

SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL NA LOGÍSTICA: OTIMIZAÇÃO DA ALOCAÇÃO DE MÃO DE OBRA PARA AUMENTAR A EFICIÊNCIA NO PICKING

DIOGENES HENRIQUE DE SOUZA MARTINS (FATEC GUARULHOS)

diogenes.martins01@fatec.sp.gov.br

JEFFERSON MARQUES OLIVEIRA DA SILVA (FATEC GUARULHOS)

jefferson.silva170@fatec.sp.gov.br

Orientador

DENISE BENINO DOURADO ANCELI (FATEC GUARULHOS)

denise.anceli@fatec.sp.gov.br

RESUMO

A simulação é uma ferramenta poderosa que facilita a criação de modelos realísticos, cujos resultados podem ser comparados, compreendidos e manipulados. Neste estudo, o foco central é a análise da ociosidade de recursos e a realocação estratégica de mão de obra para reduzir filas e gargalos no processo logístico *de picking*. Utilizamos o *software ARENA*, que permite representar diversas situações em um ambiente virtual sem necessidade de interromper as operações reais da transportadora. Além disso, exploramos a teoria das filas, fundamental para entender o comportamento das filas de espera. O *picking*, como processo crítico na logística, foi o analisado para identificar ineficiências e possibilidades de otimizar a alocação de recursos.

A simulação computacional mostrou-se vital para testar diferentes cenários e soluções, fornecendo análises valiosas para a tomada de decisões estratégicas. Por meio desse método, foi possível melhorar a eficiência do setor de *picking*, garantindo maior produtividade e um fluxo operacional mais fluido, demonstrando como a simulação computacional e a teoria das filas podem ser aplicadas para otimizar processos logísticos e realocar mão de obra de maneira eficaz.

PALAVRAS-CHAVE: Simulação, Teoria das Filas, *Picking*

ABSTRACT

Simulation is a powerful tool that facilitates the creation of realistic models, the results of which can be compared, understood, and manipulated. This study focuses on the analysis of resource idleness and the strategic reallocation of labor to reduce queues and bottlenecks in the picking logistics process. The ARENA software was used, which allows representing various situations in a virtual environment without the need to interrupt the real operations of the carrier. Additionally, queuing theory, fundamental for understanding the behavior of waiting lines, was explored. Picking, as a critical process in logistics, was analyzed to identify inefficiencies and opportunities to optimize resource allocation.

Computational simulation proved to be vital for testing different scenarios and solutions, providing valuable analyses for strategic decision-making. Through this method, it was possible to improve the efficiency of the picking sector, ensuring greater productivity and a more fluid operational flow, demonstrating how computational simulation and queuing theory can be applied to optimize logistics processes and reallocate labor effectively.

Keywords: Simulation, Queuing Theory, *Picking*)

1. INTRODUÇÃO

A crescente competitividade no setor logístico impõe desafios constantes para as empresas que buscam otimizar suas operações. Nos últimos anos, a necessidade de reduzir a ociosidade, custos e desperdícios se torna essencial para garantir a sustentabilidade e o sucesso organizacional.

Neste contexto, a simulação surge como uma ferramenta eficaz para a análise e melhoria de processos.

Este estudo tem como justificativa principal a análise das filas de espera nas operações logísticas, visando identificar e reduzir gargalos por meio de simulação computacional. Com isso, é possível criar um modelo próximo à realidade, permitindo a compreensão e manipulação precisa dos resultados. Analisando a possibilidade de realocação estratégica da mão de obra ociosa, buscando melhorar a eficiência e reduzir as filas de espera que impactam negativamente a produtividade.

A escolha do *software Arena* se deve à sua capacidade de representar diversas situações em um ambiente virtual, sem a necessidade de interromper as operações reais da empresa. Utilizando essa ferramenta, buscamos obter novas percepções do ambiente simulado, que serão valiosas para a tomada de decisões estratégicas, visando a maximização dos recursos disponíveis e a otimização das operações logísticas.

Ao longo deste artigo, apresentaremos a metodologia utilizada, os dados coletados e os resultados obtidos, destacando as implicações práticas das nossas descobertas para a gestão de operações logísticas. Acreditamos que as percepções proporcionadas por este estudo podem contribuir significativamente para a melhoria dos processos e para o aumento da competitividade no setor.

2. EMBASAMENTO TEÓRICO

2.1 SIMULAÇÃO

A simulação é uma ferramenta poderosa para a modelagem e análise de processos complexos em diferentes setores, incluindo a logística. Conforme Moreira (2010), simular significa permitir que um sistema funcione de maneira semelhante à realidade, a fim de estudar suas características com mais profundidade. O autor afirma que a simulação facilita a criação de um modelo que se aproxime da realidade, permitindo sua operação repetidas vezes,

conforme necessário, para que seus resultados possam ser comparados, compreendidos e manipulados.

Neste sentido, Prado et al. (2014) destacam que, por meio da simulação, é possível criar modelos computacionais que replicam o comportamento de sistemas reais, permitindo testar cenários hipotéticos e visualizar o impacto de mudanças operacionais. Esse recurso é particularmente relevante para identificar e reduzir a ociosidade de mão de obra, além de otimizar a alocação de recursos em operações logísticas.

O uso dessa técnica possibilita a criação de modelos e procedimentos que seriam inviáveis de realizar na prática devido aos altos custos envolvidos. O objetivo é possibilitar tanto a criação quanto a investigação de possibilidades antes da implementação real de um modelo (Andrade, 2015).

Nesse cenário, a simulação computacional com o auxílio do *software Arena* é amplamente utilizada em simulações baseadas em eventos discretos, permitindo uma análise detalhada dos processos e recursos disponíveis. Dessa forma, as empresas podem testar diferentes estratégias de alocação de mão de obra, ajustando dinamicamente os recursos para otimizar a eficiência (Paragon, 2024).

Os autores Anceli et al. (2021) consideram que a simulação se consolida como uma ferramenta relevante para apoiar decisões estratégicas, permitindo a avaliação de diferentes planos focados no aprimoramento da capacidade produtiva e na eficiência operacional. Nesse sentido, o *software Arena* destaca-se como um dos principais programas de simulação, oferecendo diversas opções de modelagem de processos, inferências estatísticas e análise de resultados. Considerando Chwif e Medina (2015), fica evidente que a simulação é uma aliada valiosa na busca por soluções inteligentes e eficazes.

2.2 TEORIA DAS FILAS

Em nosso cotidiano, nos deparamos diariamente com filas, seja em supermercados, padarias, agências de correios, engarrafamentos, ou até mesmo aguardando para efetuar o pagamento de contas ou compras. Contudo, a espera não é exclusividade das pessoas, tarefas permanecem em espera nos processos produtivos, veículos param nos sinais de trânsito, e aeronaves aguardam autorização para aterrissar nos aeroportos. Conforme Ragsdale (2014), mesmo em casa, esperamos em uma “fila eletrônica”, já que, ao usar o telefone para pedir produtos de empresas de vendas ou ligar para um número de prestação de serviços, nos deparamos com um sistema de fila.

De acordo com Freitas Filho (2008), são características de um sistema de fila:

- Processo de chegada (o tempo entre chegadas das entidades na fila);
- Tempo de serviço (tempo de serviço para cada entidade atendida);
- Quantidade de servidores (número de atendentes);
- Capacidade da fila (a quantidade máxima de entidades que podem ficar na fila aguardando atendimento, e pode ser finita ou infinita);
- Tamanho da população (refere-se à quantidade total de entidades que teoricamente podem comparecer, e pode ser finita ou infinita) e;
- Disciplina de atendimento (a forma como os clientes serão atendidos).

Desta forma, a teoria das filas oferece uma estrutura teórica para analisar e otimizar sistemas que envolvem espera, como os processos logísticos. Ela se concentra em entender como clientes ou materiais chegam a um sistema, como são atendidos e como as filas se formam e se dissipam ao longo do tempo. Contudo essa teoria de filas em si, acaba sendo limitada em seus pontos de solucionar problemas, com isso a simulação passa a ser a solução mais adequada Prado (2017).

Ao usar a simulação no *software Arena* para combinar a teoria das filas com a realidade operacional, é possível observar onde ocorre gargalo ou ociosidade da mão de obra e determinar o melhor momento para realocá-la. Assim, simulação computacional pode ajudar a equilibrar os recursos, conforme indicado por Prado (2022), otimizando o uso dos recursos humanos e eliminando filas e esperas desnecessárias.

2.3 PICKING

O processo de *picking*, também conhecido como separação de produtos. Consiste na separação de unidades de um ou mais produtos armazenados em locais diferentes, que se destinam a fazer parte de uma mesma encomenda, ou seja, um pedido de venda. Em grosso modo, o *picking* é o processo de busca e retirada de produtos de um armazém para atender aos pedidos dos clientes, mas, vai além disso porque implica em um processo de preparação sempre suscetível de melhorias para ajudar as empresas a minimizarem quaisquer problemas ou falhas na cadeia de mantimentos, Diniz (2019).

Desta forma, o processo de *picking*, é uma das atividades logísticas que mais consome tempo e recursos dentro de um armazém. Gontijo (2012) constata que o *picking* frequentemente se torna um gargalo devido à sua complexidade. Melhorar a eficiência do *picking* tem um impacto direto na capacidade geral da transportadora de processar pedidos e mercadorias de forma ágil. Essa metodologia está fortemente ligada à maximização da produtividade e ao uso eficiente dos recursos.

De acordo com Silva (2020), as principais dificuldades que podem surgir no processo de *picking* são os pedidos fracionados e o custo dessa operação, que impacta diretamente nos lucros.

A ociosidade de mão de obra no recebimento de materiais pode ser aproveitada no setor de *picking*, onde a demanda por trabalhadores costuma ser maior. Ao identificar essa ociosidade por meio da simulação no *software Arena*, as empresas podem redistribuir esses recursos para o *picking*, aumentando a produtividade e resolvendo o gargalo na operação. A simulação permite ajustar dinamicamente a quantidade de mão de obra disponível no *picking*, testando diferentes cenários para determinar o número ideal de trabalhadores necessários em cada fase do processo. Como indica Pozo (2017), isso garante que a operação como um todo seja mais eficiente e equilibrada.

3. DESENVOLVIMENTO DA TEMÁTICA

O objetivo central deste estudo é analisar a ociosidade de recursos, buscando realocá-los estrategicamente para reduzir filas e gargalos. Para isso, optamos pelo método de simulação e utilizamos o *software ARENA*. A grande vantagem desse *software* é sua capacidade de representar diversas situações em um ambiente virtual, sem a necessidade de interromper as operações reais da transportadora.

Nossa pesquisa concentra-se em uma transportadora de pequeno porte, localizada na cidade de Guarulhos. Utilizamos métodos quantitativos, que envolvem o levantamento de dados numéricos. Essa escolha nos permite mensurar e testar hipóteses de forma objetiva.

A coleta de dados foi realizada no mês de setembro, nos processos de descarga, *picking* e expedição do turno da noite.

Figura 1 – Coleta de dados

Descarga		Picking		Expedição	
6.15	6.19	16.21	15.04	5.45	5.07
6.05	6.11	16.17	16.29	5.57	4.59
5.11	6.23	16.09	16.22	5.59	5.51
5.29	6.33	15.22	12.09	5.45	5.35
5.33	5.42	17.07	13.15	5.58	5.01
5.07	6.06	16.17	17.06	5.44	5.05
5.17	5.15	16.26	16.21	5.11	5.29
6.37	5.43	15.31	16.23	6.36	5.54
6.45	6.12	16.25	16.27	5.47	5.45
7.36	6.18	16.19	15.18	4.57	5.25
6.41	6.31	16.29	16.05	5.24	6.42
6.09	8.14	14.14	16.45	5.46	5.14
5.18	6.19	16.07	16.16	5.13	6.54
7.37	6.17	15.05	10.59	5.01	6.47
6.54	7.26	15.03	13.19	5.30	7.41

Fonte: Criado pelos autores (2024)

A transportadora trabalha com entregas fracionadas, recebe diversos pedidos de bobinas de tecido em uma carreta com capacidade para 30 paletes; no entanto, para efetuar as entregas aos clientes finais, utiliza veículos menores. Essa estratégia é necessária devido às restrições impostas aos veículos grandes no centro da cidade de São Paulo, onde a maioria das entregas ocorre.

No módulo *Create* do software *ARENA*, são inseridos os dados de chegada na transportadora. O campo "*Max Arrivals*" representa a quantidade de chegadas na simulação, equivalente a quantidade de carretas. Já o campo "*Entities per Arrivals*" indica a quantidade de entidades por chegada, que, neste caso, são as quantidade de paletes que chegam por carreta.

Figura 2 – Chegada das entidades

The image shows a 'Create' dialog box from the Arena simulation software. It contains the following fields and values:

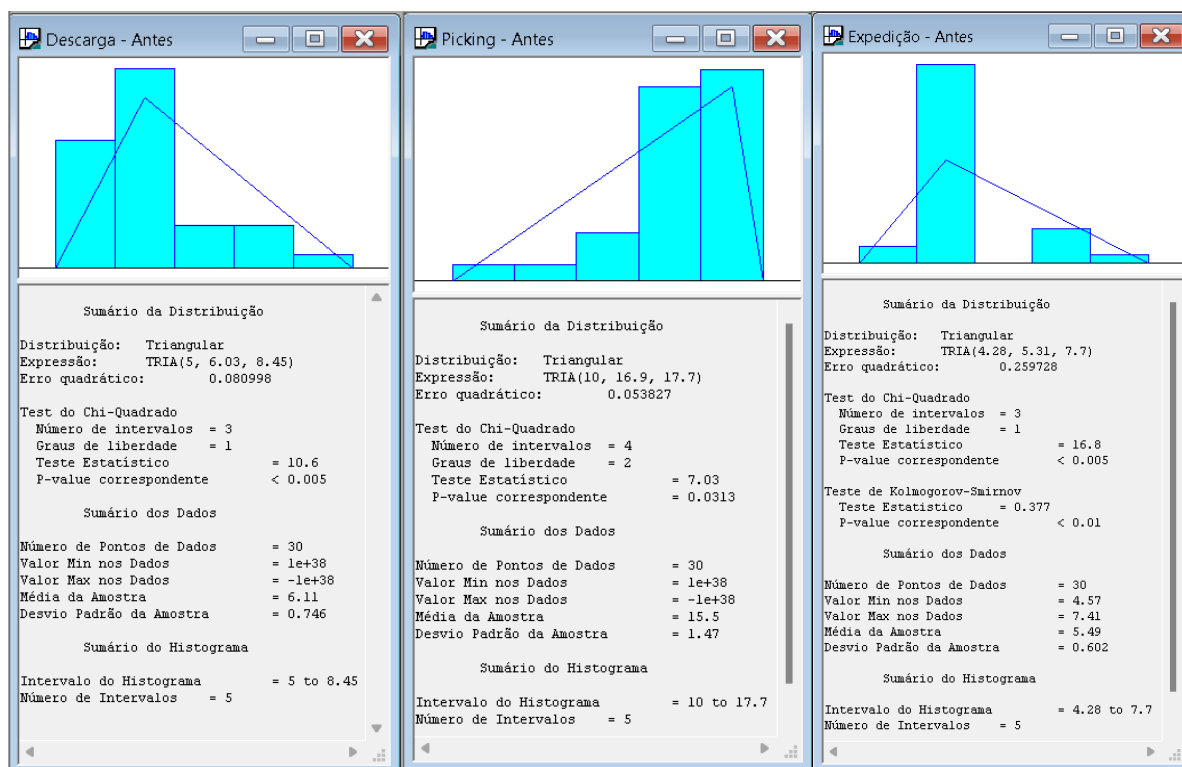
- Name:** Chegada de Paletes (dropdown menu)
- Entity Type:** Paletes (dropdown menu)
- Time Between Arrivals:**
 - Type:** Constant (dropdown menu)
 - Value:** 1 (text input)
 - Units:** Minutes (dropdown menu)
- Entities per Arrival:** 30 (text input)
- Max Arrivals:** 1 (text input)
- First Creation:** 0.0 (text input)
- Comment:** chegada de paletes de bobina de tecido (text input)

At the bottom, there are three buttons: OK, Cancelar, and Ajuda.

Fonte: Criado pelos autores (2024)

Com a ferramenta *Input Analyzer*, foi realizado o tratamento dos dados coletados obtendo uma distribuição triangular para representar os tempos de operação. Essa distribuição considera três valores: mínimo, moda e máximo. Com esses dados numéricos, conseguimos modelar o comportamento das operações.

Figura 3 – Tratamento de dados no Input Analyzer



Fonte: Criado pelos autores (2024)

Após a definição das distribuições pelo *input analyzer*, conforme figura 3, obtivemos os seguintes dados:

- O processo de descarga conta com três operadores (recursos) e com tempo de TRIA (5, 6.03, 8.45) minutos.
- O processo de *picking* conta com um conferente (recurso) e com tempo de TRIA (10, 16.9, 17.7) minutos.
- O processo de expedição conta com um operador de empilhadeira (recurso) e uma empilhadeira (recurso) e com tempo de TRIA (4.28, 5.31, 7.7) minutos.

A replicação foi realizada com duração de 6 horas e com simulação de 24 horas por dia.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

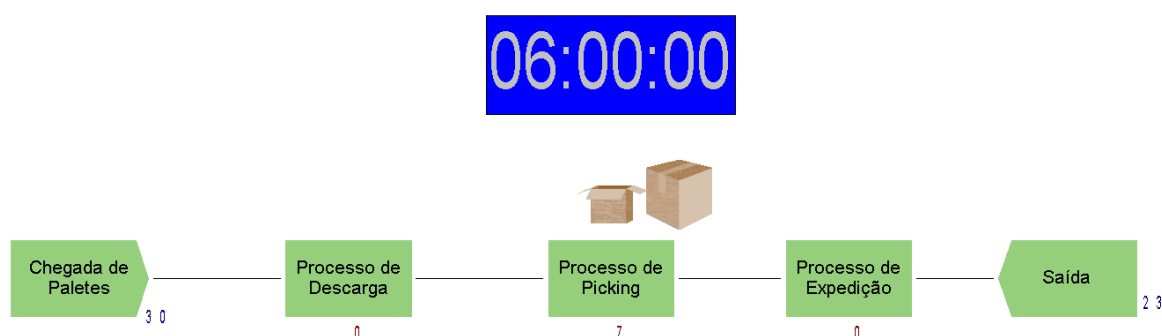
A presente pesquisa teve como base o setor de descarga, *picking* e expedição para elaboração da modelagem, considerando desde o momento das chegadas dos paletes, passando pelos processos de descarga realizado por três colaboradores, *picking* realizado por um

conferente e expedição por uma empilhadeira e um operador, após esses processos, os paletes são colocados em veículos menores (carga fracionada) para serem entregues aos clientes.

Com o intuito de atingir o objetivo de melhorar a eficiência do processo de *picking*, foram realizadas duas simulações.

A primeira simulação, conforme figura 4, mostrou que 23 paletes saíram do sistema em 24 horas e 7 paletes permaneceram na fila de espera do processo de *picking*, resultando em uma produtividade de 76,67%.

Figura 4 – Simulação antes do balanceamento



Fonte: Criado pelos autores (2024)

A figura 5, apresenta o tempo de utilização de cada recurso utilizado no processo.

Figura 5 – tempo de utilização de recurso

Continuous-Time Statistics (Time Persistent)				
Project Name	Name	Type	Source	Average Of Replication Averages
Unnamed Project	Empilhadeira	Instantaneous Utilization	Resource	0,371105976
	Operador 1	Instantaneous Utilization	Resource	0,545944492
	Operador 2	Instantaneous Utilization	Resource	0,545944492
	Operador 3	Instantaneous Utilization	Resource	0,545944492
	Operador de Empilhadeira	Instantaneous Utilization	Resource	0,371105976
	conferente	Instantaneous Utilization	Resource	0,98327868

Fonte: Criado pelos autores (2024)

Analisando os resultados apresentados, podemos observar que no processo de descarregamento, os (recursos) operador 1, operador 2 e operador 3 apresentam uma taxa de ocupação de 54,59%.

No processo de *picking*, o (recurso) conferente apresenta uma taxa de ocupação de 98,32%, indicando que está sobrecarregado e é o gargalo da operação.

No processo de expedição, os (recursos) operador de empilhadeira e empilhadeira, apresentam taxa de 37,11% de ocupação, no entanto, esses recursos são utilizados em outros setores da empresa durante o tempo ocioso.

Após analisar o tempo de ociosidade dos operadores no processo de descarga, um dos operadores foi treinado e remanejado para a operação de *picking*. Com esse remanejamento de mão de obra, foi realizada uma nova coleta de dados, conforme a figura 6.

Figura 6 – Coleta de dados após balanceamento

Descarga Paletização		Picking	
8.20	7.59	9.51	9.14
8.06	7.51	10.22	8.29
6.53	8.03	9.15	9.22
7.19	8.13	8.52	7.59
7.04	7.22	9.37	8.05
6.47	7.46	10.51	10.36
6.57	6.55	12.13	9.45
7.54	7.23	11.43	9.23
6.45	7.52	10.15	10.07
7.36	7.58	12.19	9.27
7.22	8.11	12.29	9.45
7.49	9.54	9.54	10.15
7.38	7.59	11.14	9.57
8.17	7.57	9.27	8.59
7.34	9.06	10.31	9.36

Fonte: Criado pelos autores (2024)

A nova formação da equipe de trabalho ficou composta da seguinte maneira:

No processo de descarga: dois operadores com tempo TRIA (6.14, 7.25, 9.85).

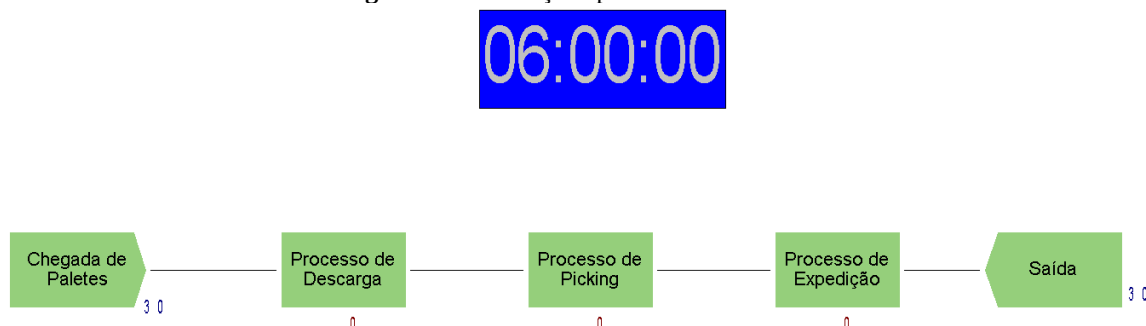
No processo de picking: dois conferentes com tempo TRIA (7.12, 9.47, 12.8).

No processo de expedição: manteve-se a mesma equipe, com um operador de empilhadeira e uma empilhadeira, com tempo TRIA (4.28, 5.31, 7.7).

A segunda simulação foi realizada de acordo com a nova configuração, permitindo uma análise mais precisa e eficiente dos processos envolvidos.

Após o remanejamento da mão de obra, todos os 30 paletes recebidos foram expedidos durante o mesmo período de tempo da primeira simulação, evidenciando a eficiência do ajuste na alocação de recursos, conforme a figura 7.

Figura 7 – Simulação após o balanceamento



Fonte: Criado pelos autores (2024)

Após o balanceamento de mão de obra os tempo de utilização dos recursos, conforme figura 8, tiveram mudanças significativas.

Figura 8 – tempo de utilização depois do balanceamento

Continuous-Time Statistics (Time Persistent)				
Project Name	Name	Type	Source	Average Of Replication Averages
Unnamed Project	Conferente 1	Instantaneous Utilization	Resource	0,833077779
	Conferente 2	Instantaneous Utilization	Resource	0,833077779
	Empilhadeira	Instantaneous Utilization	Resource	0,488581975
	Operador 1	Instantaneous Utilization	Resource	0,650099349
	Operador 2	Instantaneous Utilization	Resource	0,650099349
	Operador de Empilhadeira	Instantaneous Utilization	Resource	0,488581975

Fonte: Criado pelos autores (2024)

No processo de descarga, os recursos Operador 1 e Operador 2 apresentaram uma taxa de ocupação de 65,00%.

No processo de picking, os recursos conferente 1 e conferente 2 apresentaram taxa de 83,30% de ocupação.

No processo de expedição, o recurso empilhadeira apresentou taxa de 48,85% de ocupação.

A figura 9, a seguir, apresenta um comparativo entre as duas simulações.

Figura 9 – Produtividade

Indicadores	Antes	Depois
Quantidade de paletes expedidos	23	30
Taxa de ocupação Processo de descarga	54,59%	65,00%
Taxa de ocupação Processo de picking	98,32%	83,30%
Taxa de ocupação Processo de expedição	37,11%	48,85%
Produtividade	76,67%	100,00%
Aumento de produtividade de 23,33%		

Fonte: Criado pelos autores (2024)

De acordo com os percentuais apresentados, podemos observar um aumento de 23,33% na produtividade. Desta forma, após a remanejamento de mão de obra, foi possível realizar uma melhoria eficiente no setor de *picking*, reduzindo o gargalo e garantindo maior produtividade sem a necessidade de novas contratações.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio da simulação computacional, conseguimos realizar uma análise da fila de espera e identificar os gargalos no processo logístico, especificamente no setor de *picking*. A simulação permitiu testar cenários e estratégias de alocação de recursos, facilitando o remanejamento de mão de obra para áreas de maior necessidade.

A otimização da distribuição da força de trabalho existente resultou em uma melhoria substancial na eficiência dos processos logísticos. Esta abordagem não apenas aprimora os resultados operacionais, mas também promove uma gestão mais econômica dos recursos humanos. A realocação estratégica de funcionários mostrou-se uma solução viável para a redução de filas de espera e o aumento da produtividade, sem incorrer em custos adicionais para a empresa.

Ademais, o uso da simulação computacional provou ser uma ferramenta valiosa para a tomada de decisões estratégicas, permitindo a visualização e análise de possíveis impactos antes da implementação de mudanças no mundo real. O *software ARENA*, em particular, destacou-se pela sua capacidade de representar diversas situações de maneira precisa e eficiente, oferecendo suporte inestimável na busca por melhorias contínuas no setor logístico.

Em suma, este estudo demonstra como a simulação computacional e a teoria das filas podem ser aplicadas de maneira eficaz para otimizar processos logísticos, realocar mão de obra estrategicamente e, assim, aumentar a competitividade das operações. Acreditamos que as percepções proporcionadas por este estudo podem servir de base para futuras pesquisas e aplicações práticas no campo da logística.

REFERÊNCIAS

ANCELI, Denise Benino Dourado; MAIELLARO, João Roberto; DE OLIVEIRA, Luciana Alves; SILVA, Melisante Andrade Serapião. **Simulação em operação de cross-docking: um estudo de caso em uma empresa de São Paulo/SP**. South American Development Society Journal, [S. l.], v. 7, n. 19, p. 32, 2021. DOI: 10.24325/issn.2446-5763.v7i19p32-46. Disponível em: <https://www.sadsj.org/index.php/revista/article/view/387>. Acesso em: 17 set. 2024.

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

CHWIF, Leonardo; MEDINA, Afonso C. **Modelagem e Simulação de Eventos Discretos**. São Paulo: Editora, 2015.

DINIZ, Pedro Lima Carneiro Garcia. **Propostas de Melhoria Para os Processos de Picking da Lactogal**. 2019, 119 f. Tese (Doutorado) - Instituto Superior de Engenharia do Porto, Engenharia Mecânica, Portugal.

FREITAS FILHO, Paulo José de. **Introdução à modelagem e simulação de sistemas: com aplicações em Arena**. 2. ed. rev. atual. Florianópolis: Visual Books, 2008.

GONTIJO, L. B. L. M. **Procedimento de Picking em um Centro de Distribuição Utilizando Princípios Lean**. 2012. 162 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2012. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/3700>. Acesso em 10/09/2024

MOREIRA, D. A. **Pesquisa Operacional: Curso Introdutório**. 2 Ed. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

PARAGON, 2024. Arena Simulation Software.

Recuperado de <<https://paragon.com.br/arena/>>. Acesso em 06/09/2024.

PRADO, Darci; YAMAGUCHI, Magno. **Usando o Arena em Simulação**. Falconi Editora, 2014.

PRADO, Darci. **Teoria das Filas e da Simulação**. Falconi Editora, 2022.

POZO, H. **Administração de Recursos Materiais e Patrimoniais**. São Paulo: Atlas, 2017.

RAGSDALE, Clinn. **Modelagem de Planilha e Análise de Decisão: Uma introdução prática a business analytics**. São Paulo: Cengage Learning, 2014.

SILVA, C. S. O. **Otimização do processo de Picking numa empresa da indústria automóvel**. 2020, 136 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto Politécnico de Viana do Castelo, Logística, Valença.