *Cross-Docking*. Com a eliminação de processos de armazenamento e a implementação de uma movimentação direta dos produtos, o tempo de ciclo dos pedidos é reduzido. Isso significa que os produtos podem ser entregues aos clientes de forma mais rápida, melhorando a satisfação do cliente e a competitividade no mercado. Além disso, a

prática do Cross-Docking pode levar a uma utilização mais eficiente da força de trabalho e dos recursos de transportes, contribuindo para operações mais sustentáveis e econômicas.

Figura 1 – Operação do Cross-Docking



Fonte: Datamex (2024)

2.2 Teoria das filas

A teoria das filas é uma disciplina que estuda a formação de filas utilizando abordagens matemáticas amplamente utilizadas em diversos contextos. Segundo Prado (2014), essa teoria utiliza modelos matemáticos para analisar a demanda do sistema e os possíveis atrasos e gargalos que podem ocorrer. A teoria das filas é particularmente importante em áreas como logística, atendimento ao cliente e movimentação de veículos, onde a gestão eficiente de tempo e recursos é essencial. Se utilizado de forma adequada, pode ajudar a equilibrar os custos do serviço e os custos de atraso, garantindo a eficiência do sistema (Sobral e Formigoni, 2018).

A análise dos elementos-chave do sistema de filas é essencial para compreender e otimizar os processos. Esses elementos incluem a fonte de receita do cliente, a linha, o serviço e o produto ou material. Existem diversas configurações de filas possíveis, como uma fila com vários servidores em paralelo. Cada configuração possui características próprias e pode ser mais adequada dependendo do contexto e dos objetivos do sistema. Por exemplo, em um ambiente de alta demanda, múltiplos servidores em paralelo podem reduzir significativamente o tempo de espera e aumentar a satisfação do cliente (Tavares et al., 2021).

No contexto atacadista, a teoria das filas pode ser aplicada para identificar e resolver possíveis gargalos no processo de registro de produtos. Caso haja fila de produtos aguardando inspeção, deverá ser analisado o tempo médio de espera e o tempo de atendimento em cada etapa do processo, com base nessas informações, melhorias podem ser propostas como a otimização da entrada de dados, tais medidas podem reduzir o tempo de espera e aumentar a produtividade do sistema (Sobral e Formigoni, 2018).

Por fim, é importante ressaltar que, embora a teoria das filas seja uma ferramenta poderosa, ela deve ser aplicada com cautela, levando em consideração todas as variáveis envolvidas no sistema em questão. Uma má implementação pode levar a conclusões erradas e, portanto, a soluções ineficazes. Ao identificar e solucionar corretamente os gargalos, a empresa pode melhorar significativamente seus processos, aumentar a eficiência e reduzir custos operacionais. A implementação de melhorias baseadas na teoria das filas não apenas otimiza o fluxo de trabalho, mas também promove a satisfação do cliente e o sucesso do negócio.

2.3 Conceito de simulação

Conforme Andrade (2015), a simulação consiste em reproduzir o funcionamento de um sistema real através de modelos, esta estratégia parece promissora para compreender e estudar processos de

Cross-Docking em ambientes logísticos. Esta abordagem, com ênfase no Ensino Baseado em Tarefas (EBT), permite uma representação fiel dos fluxos de produtos, incentivando os gestores logísticos a procurarem soluções que otimizem a eficiência operacional e reduzam os custos associados a estes processos. A simulação, com ênfase no “o quê” e no “como” de atingir objetivos específicos, cria um ambiente de aprendizagem ativo onde os profissionais ficam imersos em situações do mundo real e incentivados a buscar a melhoria contínua nas operações logísticas (Pazin Filho & Scarpelini, 2007).

A simulação, como estratégia dinâmica de representação de processos complexos, torna-se ainda mais eficaz quando aplicada a modelos sequenciais. A capacidade de simular diferentes tipos de filas, escolha de variáveis de tempo, distribuição de chegada e atendimento, além de repetir o cenário múltiplas vezes para calcular médias, amplia a capacidade da simulação de fornecer insights precisos para melhorar a eficiência operacional em diferentes contextos, incluindo ou *Cross-Docking* em logística (Santos, M. P, 1999).

Os simuladores disponíveis variam em complexidade, desde modelos simples até sofisticadas simulações virtuais capazes de reproduzir fielmente o ambiente de um centro de distribuição. Esta variedade de opções permite uma adaptação personalizada às especificidades de cada operação logística, permitindo uma análise detalhada de parâmetros essenciais, como tempo de espera, tempo de processamento e utilização de recursos. Assim, ao experimentar diferentes estratégias e ajustar variáveis-chave, os gestores têm a oportunidade de identificar lacunas e oportunidades de melhoria, apoiando assim decisões informadas para melhorar o desempenho logístico.

De acordo com as informações fornecidas por Paragon (2021), a simulação computacional abrange um espectro que inclui análise e modelagem de processos. Com base neste cenário, é importante ressaltar que a simulação dos processos de *Cross-Docking* será realizada com base no software ARENA. Esta ferramenta permitirá a criação de modelos detalhados que representem fielmente o sistema logístico em questão, permitindo a demonstração prática dos conceitos abordados e a análise de diferentes cenários e estratégias operacionais. Através da aplicação de simulação pretende-se evidenciar as vantagens e desafios inerentes ao *Cross-Docking*, contribuindo assim para o avanço do conhecimento acadêmico e prático na área da logística.

3. Método

A pesquisa para a aplicação da ferramenta e a criação da modelagem foram conduzidas em uma distribuidora Flex situada na região norte na Cidade de São Paulo. A coleta de dados ocorreu durante o turno da tarde, quando os pedidos são mais frequentes. Foram analisadas 40 amostras de cada processo ao longo de um período de três horas. O processo coletado é composto por quatro etapas: Chegada de Pedidos, Bipagem, Separação e Expedição, na chegada é onde os pedidos são registrados no sistema, para na Bipagem, ocorrer a leitura dos códigos para registro em sistema, para em seguida, no processo de Separação eles serem coletados conforme a lista de pedidos, e por fim, enviados para o processo de expedição, onde são preparados para o transporte. A Figura 2, apresentada a seguir, demonstra esse processo aplicado dentro do Software Arena.

Figura 2 – Processos de simulação



Fonte: Autores (2024)

- Colaboradores: Responsáveis pelo processo de "Bipagem", encarregados de receber os pedidos à medida que chegam para realizar a bipagem, uma etapa de conferência no recebimento dos pedidos.

- Funcionários: Encarregados de realizar o processo de separação dos pedidos, desempenhando a função do recurso do processo de "Separação".
- O experimento foi configurado para ser executado ao longo de um período de três horas, com três réplicas realizadas para garantir uma média melhor dos resultados obtidos.

Após a identificação das funções dos funcionários, foi possível criar um modelo do sistema original no software Arena, atribuindo corretamente suas prioridades dentro das etapas. Na Tabela 1, 2 e 3, é apresentada a coleta de dados referente a cada processo.

Tabela 1 – *Create*: Chegada de pedidos (segundos)

68	106	47	46,5	36,75	123	44	112	68	47,5
82	44,5	103	33	49	71	94	39,5	114	78
41	53,75	42,5	23	46	46,5	88	82	102	94
74	79	41,5	51,5	69	56	72	90	115	38,5

Fonte: Autores (2024)

Tabela 2 – *Process "Bipagem"*: Tempo de bipar um pedido (segundos)

1	3	6	12	4	9	8	7	1	14
5	11	2	13	1	15	3	8	4	11
7	6	9	1	13	5	10	2	12	14
1	15	4	8	3	7	11	6	9	1

Fonte: Autores (2024)

Tabela 3 – *Process "Separação"*: Tempo de separar um pedido (segundos)

140,4	183,6	270	194,4	237,6	172,8	302,4	162	216	140,4
259,2	151,2	291,6	205,2	226,8	118,8	280,8	248,4	108	324
194,4	237,6	183,6	280,8	151,2	216	129,6	313,2	162	248,4
205,2	291,6	226,8	172,8	270	118,8	302,4	151,2	237,6	183,6

Fonte: Autores (2024)

Na Tabela 1, é apresentada dados referentes ao tempo de chegada de pedidos, medidos em segundos, que indica o intervalo entre cada pedido recebido na chegada de pedidos. A Tabela 2, é demonstrado o tempo que cada pedido leva para ser processado no sistema de bipagem. Por fim, a Tabela 3, é indicado o tempo necessário para a separação de cada pedido em seu destino específico.

Na Tabela 4, é apresentado expressões para cada processo, obtidas por meio da ferramenta "*Input Analyzer*", integrada ao Software Arena. Essas expressões representam os intervalos de chegada e o tempo que cada entidade permanece em cada etapa do processo. Os dados foram registrados em tabelas e inseridos na ferramenta, possibilitando a obtenção das expressões necessárias para modelar os processos de forma precisa.

Tabela 4: Expressões

<i>Create</i>	NORM (87.3, 17.3)
<i>Process "Bipagem"</i>	0.5 + 15 * BETA (0.784, 1.01)
<i>Process "Separação"</i>	108 + 216 * BETA (1.06, 1.12)

Fonte: Autores (2024)

Consequentemente, depois da elaboração, o molde foi configurado para executar durante o período de três, ao longo de três replicações, executado o modelo, através do software, foi gerado um relatório

detalhando as etapas dentro do processo, foi localizado, por meio de uma análise, o gargalo no sistema. O gargalo é identificado no processo de “Separação”, cujo percentual indica o recurso com 99,57% de utilização, como apresentado na Tabela 5.

Tabela 5 – Gargalo – Separação

<i>Instantaneous Utilization</i>	<i>Average</i>	<i>Half-Width</i>
COLABORADOR	0,040876395	0,002085142
FUNCIONARIO	0,995785976	0,000635566

Fonte: Autores (2024)

Posteriormente à elaboração, o modelo foi configurado para ser executado ao longo de três horas, com três réplicas realizadas. Após a execução do modelo no software, foi gerado um relatório detalhado das etapas dentro do processo, que permitiu identificar, por meio de análise, o gargalo no sistema. O gargalo foi identificado no processo de 'Separação', onde o recurso apresentou uma utilização de 99,57%, conforme demonstrado na Tabela 6:

Tabela 6 – Tempo de espera (Pedidos parados)

<i>Waiting Time</i>	<i>Average</i>	<i>Half-Width</i>
BIPAGEM.Queue	0	0
SEPARAÇÃO.Queue	996,2767409	568,6531095

Fonte: Autores (2024)

Essa tabela representa o tempo de espera em segundos, onde 996 segundos correspondem a aproximadamente 16 minutos em que o pedido fica parado. Esse tempo de espera ocorre devido à sobrecarga e acumulação de pedidos no processo de separação. A Tabela 7 apresenta a quantidade de pedidos parados em relação ao tempo mencionado:

Tabela 7 – Quantidade de pedidos parados

<i>Number Waiting</i>	<i>Average</i>	<i>Half-Width</i>
BIPAGEM.Queue	0	0
SEPARAÇÃO.Queue	11,54264275	6,239397252

Fonte: Autores (2024)

Com base nos dados obtidos a partir deste relatório, uma simulação foi conduzida no software Arena, incorporando a inclusão de um funcionário adicional no processo de separação. Essa abordagem visava enfrentar o gargalo identificado durante a análise do processo na Transportadora Flex. A seguir, discutiremos as implicações dessas modificações e suas repercussões na eficiência e desempenho operacional da empresa.

4. Resultados e Discussões

Após identificar o gargalo do modelo na separação, foi adicionado um novo funcionário ao modelo no processo de separação visando solucionar o gargalo encontrado, foi mantido a mesma configuração de replicação do modelo no software. Ao simular o modelo com o acréscimo de um recurso, observou-se uma mudança no relatório, resultando em uma redução na utilização instantânea do recurso para 78,86% Isso sugere que o novo funcionário ajudou a aliviar o gargalo identificado anteriormente, permitindo que o sistema funcione de forma mais eficiente e com menos recursos ociosos, conforme mostra Tabela 8.

Tabela 8 – Gargalo – Separação		
Instantaneous Utilization	Average	Half-Width
COLABORADOR	0,04058132	0,008329247
FUNCIONARIO	0,788664226	0,060178619

Fonte: Autores (2024)

Antes da implementação da melhoria, o tempo de espera dos pedidos era substancial, com a adição do novo funcionário, o processo de separação tornou-se mais ágil, reduzindo o tempo médio em que um pedido fica parado para 5,9 segundos. Essa redução significativa no tempo de espera é refletida na Tabela 9, que demonstra uma melhoria notável na eficiência do processo de separação.

Tabela 9 – Tempo de espera (Pedidos parados)		
Waiting Time	Average	Half-Width
BIPAGEM.Queue	0	0
SEPARAÇÃO.Queue	5,900027142	4,296037315

Fonte: Autores (2024)

Conforme a Tabela 10, a quantidade de pedidos parados foi drasticamente reduzida para apenas 0,06 pedidos parados. Em comparação com a Tabela 7, onde a distribuidora enfrentava uma média de 11,54 pedidos parados, essa redução é significativa e demonstra o impacto positivo da adição de um funcionário ao processo de separação de pedidos. Essa diminuição substancial na quantidade de pedidos diminui a sobrecarga e acumulação de pedidos que a operação suportava

Tabela 10 – Quantidade de pedidos parados		
Number Waiting	Average	Half-Width
BIPAGEM.Queue	0	0
SEPARAÇÃO.Queue	0,067930146	0,049364924

Fonte: Autores (2024)

5. Considerações Finais

A pesquisa destacou a análise dos processos de uma transportadora, utilizando da simulação como principal ferramenta. Este estudo ressalta a versatilidade da simulação, aplicável em diversas áreas, como evidenciado no caso da transportadora estudada. A simulação contribuiu para analisar o cenário sem que haja riscos reais, possibilitando estudar a proposta sem que prejudicasse o processo real, portanto, após utilizar a simulação por meio do software de simulação Arena, se demonstra perceptível como a tomada de decisão na logística se torna mais sólida após analisar um cenário através desta ferramenta.

O estudo de caso apresentou uma empresa de transporte, na qual aplicamos um modelo de simulação baseado em dados de pesquisa de campo. A análise dos resultados da simulação revelou que o gargalo estava no processo de separação, causando atrasos na expedição dos pedidos. Com base na solução proposta de aumentar o número de funcionários no setor de separação, a simulação demonstrou uma redução significativa no tempo médio de espera dos pedidos para apenas 5,9 segundos conforme apresentado na seção de resultados, além de uma considerável diminuição na quantidade de pedidos parados. Esses resultados indicam claramente que a adição de recursos adicionais ao processo de separação contribuiu significativamente para a eficiência operacional da distribuidora Flex, melhorando o fluxo de pedidos e a satisfação do cliente de maneira que o gargalo foi superado.

Essa medida reduziu significativamente o tempo de espera dos pedidos para serem expedidos, resultando em maior agilidade e eficiência operacional. Como consequência, a expedição passou a

ocorrer antes, proporcionando entregas rápidas e pontuais, sendo demonstrado mais um exemplo de como a simulação possibilita analisar e propor soluções para determinados processos.

Referências

ANDRADE, EDUARDO LEOPOLDINO. **Introdução à pesquisa operacional: métodos e modelos para análise de decisões**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2015.

CADASTRAMENTO DE PRODUTOS DE UMA EMPRESA DE COMÉRCIO ATACADISTA. Revista Fatec Sebrae em debate-gestão, tecnologias e negócios, v. 5, n. 08, p. 42-42, 2018.

PARAGON. **Arena**, 2021. Disponível em: <<https://www.paragon.com.br/%20softwares/arena/>>. Acesso em: 13 mar. 2024.

PAZIN FILHO A, SCARPELINI S. **SIMULAÇÃO: DEFINIÇÃO**. Medicina (Ribeirão Preto) [Internet], 2007. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rmrp/article/view/312>. Acesso em: 05 mai. 2024.

PRADO, D. S. **Teoria das filas e da simulação**. (Série Pesquisa Operacional). 5. ed. Nova Lima: FALCONI, 2014.

SANTOS, M. P. (1999). **Introdução à Simulação Discreta**. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://www.mpsantos.com.br/Simul%20Pascal.pdf>. Acesso em 13 mar, 2024.

SOBRAL, NADINE; FORMIGONI, ALEXANDRE. **Simulação Logística Aplicada Ao Cadastro de Produtos De Uma Empresa De Comércio Atacadista**. Revista Fatec Sebrae em debate-gestão, tecnologias e negócios, v. 5, n. 08, p. 42-42, 2018.

TAVARES, DIEGO MOAH LOBATO ET AL. **Revisão Sistemática De Publicações Brasileiras Associadas à Teoria das Filas e Sistemas de Processos de Filas**. Brazilian Applied Science Review, v. 5, n. 2, p. 1273-1285, 2021.

VAN BELLE, J.; P. VALCKENAERS E D. CATTRYSSE (2012). **Cross-Dock-ing: State of the Art**. *Ômega*, v. 40, p. 827-846. DOI: 10.1016/j.omega.2012.01.005.

"Os conteúdos expressos no trabalho, assim como os direitos autorais de figuras e dados, bem como sua revisão ortográfica e das normas são de inteira responsabilidade do(s) autor(es)."

"O(s) autor(es) do trabalho declara(m) que durante a preparação do manuscrito foi(foram) utilizado(as) a(s) ferramenta(s)/serviço(s) IA GPT de Inteligência Artificial (IA) para o processo de redação e tradução. Após utilizar esta ferramenta/serviço, os autores editaram e revisaram o conteúdo conforme necessário e assumem total responsabilidade pelo conteúdo da publicação."