

TECNOLOGIAS APLICADAS AO CROSS-DOCKING: UM ESTUDO DE CASO PARA OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO EM UMA TRANSPORTADORA

DARLA TEIXEIRA PINHEIRO

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE (FURG)

SAMUEL VINICIUS BONATO

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE (FURG)

DEOCLÉCIO JUNIOR CARDOSO DA SILVA

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE (FURG)

PAOLA DA SILVA BRITO

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE (FURG)

MARIANE CÁSSERES DE SOUZA

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE (FURG)

1. Introdução

O crescimento do comércio eletrônico exige soluções logísticas mais eficientes e eficazes, colocando uma maior pressão sobre os fornecedores e distribuidores visando garantir entregas rápidas e eficientes aos clientes. Nesse contexto, estratégias logísticas como centro de *Cross Docking* e rotas de distribuição inovadoras, tornam-se atrativas para aumentar a eficiência operacional (COTA *et al.*, 2022).

Segundo Liu e Li (2023), o *Cross Docking*, como um método eficaz de movimentação de mercadorias, torna-se uma estratégia relevante para reduzir estoques, sendo adotada em setores como varejo, logística, manufatura e entregas expressas. Além disso, reduzir o custo com estoque, em sua totalidade, torna-se crucial nas decisões logísticas, com o intuito de alavancar a eficiência no processo distributivo como um todo (GRULER *et al.*, 2018).

Estudos como Molavi, Shahmardan e Sajadieh (2018) demonstram que o *Cross Docking* pode ser um modelo relevante para as operações logísticas, uma vez que seus resultados evidenciam a otimização em uma operação de *Cross Docking* a partir de um sistema com datas definidas e remessas classificadas. Já Liu e Li (2023) apontam que a tecnologia, tornou-se um facilitador diante a uma operação de *Cross Docking* amparada pelo Blockchain.

Assim, a escolha do tema de estudo foi definida a partir da necessidade de explorar a possível cooperação benéfica entre a operação de *Cross Docking*, realizado em uma empresa de gerenciamento logístico, e a implementação de tecnologias. De acordo com Buonamico *et al.* (2017), ainda que técnicas enxutas tenham a contribuir em atividades, como armazenagem, há poucas pesquisas publicadas sobre o assunto e diversas lacunas a serem examinadas. Diante a isso, origina-se o seguinte problema de pesquisa: Como a implementação de tecnologias digitais avançadas pode otimizar o processo de *Cross Docking* em uma empresa de transportes logísticos, e de que maneira essa otimização pode influenciar a eficiência operacional e a transparência no compartilhamento de dados?

A partir disso, este estudo tem por objetivo propor a implementação de tecnologias digitais avançadas como maneira de otimizar o *Cross Docking* em uma empresa de transportes logísticos. Como contribuições práticas do estudo, destaca-se a otimização das operações através da melhoria do processo de *Cross Docking* e maior transparência no compartilhamento dos dados dessas operações. Já como contribuições teóricas, busca-se a possível contribuição com a literatura através do levantamento de tecnologias já aplicadas e sua relação com operações logísticas.

2. Referencial Teórico

Este capítulo apresenta a base de estudo deste artigo e tem como objetivo apresentar diferentes definições e conceitos dos principais temas abordados, bem como destacar as tecnologias digitais avançadas existentes na literatura, que darão suporte à implementação proposta.

2.1 *Cross Docking*

Definido como uma operação logística que consiste no transbordo eficiente do centro de distribuição, onde as mercadorias dos caminhões de entrada são descarregadas direto nos caminhões de saída, visando a redução do tempo e dos custos (LADIER E ALPAN, 2016). Seguindo tal pensamento, essa implementação tem a capacidade de aprimorar a eficiência do giro de produtos, bem como, diminuir o tempo de espera desses produtos (COTA *et al*, 2022)

Segundo Hermel *et al.* (2016), o *Cross Docking* é uma estratégia baseada no conceito de *Just in Time*, de eliminação de desperdícios e redução de estoque. O que, de acordo com Vanajakumari *et al.* (2022), reduz efetivamente os custos operacionais. Entretanto, a presença de fatores incertos, como atrasos na chegada e saída dos caminhões, compromete a eficiência das operações otimizadas pelo *Cross Docking*. Logo, as partes envolvidas na utilização de redes *Cross Docking* devem adaptar suas estratégias conforme necessário (MAVI *et al*, 2020),

2.2 Blockchain

Segundo Santos, Prata e Araújo (2019), Blockchain é uma tecnologia de banco de dados que armazena e mantém registros em blocos interligados, formando uma cadeia. Cada bloco representa uma transação, e se interliga a outros blocos. Existem três tipos principais de Blockchain, sendo eles: O público, onde há de livre acesso e compreensão da comunidade; o privado, sendo de propriedade restrita e supervisão centralizada (LAWRENCE, 2019); e o federado, descrito com ambiente privado e descentralizado (MAURI, 2019).

Sob a essência descentralizada de Blockchain, Hollins (2018) menciona que o funcionamento se dá através da rede de ponto a ponto (P2P), em que as tarefas não são realizadas por uma entidade central, mas por todos os usuários da rede que são conhecidos de “nós”. Para validar as informações inseridas é necessário que os “nós” da rede alcancem um consenso. Após a validação dos dados, eles são inseridos na rede que funciona como um livro razão, os registros ficam permanentemente visíveis e é impossível realizar alguma alteração ou exclusão desses dados.

Lawrence, (2019) identifica que a adoção de Blockchain tem muito a contribuir, pois, além de fornecer segurança, também garante transparência. Ainda segundo ele, esse caráter imutável da tecnologia gera maior confiabilidade aos usuários da rede de que as transições serão realizadas com precisão, eliminando a necessidade de um terceiro supervisionar. Em contrapartida, Lawrence (2019) menciona que há certo desafio à adoção desta tecnologia, visto que ela tem como natureza a descentralização, que necessita da aceitação de todos os operadores e usuários e, além disso, essa tecnologia ainda não é de conhecimento por boa parte da população.

Mauri, (2019) aponta que, a partir dessa tecnologia, as organizações podem solucionar desafios como a falha dos sistemas, erros na contabilidade devido à falta de monitoramento dos registros e a necessidade excessiva de impressões de documentos. Além disso, oferece proteção contra ataques cibernéticos, visto que são dados criptografados e, por meio dos contratos projetados com cláusulas e assinatura digitais, também consegue eliminar a necessidade de impressão dos documentos. Santos, Prata e Araújo (2019).

Já na área de logística, Mauri (2019) cita a carência no mecanismo de rastreabilidade do ecossistema como um todo, desde a origem do produto e todos os processos seguintes ao decorrer do tempo, impossibilitando o monitoramento e análise de fatores como umidade e temperatura, que ocasiona em problemas de transparência e logística no setor de Supply Chain. Ainda segundo Mauri (2019), uma solução viável seria a adoção do Blockchain Federado, em que cada etapa do processo logístico é registrada e há capacidade de rastrear todas as informações relacionadas ao produto, por meio de um QR Code, alavancando a fidedignidade dos comerciantes e, também, sua lucratividade.

2.3 Computação em Nuvem e Computação em Névoa

No segmento logístico, Delfmann e Jaekel (2012), apontam que a computação em nuvem, ou Cloud Computing (CC), pode desempenhar um papel fundamental na resolução de problemas logísticos essenciais, garantindo o fornecimento adequado de mercadorias ou serviços, com qualidade e quantidade corretas, no local e momento adequado, para o cliente correto e ao devido preço, usando recursos de computação. Além disso, um dos maiores potenciais da CC é que ela redefine os limites existentes entre os setores e definem novas diretrizes para os processos de negócios e atuação (ZHAO E SHEN, 2010).

As particularidades da logística e da gestão da cadeia de suprimentos demandam o auxílio de aplicativos confiáveis e frequentemente atualizados, e uma sólida expertise em Tecnologia da

Informação (TI) pode ser respaldada pela computação em nuvem (DUMA; OROSZ 2012). Esses fatores representam premissas essenciais a serem consideradas ao analisar a contribuição da CC na criação e aprimoramento das cadeias de suprimentos futuras, executando o papel de conexão vital entre a TI, organizações e capacidade das cadeias de suprimento (GAMMELGAARD; NOWICKA, 2023).

Karakaya e Akleylek (2021) apontam que, mesmo que a CC seja uma plataforma competente para atender ao conteúdo em um ambiente compartilhado, ela apresenta algumas restrições quando se trata de aplicativos que exigem mobilidade, baixa latência em localidades remotas com restrições de largura de banda e necessidade de manter a confidencialidade dos dados. A partir desta necessidade, surgiu uma nova solução conhecida como Fog Computing, ou computação em névoa, para atender aos requisitos citados.

Ainda que o uso de computação assegure as empresas de perdas de dados, como ocorre em casos de servidores físicos, Daoud *et al.* (2021) apontam que algumas fragilidades podem decorrer em riscos da plataforma de névoa, visto que, alguns dados pontuais necessitam ser temporariamente distribuídos em diversos nós de névoa, aumentando a vulnerabilidade da rede à ataques maliciosos.

Além disso, La *et al.* (2021), mencionam que a plataforma de névoa desperta grande interesse entre cibercriminosos devido ao seu intenso fluxo de dados e à capacidade de acessar informações proveniente da nuvem. Por fim, uma vez que os nós da névoa estão dispersos por extensas áreas, o comprometimento de um deles, poderá servir de ponto de entrada para invasores. Para solucionar problemas relacionados a ciberataques, Daoud *et al.* (2023), propõe uma abordagem de identificação de comportamentos atípicos e, em seguida, prevenção de ocorrências de ações ilegítimas decorrentes de falhas.

2.4 Lean

A definição de enxuto segundo Jaca *et al.* (2020), refere-se à diminuição de atividades excessivas e transportes abundantes, conservando a excelência no atendimento aos consumidores. No que se refere ao à armazenagem, a perspectiva de Swart (2015) é que, ainda que o armazenamento não agregue valor diretamente, é essencial para assegurar que as demandas dos clientes sejam atendidas. Nesse contexto, surge a necessidade de otimização das operações de armazenagem, visando a redução de desperdícios.

Conforme citado por De Visser (2014), a implementação Lean de armazenagem pode ser considerada como uma vantagem significativa para os armazéns. Desta forma, ao adotar

princípios e ferramentas enxutas, é possível otimizar o fluxo de armazenamento e alavancar o atendimento ao cliente. Em complemento, Mustafa (2015) aponta que, para uma implementação eficaz de Lean, é crucial um controle minucioso de estoque, diminuição nos tempos de respostas e disponibilidade de produtos diversificados, intensificando a qualidade e reduzindo os erros. Buonamico *et al.* (2017) menciona que, comumente, um significativo percentual de custos em operações logísticas decorrem de movimentações para armazenamento, e desta forma, acredita-se que as ferramentas do Lean tem muito a contribuir para o estudo.

2.5 Identificação por radiofrequência (RFID)

A Identificação por Radiofrequência (RFID) apresenta diversos benefícios para a cadeia de suprimentos, devido às suas características avançadas. Segundo Michael e McCathie (2005), entre os benefícios estão: a capacidade de identificação única de produtos, a facilitação da comunicação e o acesso a informações em tempo real. Além disso, o avanço fornecido pelo RFID pode ser evidenciado em diversos setores da cadeia de suprimentos, incluindo gerenciamento de armazéns, programação de produção, pedidos, controle de estoque e sistemas de gestão de ativos (MICHAEL E MCCATHIE, 2005).

Ferrer, Dew e Apte (2010) examinaram 21 aplicações de RFID em indústrias, e sua análise revelou quatro benefícios comuns: automação que substitui a mão de obra, diminuição no tempo de ciclo, facilitação do autoatendimento e prevenção de perdas. Logo, por meio desses benefícios, foi constatado que as tecnologias RFID podem resultar em redução de custo, aumento de receita, aprimoramento de processos e melhoria da qualidade de serviço. Outro benefício, que pode ser gerado por essa tecnologia, é a redução de custos em mão de obra, decorrendo, também, no aumento da eficiência em todas as partes da cadeia de suprimentos (CHEN; CHENG; HUANG, 2013).

Uma maneira de implementação dessa tecnologia, descrita por Chen, Cheng e Huang (2013), pode ser por meio de etiquetas RFID reutilizáveis em paletes ou caixas, onde cada doca de recebimento e expedição possui um leitor de RFID que identifica as remessas e transmite os dados em tempo real ao Sistema de Armazém (WMS) por meio da rede Ethernet. Sem essa tecnologia, os dados são coletados manualmente, utilizando o código de barras tradicional. Segundo Chen, Cheng e Huang (2013), a capacidade de um leitor RFID em ler diversas etiquetas simultaneamente, quando estão acondicionadas em caixas e paletes, é uma das principais vantagens dessa tecnologia. No entanto, essa capacidade também representa um

desafio, uma vez que não há garantia de atingir uma taxa de leitura de 100%, devido à interferência de radiofrequência e à presença de blindagem metálica.

3. Procedimentos metodológicos

O presente estudo adotou uma abordagem exploratória, focalizando o impacto da implementação de tecnologias no contexto do *Cross Docking*. Além disso, o estudo possui um viés qualitativo, concentrando-se na coleta e análise de dados não numéricos para obter uma compreensão mais aprofundada e contextualizada do fenômeno em questão. Para uma investigação mais aprofundada em um contexto real, optou-se pelo método de estudo de caso.

Na fase inicial da coleta de dados, foi conduzida uma pesquisa de revisão da literatura para explorar a implementação de tecnologias para otimizar o transporte logístico. A busca de artigos foi realizada em periódicos e conferências disponíveis nas bases de dados Scopus e ScienceDirect. As palavras-chave usadas para a busca foram: (i) *Cross Docking*, (ii) tecnologia, (iii) Lean, Blockchain, (iv) Computação em nuvem e (v) RFID. A busca se deu por meio da combinação da palavra *Cross Docking* com cada uma das outras palavras informadas.

A empresa escolhida como objeto de estudo de caso está situada na cidade de Rio Grande, Rio Grande do Sul, e atua desde 2016 como operador logístico. Tal empresa, possui como atividade principal a execução, o controle e o gerenciamento de operações. Dentre as atividades estão: movimentação de cargas, carregamento e descarga de carretas, estufagem e desova de containers, armazenagem, inspeção de cargas, e todas as operações são realizadas sem o amparo de tecnologias.

O levantamento dos dados, para mapear a situação atual da empresa no que se refere ao *Cross Docking* foi realizado a partir de observação direta durante o acompanhamento de uma operação no terminal da empresa. Foi elaborado um roteiro de observação, analisando os seguintes aspectos: (i) Funcionalidade da estrutura do terminal; (ii) Controle de entrada e saída de carga; (iii) Controle de carregamento; (iv) Tempo de operação, considerando o tamanho do container; (v) Quantidade de mão de obra (ex: mão de obra extra); (vi) Amparo de tecnologias na operação; (vii) Dificuldade e limitações.

Os dados coletados durante a observação da operação foram analisados, possibilitando a proposição de otimização do *Cross Docking* através de tecnologias, baseada na situação atual

da empresa e dos dados encontrados na literatura. Também, foi elaborado o mapeamento do fluxo atual e futuro para validação dos benefícios decorridos da utilização de tecnologias e princípios Lean.

4. Resultados

Esta seção apresenta de maneira clara e objetiva as considerações resultantes da pesquisa

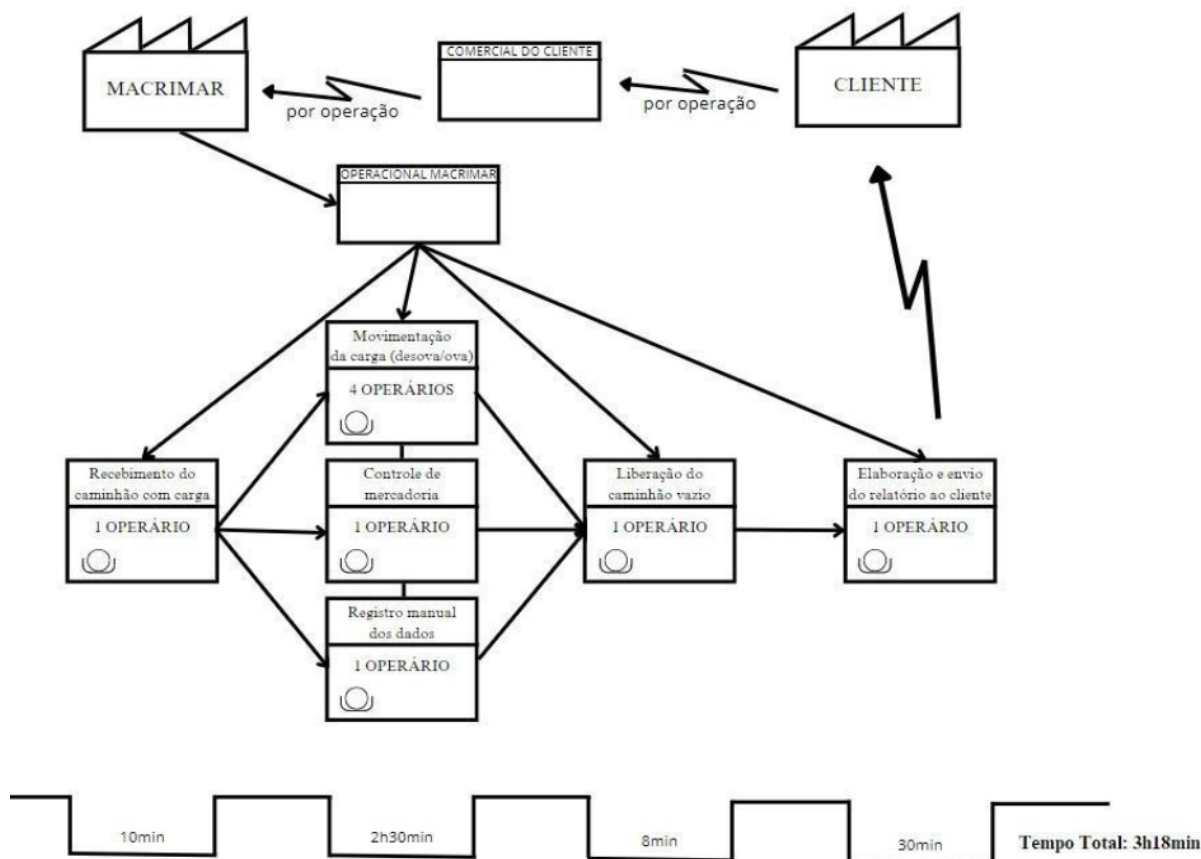
4.1 Observação da operação atual de *Cross Docking*

O objetivo da observação do fluxo de valor atual, foi contextualizar o ambiente estudado e promover resultados mais eficazes e personalizados na formulação da proposta do Projeto, de acordo com as características da empresa. Durante esta etapa, foram analisados aspectos como: detalhamento da operação; controle de carga e respectivas informações; mão de obra; etapas onde podem ser implementadas as tecnologias estudadas; limitações e dificuldades nas operações.

4.2 Mapeamento do Fluxo Atual

Para uma melhor visualização da operação, foi criado um mapa do fluxo atual, utilizando a ferramenta Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV). A elaboração do mapeamento facilitou a identificação das etapas da operação que podem ser otimizadas com a implementação de tecnologias e princípios Lean. O mapa do estado atual pode ser visto na Figura 1.

Figura 1 - Mapa do fluxo atual



Fonte: autor (2024)

Conforme verificado, o caminhão carregado é posicionado, estrategicamente, na porta do container minimizando a distância que a carga percorre, com o objetivo de agilizar o processo de *Cross Docking*. Apesar dessa ação, a otimização plena não é alcançada devido à execução dos procedimentos envolvidos, onde um operário fica posicionado no caminhão e passa os volumes para outros quatro operários, os quais carregam os itens até o container. Durante o processo atual de fluxo de valor, há uma perda significativa de tempo, isso ocorre porque os operários precisam acomodar os volumes no ombro para garantir a segurança da mercadoria durante o deslocamento. Além disso, os controles e registros durante o *Cross Docking* são feitos de forma manual, sem apoio tecnológico. Durante o descarregamento, um funcionário é encarregado da contagem dos volumes, dependendo exclusivamente de sua atenção, o que aumenta o risco de erros, considerando que ele também registra a operação em vídeo e fotos.

Na análise do controle e registro de dados operacionais, destaca-se uma perda significativa de tempo na transição de registros em papel para o formato digital. Essa etapa é crucial para compilar os dados relevantes da operação, destinados ao cliente. Ademais, o relatório só é disponibilizado após a conclusão da estufagem do container, limitando o acesso do cliente às informações em tempo real e prejudicando a transparência do processo.

Notou-se que as dificuldades e limitações incluem a restrição na possibilidade de operações simultâneas de Cross Docking para clientes distintos, devido à movimentação manual da carga, que depende da disponibilidade de trabalhadores adicionais nas datas de operação condicionais pelos clientes. Além disso, na Figura 2, foram detalhadas as etapas do processo de Cross Docking na empresa do presente estudo, juntamente com sugestões de otimização por meio da implementação de tecnologias e princípios de Lean.

Figura 2 - Análise das etapas do *Cross Docking* e sugestões de otimização

Nome da etapa atual	Tempo atual	Sugestão de otimização	Tempo Futuro	Tempo Reduzido	Percentual de otimização (%)
Descarga do caminhão / estufagem do container (simultaneamente)	2h30min	Esteira transportadora (princípios Lean)	01h00min	01h30min	60%
Controle dos volumes	2h30min	RFID	Em tempo real via RFID	Redução integral	Otimização integral
Registro de dados manual	2h30min	Blockchain	10min	02h20min	93,30%
Envio de relatório da operação ao cliente	Após a estufagem	Blockchain	Atualização em tempo real via Blockchain	Redução integral	Otimização integral

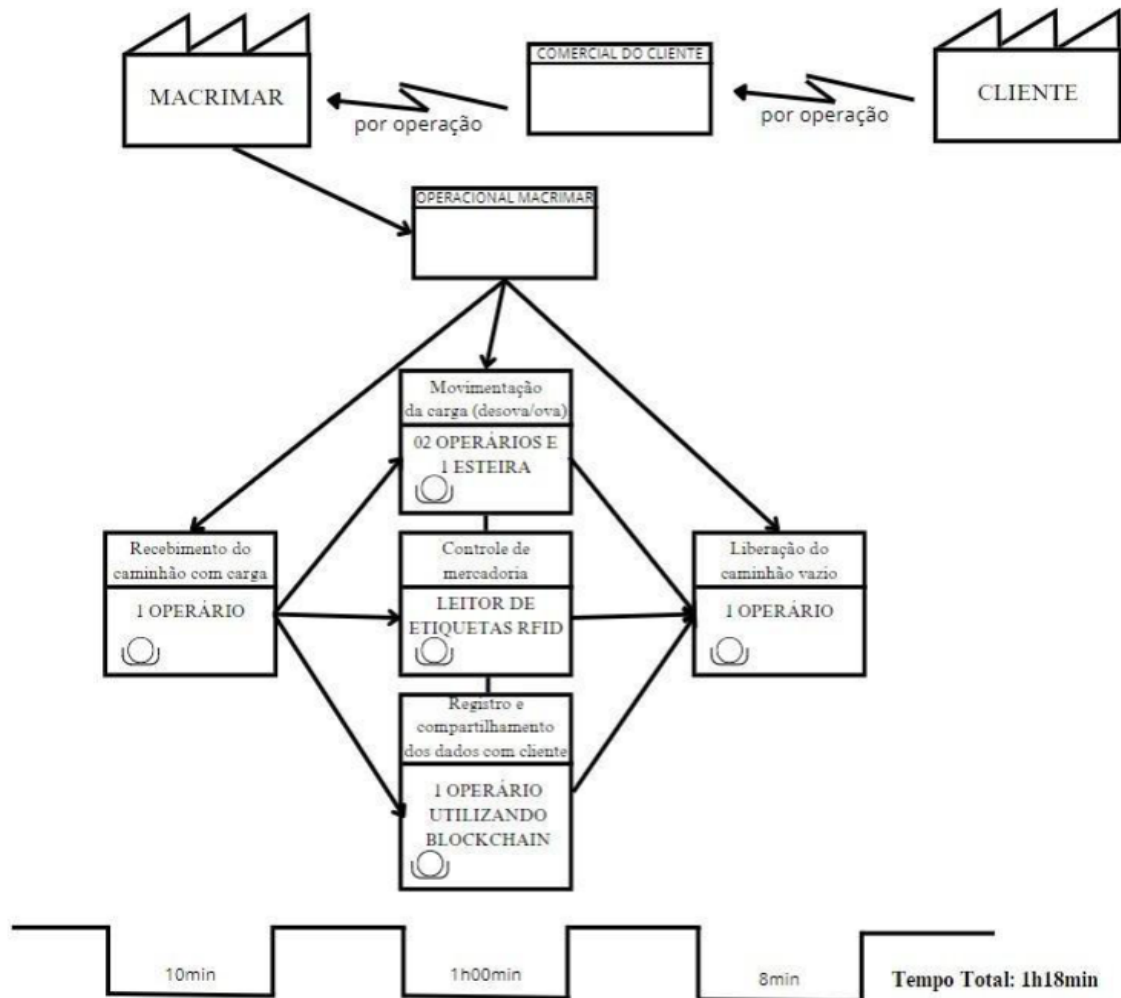
Fonte: Autor (2024)

As sugestões propostas foram feitas levando em consideração o mapeamento do fluxo de valor atual e as características específicas de cada tecnologia estudada, visando atingir a otimização de processos-chave a partir dos benefícios singulares de cada tecnologia, assim como, dos princípios de processo enxuto. Os benefícios das sugestões propostas serão apresentados no tópico a seguir.

4.3 Mapeamento do Fluxo Futuro

Com base nas tecnologias sugeridas no Figura 2, foi elaborado um mapeamento do fluxo como proposta de otimização do Cross Docking. Este mapeamento abrange todas as etapas e os processos-chave onde podem ser implementadas as tecnologias Blockchain e Etiquetas de Radiofrequência, assim como princípios Lean. Com isso, foi possível esboçar um cenário futuro, delineando as interações entre os procedimentos e tecnologias ao longo do fluxo. Na Figura 3, pode ser visto o mapeamento do fluxo futuro, com a implementação de Blockchain, Etiquetas de Radiofrequência e princípios Lean.

Figura 3 - Mapa do fluxo futuro



Fonte: Autor (2024)

Baseada nos princípios do Lean Manufacturing, foi proposta uma otimização para as movimentações de descarga do caminhão e estufagem do contêiner, simultaneamente, onde sugeriu-se a implementação de uma esteira transportadora, conforme mostrado na Figura 4. O uso dessa esteira não apenas diminuiu o tempo de operação em 60%, mas também reduziu a necessidade de mão de obra, passando de 05 (cinco) para 02 (dois) operários. Essas reduções, além de minimizar custos, geram aumento na produtividade.

Figura 4 - Modelo de esteira transportadora



Fonte: Demakine (2023)

Além da agilidade na movimentação da carga, por meio da utilização da esteira, sugeriu-se adotar etiquetas de identificação por radiofrequência nas sacarias. Ao passar os volumes pela esteira, o leitor de RFID realiza a contagem, sem a necessidade de um operário extra. Tal implementação, não apenas reduz a dependência de mão de obra, mas também garante maior confiabilidade na contabilização dos volumes.

Outra tecnologia proposta foi o Blockchain, como demonstrado neste estudo, otimiza a troca de dados e informações entre as partes envolvidas. Neste contexto, a sugestão é compartilhar informações entre a empresa responsável pelo serviço de Cross Docking e o cliente. Os benefícios do Blockchain incluem agilidade, segurança e transparência dos dados, resultando na otimização de fluxos que atualmente são realizados manualmente, como a transferência de informações da operação do papel para o computador.

5. Discussões

Ao iniciar a discussão sobre o estudo, é importante ressaltar que a proposta de pesquisa ainda carece de exploração no âmbito logístico brasileiro e, igualmente, na literatura existente. Portanto, o objetivo deste estudo consistiu em examinar as potenciais contribuições decorrentes da aplicação de tecnologias e dos princípios do Lean na otimização da logística de mercadorias.

Uma das tecnologias sugeridas no presente estudo foi Blockchain, visando maior agilidade no registro dos dados e, também, compartilhamento mais ágil. Essas considerações também são encontradas na literatura, onde Lawrence (2019) identifica que a adoção de Blockchain tem muito a contribuir, pois, além de fornecer segurança, também garante transparência. Ainda segundo ele, esse caráter imutável da tecnologia gera maior confiabilidade aos usuários da rede de que as transições serão realizadas com precisão, eliminando a necessidade de um terceiro supervisionar.

Segundo Chen, Cheng e Huang (2013) que estudou a gestão de armazéns com aplicação de Lean e RFID, o tempo total de operação do estágio atual ao estágio futuro apenas com Lean pode ser economizado em 79% e, com maior integração do RFID ao Lean, o tempo total de operação pode ser economizado em 87%. Em comparação ao estudo aqui proposto, na operação de *Cross Docking*, a utilização de maquinário seguindo princípios de Lean reduziu o tempo de operação em 1h30min, gerando 150% de otimização do tempo de descarga do caminhão e estufagem do container. No que se refere a implementação de RFID

(Identificação por Radiofrequência) na operação estudada, o uso dessa tecnologia possibilitou uma otimização integral da etapa, pois, ao invés de utilizar um operário anotando dados durante o tempo total do processo, o leitor RFID computa em tempo real a contagem das mercadorias.

As tecnologias de Computação em Nuvem e em Névoa não foram sugeridas para utilização no presente estudo, visto que, conforme citado por Karakaya and Akleylek (2021), apresentam certas limitações ao lidar com aplicativos que requerem mobilidade, baixa latência em áreas remotas com restrições de largura de banda e a necessidade de preservar a confidencialidade dos dados. Logo, tornou-se inviável a utilização no caso estudado.

A definição da escolha das tecnologias e princípios Lean considerados para a proposta de Mapeamento de Fluxo de Valor Futuro foi elaborada com base na operação em que é realizada atualmente e análise dos possíveis processos-chave que podem ser otimizados considerando suas características e etapas.

6. Considerações finais

O objetivo da presente pesquisa foi propor a implementação de tecnologias digitais avançadas como maneira de otimizar o Cross Docking em uma empresa de transportes logísticos. Apesar do Cross Docking reduzir movimentos excessivos e tempo de operação, seus benefícios são limitados sem o suporte de tecnologias. Logo, identificou-se a carência de uma pesquisa para analisar essa possível cooperação.

Por meio de uma revisão sistemática de literatura, conduzida junto a base da Scopus, buscou-se estudos que abordassem o uso de tecnologias e Lean nas operações de Cross Docking. Na análise desses estudos, foram examinadas suas implementações e os resultados obtidos, norteando a seleção das tecnologias a serem investigadas neste trabalho.

Posterior a isso, elaborou-se o mapeamento do fluxo atual. Este foi realizado a partir da observação direta do procedimento de Cross Docking. Para esse fim, utilizou-se um roteiro de observação como ferramenta orientadora para analisar os aspectos operacionais. Após a observação, foi criado o mapeamento do fluxo de valor atual (figuras 1 e 2) para identificar etapas propícias à implementação de tecnologias e princípios Lean, oferecendo sugestões específicas para cada fase. Diante a isso, realizou-se o mapeamento do processo futuro, com base na análise das etapas do Cross Docking e das sugestões de otimização apresentadas no

quadro 4. Esse mapeamento delineou possíveis melhorias tanto na movimentação de mercadorias quanto na gestão dos dados pertinentes ao processo, e também apontou a otimização do tempo de operação.

Como limitação no estudo, a revisão sistemática da literatura apresentou uma quantidade limitada de pesquisas publicadas relacionadas à logística *Cross Docking* com amparo de tecnologia. Do mesmo modo, mostrou-se limitada sobre princípios de Lean em armazéns no Brasil. Sugere-se como área de estudo futuro a análise e propostas de otimização das operações logísticas, com foco no impacto da adoção de tecnologias e Lean Manufacturing (processo enxuto) nos armazéns brasileiros. Este nicho carece de estudos aprofundados atualmente, visto que há lacunas com necessidades latentes de estudo. Além disso, é recomendada uma análise dos benefícios financeiros a partir dessa otimização.

Como contribuições teóricas, a presente pesquisa oferece a validação dos benefícios do uso de tecnologias e processos enxutos em diversos setores, bem como introduz uma nova abordagem da cooperação entre *Cross Docking* e uso de tecnologias no setor logístico. Também, aponta lacunas para pesquisas futuras. Já no que refere-se às contribuições práticas, oferece orientação para execuções melhores no processo de *Cross Docking*, possibilitando a aplicação prática dos resultados da pesquisa, bem como, fornecimento de dados e análises que possam embasar decisões estratégicas em outras empresas ou estudos futuros.

7. Referências

- BUONAMICO, N., MULLER, L., CAMARGO, M. **A new fuzzy logic-based metric to measure lean warehousing performance.** Supply Chain Forum 18(2), pp. 96-111. (2017)
- CHEN, J. C., CHENG, C. H., HUANG, P. B., WANG, K. J., HUANG, C. J., & TING, T. C.. **Warehouse management with lean and RFID application: a case study.** The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, v. 69, p. 531-542, 2013.
- COTA, P. M., NOGUEIRA, T. H., JUAN, A. A., & RAVETTI, M. G. **Integrating vehicle scheduling and open routing decisions in a cross-docking center with multiple docks.** Computers & Industrial Engineering, 164, Article 107869. (2022)
- DAOUD, W. B., OTHMEN, S., HAMDI, M., KHDHIR, R., & HAMAM, H. **Fog computing network security based on resources management.** EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking, 2023(1), 1-18.

DAOUD, W. B., REKIK, M., MEDDEB-MAKHLOUF, A., ZARAI, F., & MAHFOUDHI, S.. **SACP: Secure Access Control Protocol**. In 2021 International Wireless Communications and Mobile Computing (IWCMC) (pp. 935-941). IEEE. (2021)

De VISSER, J. J., **Lean in the warehouse**. Rotterdam, Holanda, 2014.

DELFMANN, W., JAEKEL, F.. **The cloud-logistics for the future? discussionpaper**. German Logistics Association-BVL International, Ed, 2012.

DUMA, L., OROSZ, I., Information technology systems in logistics and roles of ERPs. In: **2012 IEEE 13th International Symposium on Computational Intelligence and Informatics (CINTI)**. IEEE, 2012. p. 115-121.

FERRER, G., DEW, N.,; APTE, U.. **When is RFID right for your service?**. International Journal of Production Economics, v. 124, n. 2, p. 414-425, 2010.

GAMMELGAARD, B., NOWICKA, K. **Next generation supply chain management: the impact of cloud computing**. Journal of Enterprise Information Management (2023)

GRULER, A., PANADERO, J., de ARMAS, J., MORENO, J. A., & JUAN, A. A. **Combining variable neighborhood search with simulation for the inventory routing problem with stochastic demands and stock-outs**. Computers & Industrial Engineering, 123, 278–288. (2018).

HERMEL, D. , HASHEMINIA, H. , ADLER, N. , FRY, MJ. **A solution framework for the multi-mode resource-constrained cross-dock scheduling problem**. Omega, 59, 157–170. (2016).

HOLLINS, S.. **Bitcoin para iniciantes: O guia definitivo para aprender e usar bitcoin. Crie uma carteira, compre bitcoin, aprenda o que é blockchain e a mineração de bitcoin**. E-book. (2018).

JACA, C., SANTOS, J., ERRASTI, A., & VILES, E., **Lean thinking with improvement teams in retail distribution: a case study**. Total Quality Management & Business Excellence, v. 23, n. 3-4, p. 449-465, 2012.

KARAKAYA, A., AKLEYLEK, S.,. A novel IoT-based health and tactical analysis model with fog computing. **PeerJ Computer Science**, v. 7, p. e342, 2021.

LADIER, A.L.; ALPAN, G. **Cross-Docking operations: Current research versus industry practice**. Omega 62, 145–162. (2016)

LAWRENCE, S.. **Os segredos do blockchain: o guia definitivo de negócios para dominar o blockchain, bitcoin, criptomoedas, mineração e o futuro da internet**. E-book. (2019).

LIU, T., LI, D. **Study on the new implementation mode of cross-docking based on blockchain technology**. Computers & Industrial Engineering, 180, Article 109249. (2023).

MAURI, T.. **Blockchain, smart contract e moedas digitais para negócios**. 5th G.T. Ebook. (2019).

MAVI, RK., GOH, M., MAVI, NK., JIE, F., BROWN, K., BIERMANN, S., KHANFAR, AA. **Cross-docking: A systematic literature review**. Sustainability 12 (11), 4789. (2020).

MICHAEL, K., MCCATHIE, L.. **The pros and cons of RFID in supply chain management.** In: International Conference on Mobile Business (ICMB'05). IEEE, 2005. p. 623-629.

MOLAVI, D. , SHAHMARDAN, A. , SAJADIEH, MS. **Truck scheduling in a *cross docking* systems with fixed due dates and shipment sorting.** Computers & Industrial Engineering, 177 29-40. (2018).

MUSTAFA, M.S., **A theoretical model of lean warehousing.** Politecnico di Torino, Torino, doi, v. 10, p. 6092, 2015.

SANTOS, C., PRATA, D. N.; ARAUJO, H. X. **Fundamentos da Tecnologia Blockchain.** E-book.(2019).

SWART, A.D. **The current understanding of lean warehousing principles in a third party logistics provider in South Africa.** Doctoral dissertation. University of the Witwatersrand, Faculty of Engineering and the Built Environment, School of Mechanical, Industrial & Aeronautical Engineering. (2015).

ZHAO, G., SHEN, Z.. **Supply chain platform as a service: a cloud perspective on business collaboration.** International Journal of Information Technology, 16(3), 3. (2010).