

PROPOSTA DE IMPLEMENTAÇÃO DE TECNOLOGIAS DA INDÚSTRIA 4.0 EM UMA PRODUÇÃO ALIMENTÍCIA UTILIZANDO O MAPEAMENTO DE FLUXO DE VALOR

PROPOSAL FOR IMPLEMENTING INDUSTRY 4.0 TECHNOLOGIES IN FOOD PRODUCTION USING VALUE STREAM MAPPING

Laura Alessio*  E-mail: laurallaessio@gmail.com
Letícia Moreira Sinkere*  E-mail: leticiamoreirasinkere@gmail.com
Bárbara Bruna de Souza*  E-mail: barbara.b07@aluno.ifsc.edu.br
Danilo Ribamar Sá Ribeiro**  E-mail: danilo_saribeiro@hotmail.com

*Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), Caçador, SC, Brasil.

**Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTPR), Medianeira, PR, Brasil.

Resumo: As empresas do setor alimentício desempenham um papel fundamental na economia brasileira e na sociedade em geral, sendo responsáveis por fornecer alimentos essenciais para a população. Diante desse contexto dinâmico, elas estão continuamente buscando maneiras inovadoras de aprimorar seus processos de produção, embalagem e distribuição. Essa busca incessante por melhorias tem impulsionado avanços tecnológicos e inovações significativas na indústria de alimentos, beneficiando tanto os consumidores quanto outras indústrias relacionadas. Nesse cenário, a Indústria 4.0 surge como uma fonte promissora de tecnologias e estratégias inovadoras, capazes de aprimorar a eficiência, qualidade e sustentabilidade das operações alimentícias. Com base nessa perspectiva, o objetivo principal deste estudo foi identificar áreas de aprimoramento e propor o uso de tecnologias da Indústria 4.0 em uma empresa de produção de massas em Santa Catarina. O artigo investiga especificamente a aplicação do Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV) como uma ferramenta estratégica para propor a implementação dessas tecnologias. Os resultados do estudo demonstram que a adoção dessas tecnologias pode resultar em aumento da eficiência operacional, redução de desperdícios e aprimoramento da qualidade dos produtos. Assim, este trabalho contribui tanto para a expansão do conhecimento teórico sobre a integração da Indústria 4.0 em processos manuais quanto para oferecer orientações práticas para empresas que buscam modernizar suas operações na indústria alimentícia.

Palavras-chave: Indústria 4.0. Mapeamento de fluxo de valor. Indústria alimentícia. Produção manual.

Abstract: Companies in the food sector play a fundamental role in the Brazilian economy and society by providing essential food products. In this dynamic context, they continually seek innovative ways to improve production, packaging, and distribution processes. This relentless pursuit of improvement has driven significant technological advances and innovations in the food industry, benefiting both consumers and related industries. Industry 4.0 has emerged as a promising source of innovative technologies and strategies capable of enhancing the efficiency, quality, and sustainability of food operations. This study aims to identify areas for improvement and propose the use of Industry 4.0 technologies in a pasta production company in Santa Catarina. Specifically, it investigates the application of Value Stream Mapping (VSM) as a strategic tool for implementing these technologies. The results demonstrate that adopting these technologies can increase operational efficiency, reduce waste, and improve product quality. Thus, this work contributes to expanding theoretical knowledge

about integrating Industry 4.0 into manual processes and offers practical guidance for companies seeking to modernize their processes.

Keywords: Industry 4.0. Value stream mapping. Food industry. Manual production.

1 INTRODUÇÃO

Em um ambiente empresarial dinâmico e competitivo, as organizações devem estar sempre atentas às mudanças do mercado, bem como ao ambiente interno, como o processo produtivo e suas inter-relações (Ribeiro *et al.*, 2019; Souza; Ferenhof; Forcellini, 2022).

Nesse contexto, a Indústria 4.0 surge como uma resposta inovadora, representando a interconexão de funcionários, máquinas, pedidos, fornecedores, clientes e dispositivos eletrônicos com Internet das Coisas (IoT) para construir ecossistemas inteligentes em ambientes fabris, com Sistemas Ciberfísicos ao promover a eficiência na gestão de informações e controle para estes processos (RIBEIRO *et al.*, 2019). Esta revolução na produção promove a coleta e análise de dados muito eficientes em diferentes máquinas e equipamentos, permitindo processos de produção e de negócio muito mais rápidos e eficientes (Konur *et al.*, 2023; Ribeiro *et al.*, 2023).

Aproveitar os facilitadores da tecnologia da Indústria 4.0 na produção de alimentos, foco de estudo deste artigo, pode aumentar a resiliência, a agilidade, a transparência e a garantia do produto, especialmente em resposta às demandas dinâmicas dos clientes e às pressões do mercado global (Bakalis *et al.*, 2022).

Embora isto seja mais fácil de conseguir em grandes empresas, nem sempre é uma solução viável para as Pequenas e Médias Empresas (PMEs) devido à enorme barreira financeira resultante do tamanho do investimento necessário. Este é um problema muito comum, especialmente na indústria alimentícia (Konur *et al.*, 2023). Ainda, segundo Aires, Moreira e Freire (2017), a indústria brasileira está em um processo de transição entre a Segunda e a Terceira Revoluções Industriais. Nesse contexto, destaca-se que o setor automotivo se encontra mais avançado em relação à adoção de tecnologias da Indústria 4.0. Para superar essa disparidade, é essencial promover um aumento significativo na aplicação da digitalização, o que pode impulsionar a economia nacional. Essa tendência sugere uma predisposição favorável para a adoção generalizada de tecnologias da Indústria 4.0 no cenário brasileiro.

Para auxiliar nessa questão, pode ser utilizado um Mapa de Fluxo de Valor (MFV), onde será possível identificar desperdícios, ou seja, processos que não agregam valor ao processo e ao produto acabado (Rother; Shook, 2003; Tripathi *et al.*, 2021). Segundo Rother e Shook (2003), o MFV auxilia não só os processos individuais e minimizar partes, mas o todo. Murayama, Reston Filho e Cardoso (2017) indicam que o MFV está intrinsecamente atrelado à Indústria 4.0 por permitir a virtualização do produto e serviços, produção, fornecimento, consumo e negócios. Integrar as tecnologias da Indústria 4.0 nas diretrizes para projetar um fluxo de valor enxuto pode permitir a superação das barreiras existentes enquanto impulsiona as empresas a obter resultados de desempenho superiores (Ribeiro *et al.*, 2023; Tortorella *et al.*, 2020).

Em vista da contextualização apresentada, do problema e da pergunta de pesquisa definidos, determinou-se os seguintes objetivos geral e específicos. Este manuscrito tem como objetivo geral propor tecnologias da Indústria 4.0 para modernizar e otimizar os processos produtivos de uma empresa do setor alimentício, visando a aumento da eficiência, aumento da padronização da produção, redução do tempo de preparo, redução de desperdícios e melhoria da qualidade dos produtos. A partir do objetivo geral, estabelecem-se os seguintes objetivos específicos, que têm base na perspectiva sistêmica do problema: (i) Identificar os processos de produção que podem ser otimizados por meio da integração de tecnologias da Indústria 4.0; (ii) Realizar um mapeamento detalhado do fluxo de valor atual, identificando gargalos, tempos de ciclo e pontos de desperdício; (iii) Propor um plano de implementação, para conduzir uma aplicação bem-sucedida das melhorias propostas.

Com base nisso, neste presente artigo, foi realizado um MFV em uma empresa de massas em Santa Catarina, onde foi analisado todo o processo produtivo de trabalho, sendo dividido em dois turnos. Com essa análise, foi possível identificar processos que os tornavam longos e cansativos, e assim, criar um mapa do estado futuro para essa empresa, focando em melhorias de processo.

Essas melhorias no sistema se baseiam nas tecnologias da indústria 4.0, que auxiliam o processo a se tornar cada vez melhor, maximizando recursos, economizando energia, padronizando, além do processo ser automatizado. Com o foco nesses desperdícios/problemas e sugerindo novas alternativas, espera-se uma redução desses tais desperdícios (Rother; Harris, 2001). Além do mais, o processo vai estar atualizado, e inclinado a obter mais lucro.

O artigo está estruturado da seguinte maneira: a Seção 2 aborda a aplicação da Indústria 4.0 na indústria de alimentos. A Seção 3 detalha os métodos empregados neste estudo. A Seção 4 apresenta os resultados obtidos. A Seção 5 discute os achados do estudo. Por fim, a Seção 6 conclui o artigo, destacando suas implicações práticas e gerenciais, além apresentar as limitações e oferecer sugestões para pesquisas futuras.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste momento, apresentam-se a fundamentação teórica do trabalho, a metodologia, os resultados e a discussão. O texto poderá ser dividido em seções e subseções, conforme exemplo a seguir.

2.1 Indústria 4.0 na produção de alimentos

A Indústria 4.0, parte da Quarta Revolução Industrial, integra tecnologias avançadas para melhorar e automatizar processos industriais. Essa abordagem promove eficiência, precisão, padronização e agilidade, facilitando a manutenção da produtividade, lucratividade e sustentabilidade (Santos *et al.*, 2018). De acordo com Nikolic, Mujcinovic e Boskovic (2022), a Indústria 4.0 permite uma boa relação custo-benefício, integridade de dados e rastreabilidade em alimentos, além de oferecer tolerância a falhas, imutabilidade, confiança e transparência.

As tecnologias da Indústria 4.0 impactaram significativamente o setor de alimentos ao introduzir avanços como aprendizado de máquina, Internet das Coisas (IoT), Sistemas Ciberfísicos e Big Data (Rahaman; Batcha, 2023). Essas tecnologias têm sido fundamentais para aprimorar vários aspectos da indústria de alimentos, incluindo tecnologia de alimentos, agricultura (*AgTech*) e gerenciamento da cadeia de suprimentos de alimentos (Arditi *et al.*, 2023; Shukla; Moghe, 2023). Ao aproveitar ferramentas como a Internet das Coisas e o *Blockchain*, a Indústria 4.0 facilitou a transparência, a rastreabilidade, a otimização de processos e a redução de desperdício nas cadeias de abastecimento de alimentos, mostrando o impacto significativo dessas tecnologias no aumento da sustentabilidade na indústria de alimentos.

A integração da Indústria 4.0 no setor de alimentos leva a melhorias na eficiência operacional, detecção de defeitos em embalagens de alimentos,

sustentabilidade nas cadeias de abastecimento de alimentos e transparência e rastreabilidade nas cadeias de suprimentos agroalimentares (Derakhti; Gonzalez; Mardani, 2023; Quiroz-Flores *et al.*, 2024). Apesar disso, a indústria de alimentos vem se adaptando gradualmente à Indústria 4.0, incorporando essas tecnologias para superar desafios na cadeia de suprimentos, como rastreabilidade, transporte e embalagem (Lahane; Paliwal; Kant, 2023) e para aumentar a produtividade e a flexibilidade (Rahaman; Batcha, 2023).

No entanto, barreiras como aspectos organizacionais, estratégicos e sociais têm impedido a implementação completa da Indústria 4.0 neste setor, com a percepção e o comprometimento da alta gerência desempenhando papéis cruciais na superação desses obstáculos (Ghildiyal *et al.*, 2022). Outro ponto importante a se mencionar, é o fato de que PMEs enfrentam desafios devido aos altos custos e ao pessoal não qualificado (Konur *et al.*, 2023). Muitas PMEs ainda realizam a produção manual de alimentos, e esses fabricantes tradicionais estão enfrentando desafios na adoção da Indústria 4.0 devido a máquinas desatualizadas. Contudo, soluções inovadoras, como sistemas inteligentes de controle de produção que utilizam IA, aprendizado de máquina e IoT, estão sendo desenvolvidas para integrar novas tecnologias sem substituir completamente os equipamentos antigos (Ten; Shafie; Abdul Rani, 2023).

3 MÉTODOS

Nesta seção, são detalhados os métodos empregados neste estudo, incluindo a utilização da ferramenta MFV e o estabelecimento do estudo de caso.

3.1 Mapeamento do Fluxo de Valor

O Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV), desenvolvido por John Shook e Mike Rother e detalhado no livro "Aprendendo a Enxergar", é uma ferramenta que utiliza mapas para visualizar e analisar processos produtivos, permitindo a identificação de desperdícios e gargalos (Ribeiro *et al.*, 2023; Tripathi *et al.*, 2021).

A escolha de famílias de produtos para o mapeamento visa diferenciar o que agrega valor do que não agrega. Com sua natureza visual, o MFV facilita a compreensão e discussão das etapas envolvidas, permitindo a identificação de

mudanças necessárias para otimizar a produção. Além disso, abrange informações essenciais, como dados de clientes e fornecedores, tempos de ciclo, *lead time* de produção, níveis de estoque, fases dos processos, conexões, fluxos de materiais, entre outros (Rother; Shook, 2003).

Essa abordagem fornece uma visão abrangente do sistema, permitindo análises aprofundadas e identificação de oportunidades para aprimorar a eficiência e reduzir desperdícios (Mendes *et al.*, 2021). A etapa subsequente envolve a análise pessoal do processo, cronometragem das etapas e identificação de desperdícios. Inicialmente, cria-se o mapa do estado atual e, posteriormente, avança-se para o mapa do estado futuro, que visa otimizar o processo e melhorar a eficiência, servindo como guia visual estratégico para a implementação de mudanças. Essa representação atua como um referencial para a equipe, facilitando a compreensão das metas e promovendo a colaboração na busca por uma operação mais enxuta e alinhada às necessidades dos clientes (Mendes *et al.*, 2021; Rother; Shook, 2003).

O MFV também é considerado benéfico para aumentar a eficácia dos sistemas de gestão do chão de fábrica ao usar tecnologias modernas na Indústria 4.0, tornando-os mais rápidos, ágeis e flexíveis (Tripathi *et al.*, 2021). A revisão de RIBEIRO *et al.* (2023) apresenta um portfólio de estudos com as principais adaptações do MFV tradicional, tais como o *Dynamic Value Stream Mapping* (DVSM) e o MFV 4.0. Em que o DVSM foca no desperdício de materiais, enquanto o VSM 4.0 foca no desperdício do fluxo de informações (Meudt; Metternich; Abele, 2017). Ainda, há autores que realizaram adaptação ou uma extensão do MFV tradicional, como é o caso do nosso estudo.

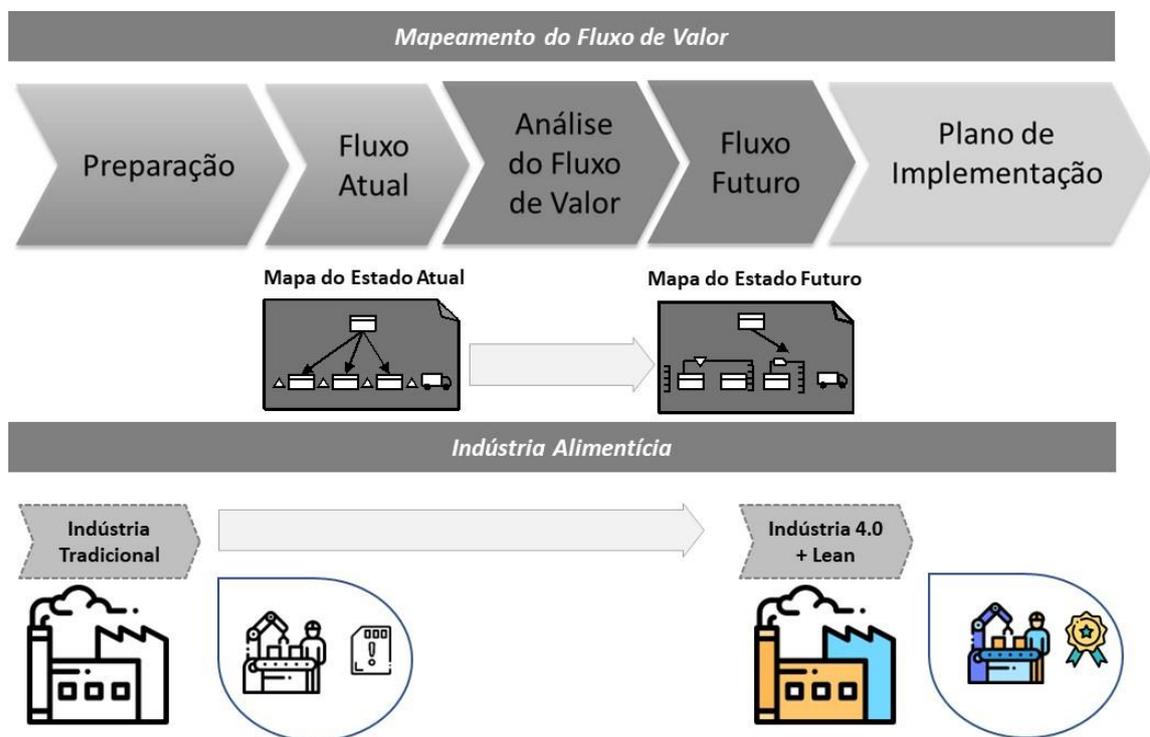
Na indústria de alimentos, integrar o MFV com as tecnologias da Indústria 4.0 é crucial para melhorar a sustentabilidade e a eficiência (Bega *et al.*, 2023). A implementação desta ferramenta permite a análise e a melhoria dos processos de produção, levando a uma maior produtividade e economia de custos (Wang; Rahardjo; Rovira, 2022).

3.2 Estudo de Caso

Esta pesquisa segue a metodologia de estudo de caso. De acordo com Miguel (2007), o estudo de caso é uma pesquisa bem detalhada sobre um ou poucos objetos, em que seu objetivo é entender o conjunto geralmente diversificado de dados do caso

concreto e, desta forma, retratá-lo com maior profundidade. Isto significa que, por meio deste método de pesquisa, é possível entender muito bem o contexto analisado. A metodologia deste estudo foi conduzida em quatro fases principais (Rother; Shook, 2003), conforme mostra a Figura 1. Essa metodologia foi escolhida para garantir uma abordagem sistemática e abrangente, capaz de identificar claramente os pontos de melhoria no processo produtivo atual e propor soluções eficazes baseadas nas tecnologias avançadas da Indústria 4.0.

Figura 1 – Etapas de condução da pesquisa



Fonte: Adaptado de Rother e Shook (2003), Werner *et al.* (2019) e Ribeiro *et al.* (2023).

Na primeira fase, intitulada Preparação, foram realizadas várias atividades fundamentais para estabelecer a base do estudo. Essas atividades incluíram a pesquisa sobre aplicações práticas das tecnologias da Indústria 4.0, a identificação de como o produto seria mapeado, a realização de visitas e entrevistas com os envolvidos no processo produtivo, coleta de dados, além da construção de um fluxograma detalhado do processo produtivo atual.

Na segunda fase, Representação do Fluxo Atual, o foco foi na criação de uma representação precisa do estado atual da organização. As principais atividades

envolveram a representação gráfica do fluxo atual, destacando cada etapa do processo produtivo da empresa estudada.

A terceira fase, Análise do Fluxo de Valor, envolveu uma análise aprofundada do estado atual para identificar os problemas e possíveis pontos de melhoria. As atividades incluíram a compreensão detalhada de como as operações ocorrem atualmente na empresa, a elaboração de um *checklist* para os três fluxos principais (informações, materiais e pessoas) e a síntese dos problemas e gargalos encontrados no fluxo atual.

Na quarta fase, Representação do Fluxo Futuro, foi desenvolvido um plano estratégico para a implementação das tecnologias da Indústria 4.0. As atividades principais incluíram a construção do mapa do estado futuro, incorporando as tecnologias da Indústria 4.0.

Na quinta e última fase, tem-se o desenvolvimento de um plano de ação que descreve como a organização ou setor planeja adotar e integrar essas tecnologias para melhorar suas operações e alcançar seus objetivos futuros.

4 RESULTADOS

Esta seção está estruturada nas seguintes subseções: o Processo a ser mapeado, que descreve o processo específico que será analisado; o Mapa do Estado Atual e sua Análise, onde é apresentado e analisado o estado atual do processo mapeado; o Mapa do Estado Futuro, que representa as melhorias propostas para o processo; e, por último, o Plano de Implementação, que detalha as etapas para a aplicação das melhorias identificadas.

4.1. Processo a ser mapeado

A empresa produz uma ampla variedade de produtos, abrangendo diversos tipos de massas e salgados. Entre os produtos de massa fresca, destacam-se opções como talharim e espaguete, além da fabricação de nhoque. Além disso, a empresa é especializada na produção de salgados variados, como folhados, coxinhas, pastéis, quibes, entre outros, que são especialmente indicados para eventos e festas. Os principais clientes são Mercarias, restaurantes, hotéis e pessoas físicas.

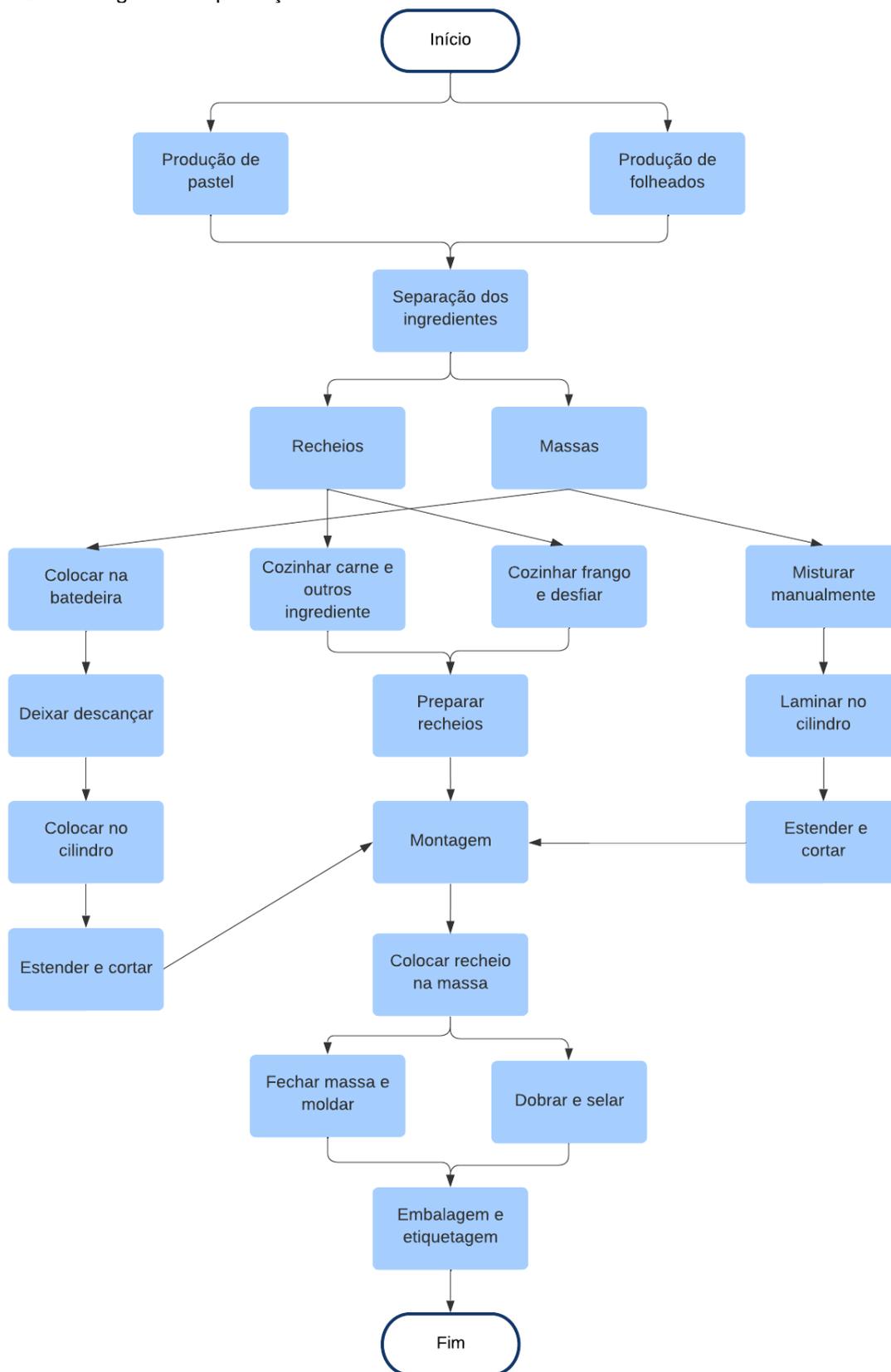
Contam com quatro funcionários próprios, sendo duas mulheres na produção e os dois gerentes. Um dos gerentes auxilia nas entregas. Além disso, há três

funcionários terceirizados, incluindo uma nutricionista, um entregador e uma pessoa responsável pelo controle financeiro. A programação diária da empresa é organizada um dia antes, seguindo um formato em que dois produtos distintos são produzidos ao longo do dia, um pela manhã e outro pela tarde. O horário de funcionamento da empresa ocorre durante o período comercial, com uma jornada de trabalho diária estabelecida em 8 horas e 48 minutos, incluindo 1 hora de intervalo para o almoço.

O foco principal deste trabalho consiste no estudo e mapeamento do processo de produção escolhido para a família de produtos do dia. Dessa forma, o processo é realizado diariamente, abrangendo dois tipos específicos de salgados fabricados pela empresa, a programação escolhida incluía a produção de pastéis e folheados. Durante um dia típico de trabalho, ocorrem dois processos de produção distintos: a fabricação de pastéis e folhados, conforme apresentado na Figura 2. A produção de pastéis tem início pela manhã, com a separação dos ingredientes tanto para a massa quanto para o recheio.

O processo de fabricação da massa e do recheio segue os seguintes passos: os ingredientes são adicionados à batedeira industrial; após o repouso da massa, esta é passada em um cilindro soador até alcançar a espessura desejada; e a massa é então estendida e cortada conforme planejado. Enquanto a massa está sendo preparada e repousando, o recheio é confeccionado seguindo os seguintes procedimentos: cozimento da carne e outros ingredientes necessários; e mistura dos recheios conforme planejado.

Figura 2 – Fluxograma de produção diária



Fonte: Autores.

A montagem dos pastéis é conduzida da seguinte maneira: uma porção de recheio é disposta sobre a massa cortada; e a massa é dobrada e selada nas laterais. Após a montagem, ocorre o processo de embalagem: a quantidade programada de pastéis é acomodada dentro de embalagens plásticas; as embalagens são etiquetadas com as informações necessárias e, por fim, encaminhadas ao freezer.

Durante a tarde, é realizado o processo de produção de folheados. O preparo do recheio acontece simultaneamente ao da massa e segue os seguintes passos: cozimento e desfiamento do frango; tempero e mistura do frango com outros ingredientes, seguido pelo transporte para o local de preparação das massas. O processo de fabricação da massa ocorre da seguinte maneira: os ingredientes são misturados gradualmente, manualmente; após a mistura, a massa é laminada em um cilindro e, por fim, cortada no tamanho desejado. A montagem e embalagem dos folheados seguem o seguinte procedimento: o recheio é colocado sobre a massa cortada; a massa é dobrada, selada e colocada na embalagem; por fim, é etiquetada e encaminhada ao *freezer*.

4.2. Mapa do Estado Atual e Análise do Fluxo de Valor

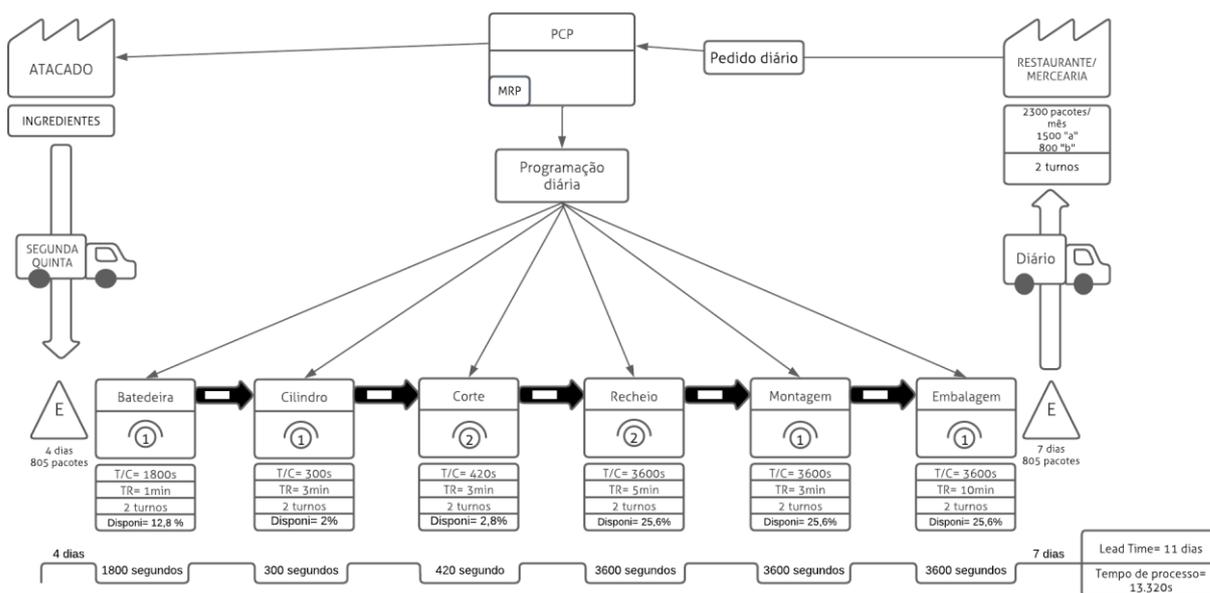
Analisando a fabricação de folheados e pastéis feitos no dia, foi possível identificar o tempo de ciclo (T/C) e de troca (TR) de cada máquina, uma média das quantidades de estoques, número de operadores, disponibilidade real da máquina, tempo de trabalho disponíveis (turnos), *Lead Time* (L/T), apresentados na Figura 3. Os estoques estão localizados em uma sala própria, equipada com mais de doze freezers e uma câmara fria com aproximadamente 20 metros quadrados, os produtos eram feitos com uma semana de antecedência, ficando parado no estoque por uma semana. As entregas são realizadas diariamente, tanto pela manhã quanto pela tarde. Além disso, a reposição dos ingredientes é feita duas vezes por semana, geralmente com um intervalo de 4 dias. Os clientes são variados, incluindo supermercados, mercearias, restaurantes, hotéis e clientes físicos que compram diretamente na fábrica.

A linha de produção possui dois espaços principais, a cozinha industrial 1, dedicada à preparação dos recheios em um fogão industrial, e a cozinha industrial 2, destinada à fabricação das massas. Na cozinha industrial 2, são utilizados os equipamentos necessários, incluindo uma batedeira com capacidade de

aproximadamente 50 kg, onde são combinados os ingredientes essenciais para a produção da massa. O cilindro é empregado para esticar a massa até a espessura desejada. As etapas de corte, recheio, montagem e embalagem são todas realizadas manualmente. Há um revezamento de funções entre as duas mulheres que trabalham na linha de produção. Em alguns processos, elas colaboram mutuamente, enquanto em outros, uma executa uma tarefa enquanto a outra realiza outra atividade.

Após análises e discussões do grupo, identificaram-se alguns gargalos no processo produtivo. Estes incluem a ausência de controle das quantidades de salgados em cada pacote embalado, a demora excessiva nas etapas de embalagem, etiquetagem e corte. Observou-se também a falta de padronização na montagem dos folheados, resultando em tamanhos desproporcionais entre eles. Outro problema identificado foi a incapacidade de atender a todos os pedidos dos clientes devido à limitação da variedade de salgados fabricados por dia, o que resulta em insatisfação por parte dos clientes.

Figura 3 – Mapa do estado atual



Fonte: Autores.

O Quadro 1 apresenta o *checklist* de três fluxos (informações, materiais e pessoas). O fluxo de informações, materiais e pessoas são importantes para a análise do mapa do fluxo de valor de uma organização. Na empresa estudada, os fluxos são um tanto quanto simples de serem analisados, pois há dois turnos com os mesmos processos e os mesmos trabalhadores.

O fluxo de informações se dá através das questões de como os funcionários se baseiam para realizar a produção, que é baseada em uma programação diária e como se comunicam quando há falhas nessa produção, onde os superiores são notificados imediatamente, caso os funcionários não consigam reverter sem prejudicar o processo. Já o fluxo de materiais relaciona-se com o processo da produção.

A questão é analisar se os processos agregam valor e se não há “desperdícios” durante o processo. E, felizmente, os processos agregam valor ao produto, pois não há estoques entre cada etapa, apenas o necessário ao final do processo. O fluxo de pessoas é mais simples, pois na rotina de produção, são apenas dois funcionários. Eles não realizam atividades repetitivas por muito tempo, pois muitos processos são feitos por máquinas e há intervalos, como o intervalo de almoço.

Quadro 1 – Checklist de 3 fluxos

FLUXO	QUESTÃO	RESPOSTA
A informação flui?	Os trabalhadores se baseiam em ordem de produção semanal?	Seguem as programações diárias pois as entregas também são diárias.
	Como se comunicam quando há falha na produção?	O erro é reportado ao superior, que juntamente com a equipe montam uma solução.
O material flui?	Os processos fluem de maneira que agregam valor?	Sim, pois não há estoques entre processos.
Qual a rotina dos operadores?	Os trabalhadores realizam as mesmas atividades por um longo tempo?	As operações dos trabalhadores são cíclicas e repetitivas, visto que há um número reduzido de pessoas no fluxo produtivo.
	Os operadores conseguem executar as operações sequencialmente?	Sim, no entanto há intervalos regulares entre as atividades para garantir a eficiência e o bem-estar dos trabalhadores.

Fonte: Autores.

No caso da empresa em questão, há uma questão que pode ser analisada e trabalhada dentro do processo, que é o tempo de ciclo da etiquetagem. Essa etapa é realizada por uma pessoa e de forma manual, totalizando em média uma hora para esse processo, que poderiam ser feitos mais rapidamente caso houvesse uma maneira de etiquetar as embalagens com alguma ferramenta automatizada.

Esse tempo de ciclo por conta do trabalho manual causa um certo desperdício de tempo, que, caso reduzido, pode ser realizado em menos tempo, diminuindo também o tempo de processo dos produtos. O Quadro 2 apresenta a síntese dos problemas encontrados.

Quadro 2 – Síntese dos problemas encontrados

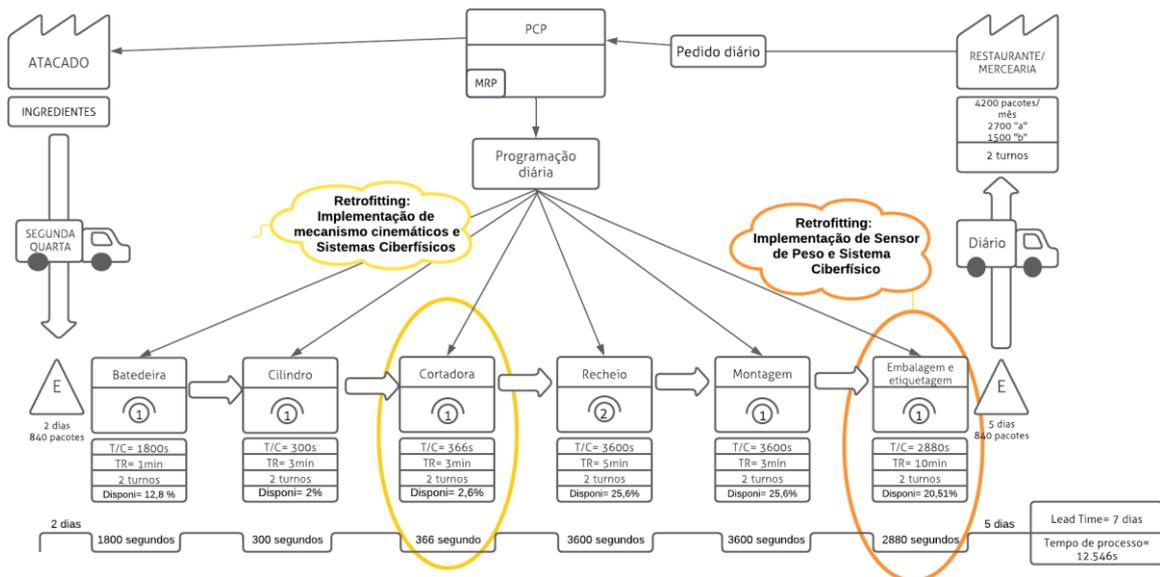
EFEITO	CAUSA(S)	TIPO DE DESPERDÍCIO
Alto tempo de etiquetagem	Trabalho manual	Espera
Falta de variedade na produção diária	Poucos funcionários na linha de produção	Flexibilidade Reduzida

Fonte: Autores.

4.3. Mapa do Estado Futuro

Após análises detalhadas do mapa do estado atual, apresentado na Figura 3, foram formuladas algumas sugestões de aprimoramento para a empresa, resultando na criação de um mapa do estado futuro, representado na Figura 4. As métricas utilizadas no Mapa do Estado Atual foram igualmente aplicadas no Mapa do Estado Futuro.

Figura 4 – Mapa do estado futuro



Fonte: Autores.

A sugestão inicial de comprar duas novas máquinas, uma cortadora e uma etiquetadora, para reduzir os tempos de ciclo da produção e aumentar a diversidade dos produtos fabricados, visando atender mais clientes, não é a melhor abordagem. Uma vez que esse investimento pode representar uma barreira para a transição da empresa para a Indústria 4.0 (Ten; Shafie; Abdul Rani, 2023). Neste sentido, em vez de investir em novas máquinas, seria mais eficaz realizar o *retrofitting* das máquinas

existentes, integrando-as com sistemas ciberfísicos (Konur *et al.*, 2023; Werner *et al.*, 2019). Esta solução permite modernizar e otimizar o uso dos equipamentos atuais, melhorando a eficiência e a flexibilidade da produção sem a necessidade de grandes investimentos em novos equipamentos. A implementação de um sistema inteligente de controle de produção pode permitir a coleta de dados, extração de informações e serviços inteligentes de monitoramento, aumentando a eficiência, a consistência e reduzindo os custos operacionais em configurações do mundo real (Landucci, 2016).

Além disso, sincronizar o movimento dos componentes de corte e dobragem por meio de mecanismos cinemáticos e sistemas de controle eletrônico pode otimizar o processo de produção (Hernández *et al.*, 2020). Além disso, em conjunto com a etiquetadora, é sugerido a implementação de um sensor de peso. Seu funcionamento é baseado na emissão de um sinal sonoro, fazendo um *bip* sempre que o peso ultrapassa ou fica abaixo do limite tolerado permitido.

Para reduzir o tempo de processamento, é necessário aumentar a circulação dos estoques, incluindo a reposição dos ingredientes pelo menos três vezes por semana. Essa prática tem o potencial de diminuir o *lead time* de 11 dias para 7 dias. A proposta é realizar quatro produções diárias, introduzindo uma variedade de produtos pela manhã e outra à tarde.

4.4. Plano de Implementação

Um plano de implementação funciona como um roteiro estratégico que descreve como uma organização planeja introduzir as mudanças em seu processo produtivo, visando minimizar recursos, aumentar eficiência e produzir com qualidade (Rother; Shook, 2003). Na empresa em questão, foi montado um plano de implementação, que, se desejável pela empresa, pode ser aplicado nos processos produtivos destacados neste artigo.

Após a escolha da tecnologia para resolver os problemas identificados, considerando os benefícios que essa tecnologia traria ao processo, a futura utilização das máquinas etiquetadora e de corte foi destacada. Estas máquinas reduzirão o tempo de processamento e permitirão atender uma demanda maior. A principal sugestão de melhoria está relacionada ao sensor de peso, que permitirá identificar

produtos não padronizados, otimizando e diversificando a linha de produção para atender a uma demanda maior de clientes.

Nesse sentido, é necessário realizar treinamentos com a equipe e testes dentro do processo, para evitar impactos negativos na produção. Uma vez que a adoção da Indústria 4.0 é uma decisão estratégica e deve estar alinhada com todos os envolvidos (Cordeiro; Reis; Fernandes, 2024). Além disso, a empresa deve monitorar a tecnologia após sua adoção e avaliar seu desempenho, bem como realizar manutenções preventivas e, se possível, preditivas, conforme pontuado por Ribeiro *et al.* (2022). Para a implementação bem sucedida, Cordeiro, Reis e Fernandes (2024), destacam a importância de abordar questões como infraestrutura tecnológica e restrições financeiras.

Na empresa em que o estudo foi realizado, é necessário adotar uma abordagem de melhoria contínua, destacando-se a prática do *Kaizen* para a eliminação contínua de desperdícios (Suárez-Barraza; Miguel-Dávila; Morales-Contreras, 2021). Além disso, a abordagem *Toyota Kata* pode implementada como uma rotina eficaz para promover a cultura de melhoria contínua e desenvolvimento de habilidades dentro da organização (Ribeiro; Forcellini; Pereira, 2022).

O monitoramento em tempo real das atividades de fabricação, incluindo o desempenho humano, usando arquiteturas como modelos de aprendizado profundo, pode otimizar a tomada de decisões com base nos dados de fabricação (WIYADI, 2022). Além disso, para monitorar com eficácia as tecnologias propostas, deve-se ter um esquema de Detecção e Diagnóstico de Falhas ao garantir precisão e flexibilidade na emulação de tecnologias emergentes (Ardakani; Hemmati; Hernandez, 2022; Ribeiro *et al.*, 2022).

5 DISCUSSÃO

Os sistemas Ciberfísicos estão sendo muito utilizados também por facilitar o controle sobre um processo (Ribeiro *et al.*, 2019). Com o uso da máquina etiquetadora e de corte, será possível atender a expectativa da maioria dos estudos pesquisados, que é automatizar o processo e torná-lo mais rápido (Konur *et al.*, 2023; Werner *et al.*, 2019).

Contudo, o uso dos sensores, baseados na ideia de sensores fotocélulas, são inovadores nessa área de atuação, pois eles tornam a linha de produção mais flexível

e adaptável às demandas. Esses sensores são ligados a sistemas integrados que fazem o monitoramento do processo ser acompanhado em tempo real, facilitando assim uma visão do processo como um todo.

Embora a transição para uma produção alimentar digitalizada e automatizada seja vista como uma resposta aos desafios atuais, Bakalis *et al.* (2022) mencionam que o impacto das tecnologias da Indústria 4.0 nesse contexto ainda não é suficientemente bem compreendido. Este artigo visou preencher essa lacuna.

A implementação da Indústria 4.0 por meio do MFV descrita neste artigo permitiu à fábrica uma compreensão mais aprofundada dos processos de produção. Com isso, a empresa pode agora mitigar os riscos, operando de forma avançada para assegurar consistência e reduzir os custos de fabricação. Essa eficiência aprimorada permite à empresa manter uma vantagem competitiva em mercados onde identifica oportunidades promissoras. A linha de pensamento adotada nesta pesquisa é similar aos estudos de Konur *et al.* (2023).

O MFV tem sido fundamental para propor a implementação de tecnologias da Indústria 4.0 na indústria de alimentos conforme pontuado em algumas pesquisas (Bega *et al.*, 2023; Lahane; Paliwal; Kant, 2023).

6 CONCLUSÃO

Após as análises realizadas através do mapa do estado atual, foi possível identificar falhas e oportunidades de melhorias dentro do sistema produtivo de uma empresa de massas específica. Houve uma sugestão de melhoria com base em tecnologias da indústria 4.0 nos problemas identificados e a criação de um plano de implementação para essas tecnologias no processo. A máquina etiquetadora e de corte sugerem um processo automatizado e com um tempo de processamento menor. Em conjunto com essas máquinas, foi sugerido o uso de um sensor de peso, que alerta os colaboradores quando o produto não está com o peso padrão ou há falhas na embalagem. Essas sugestões de melhorias relacionadas à Indústria 4.0 tornarão o processo produtivo mais eficiente e apto a atender uma demanda maior.

O *lead time* e o tempo de processamento conseqüentemente tornam-se menores, contribuindo para um padrão de excelência na produção. Caso as melhorias propostas sejam implementadas, pode-se obter uma redução no *lead time* de 4 dias, e o tempo de processamento diminuiu em 13 minutos, resultando em um aumento na

produção mensal de 1900 pacotes, conforme visto no Mapa do Estado Futuro. Além disso, a frequência de compras junto aos fornecedores pode aumentar, ocorrendo a cada dois dias úteis. Além do mais, o uso e análise do mapa de fluxo de valor contribuiu para que houvesse uma compreensão do processo produtivo como um todo e deve ser interpretado como um ciclo contínuo de avaliação e aprimoramento.

6.1 Implicações teóricas

Este estudo contribui significativamente para a literatura ao demonstrar a aplicabilidade do MFV em um contexto de produção manual, evidenciando como essa ferramenta pode identificar desperdícios e oportunidades de melhoria de forma sistemática e precisa. Além disso, a pesquisa expande o conhecimento sobre a integração de tecnologias da Indústria 4.0 em processos tradicionalmente manuais, proporcionando um modelo teórico para futuras investigações.

Adicionalmente, o artigo oferece uma nova perspectiva sobre a adaptabilidade e a resiliência das operações manuais ao incorporar tecnologias avançadas, que pode ser explorada em outros setores além do alimentício. Essa abordagem teórica pode incentivar mais pesquisas interdisciplinares, explorando como diferentes setores podem beneficiar-se das práticas da Indústria 4.0.

6.2 Implicações práticas

Do ponto de vista prático, o artigo oferece insights valiosos para gestores e profissionais do setor alimentício que desejam modernizar suas operações. A implementação de tecnologias da Indústria 4.0 pode resultar em maior eficiência, redução de desperdícios e melhoria da qualidade dos produtos, transformando a cadeia produtiva de maneira significativa.

O MFV serve como uma ferramenta diagnóstica essencial, ao auxiliar na identificação áreas críticas e a planejar intervenções tecnológicas de maneira estruturada e eficiente (MENDES *et al.*, 2021; RIBEIRO *et al.*, 2023). Este estudo também pode servir como um guia prático para a transição de processos manuais para processos automatizados, facilitando a adoção gradual e minimizando resistências internas, o que é vital para a gestão de mudanças organizacionais.

Além disso, ao proporcionar um estudo de caso detalhado e aplicável, o artigo oferece um roteiro claro e acionável para empresas do setor alimentício que buscam inovar e otimizar seus processos produtivos.

6.3 Limitações e Trabalhos Futuros

Embora o estudo forneça uma análise abrangente e promissora sobre a integração de tecnologias da Indústria 4.0 em uma produção de massas, algumas limitações merecem consideração. Uma delas é a falta de abordagem detalhada sobre os custos associados à implementação dessas tecnologias, o que pode representar um obstáculo significativo para empresas de menor porte. Além disso, a pesquisa poderia se beneficiar de uma análise mais aprofundada dos potenciais impactos sociais e organizacionais da transição para um ambiente mais tecnológico, como mudanças na força de trabalho e na cultura corporativa.

Sugere-se, portanto, que futuros estudos incorporem uma análise mais holística dos aspectos econômicos, sociais e organizacionais da adoção de tecnologias da Indústria 4.0, além de explorar estratégias para mitigar os desafios identificados, como programas de capacitação e incentivos fiscais para investimentos em inovação. Ainda, para continuação desse estudo, pode-se realizar a modelagem e simulação do estado futuro antes de ser implementado na organização, a fim de verificar quantitativamente a aplicabilidade das tecnologias propostas (Ribeiro *et al.*, 2019).

REFERÊNCIAS

AIRES, R. W. DO A.; MOREIRA, F. K.; FREIRE, P. DE S. **Indústria 4.0: competências requeridas aos profissionais da quarta revolução industrial**. Anais do congresso internacional de conhecimento e inovação–Ciki, 2017.

ARDAKANI, H.; HEMMATI, H.; HERNANDEZ, M. R. Data Driven Process Monitoring, from Fault Detection and Diagnosis Points of View, in Industry 4.0 Context. *Computer Aided Chemical Engineering*, v. 51, p. 1033-1038, 2022.

ARDITI, A. B. *et al.* Early adoption of Industry 4.0 technologies in the agricultural sector: A phenomenological analysis. **Journal of the International Council for Small Business**, v. 4, n. 3, p. 230–257, 3 jul. 2023.

BAKALIS, S. *et al.* 21 - Food Industry 4.0: Opportunities for a digital future. *In: JULIANO, P. et al. (Eds.). [s.l.] Academic Press, 2022. p. 357–368.*

- BEGA, M. *et al.* Extension of value stream mapping 4.0 for comprehensive identification of data and information flows within the manufacturing domain. **Production Engineering**, v. 17, n. 6, p. 915–927, 2023.
- CORDEIRO, R. F.; REIS, L. P.; FERNANDES, J. M. A study on the barriers that impact the adoption of Industry 4.0 in the context of Brazilian companies. **The TQM Journal**, v. 36, n. 1, p. 361–384, 1 jan. 2024.
- DERAKHTI, A.; GONZALEZ, E. D. R. S.; MARDANI, A. Industry 4.0 and beyond: a review of the literature on the challenges and barriers facing the Agri-Food supply chain. **Sustainability**, v. 15, n. 6, p. 5078, 2023.
- GHILDIYAL, S. *et al.* **Industry 4.0 Application in the Hospitality and Food Service Industries**. Anais do 7th International Conference on Computing, Communication and Security (ICCCS), 2022.
- KONUR, S. *et al.* Towards design and implementation of Industry 4.0 for food manufacturing. **Neural Computing and Applications**, v. 35, n. 33, p. 23753–23765, 2023.
- LAHANE, S.; PALIWAL, V.; KANT, R. Evaluation and ranking of solutions to overcome the barriers of Industry 4.0 enabled sustainable food supply chain adoption. **Cleaner Logistics and Supply Chain**, v. 8, p. 100116, 2023.
- LANDUCCI, L. **Pasta cutting and folding machine**, 2016.
- MENDES, L. G. *et al.* Aplicação do Mapeamento de Fluxo de Valor e Lean Healthcare na emergência de um hospital de referência regional. **Exacta**, 23 nov. 2021.
- MEUDT, T.; METTERNICH, J.; ABELE, E. Value stream mapping 4.0: Holistic examination of value stream and information logistics in production. **CIRP Annals**, v. 66, n. 1, p. 413–416, 2017.
- MIGUEL, P. A. C. Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução. **Production**, v. 17, p. 216–229, 2007.
- MURAYAMA, R. C. B.; RESTON FILHO, J. C.; CARDOSO, M. A. P. **Aplicação do Lean Manufacturing e estruturação da Indústria 4.0 em uma linha de baterias para smartphone**. Encontro Nacional de Engenharia De Produção. Anais [...], 2017
- NIKOLIC, A.; MUJGINOVIC, A.; BOSKOVIC, D. Industry 4.0 Technology Enablers' Guardian Role in Food Fraud Prevention. *In*: SOUCIE, S.; PEŠTEK, A. (Eds.). **Counterfeiting and Fraud in Supply Chains**. [s.l.] Emerald Publishing Limited, 2022. p. 91–120.
- QUIROZ-FLORES, J. C. *et al.* Industry 4.0, circular economy and sustainability in the food industry: a literature review. **International Journal of Industrial Engineering and Operations Management**, v. 6, n. 1, p. 1–24, 1 jan. 2024.
- RAHAMAN, J.; BATCHA, M. S. How is Industry 4.0 Changing Food Technology? A Scientometric Profile. **Journal of Data Science, Informetrics, and Citation Studies**, v. 2, n. 1 SE-Research Article, p. 25–31, 27 abr. 2023.

RIBEIRO, D. R. S. *et al.* Value stream mapping and use of lean integrated simulation with cyber-physical systems in a flexible packaging industry. **Produção Online**, v. 19, n. 1, p. 346–374, 15 mar. 2019.

RIBEIRO, D. R. S. *et al.* **Maintenance 4.0: A Literature Review and SWOT Analysis.** In: Springer, Cham: Dynamics in Logistics. LDIC 2022. Lecture Notes in Logistics., 2022. p. 409–422.

RIBEIRO, D. R. S. *et al.* **VSM Approach to Manufacturing Systems in Industry 4.0: From Literature Review to a Conceptual Framework BT - Proceedings of the 11th International Conference on Production Research – Americas.** (F. Deschamps *et al.*, Eds.) Cham: Springer Nature Switzerland, 2023

RIBEIRO, D. R. S.; FORCELLINI, F. A.; PEREIRA, M. **Toyota Kata Patterns to Help Teach Process Design: Applying a Project-Based Learning Model.** IFIP International Conference on Product Lifecycle Management. Anais [...]. Springer, 2022

ROTHER, M.; HARRIS, R. **Creating continuous flow: an action guide for managers, engineers & production associates.** [s.l.] Lean Enterprise Institute, 2001.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Learning to see: value stream mapping to add value and eliminate muda.** [s.l.] Lean Enterprise Institute, 2003.

SANTOS, B. P. *et al.* Indústria 4.0: desafios e oportunidades. **Revista Produção e Desenvolvimento**, v. 4, n. 1, p. 111–124, 2018.

SHUKLA, N.; MOGHE, A. A. Comparative Study of CNN Models for Defect Detection in Food Packets. **International Research Journal on Advanced Science Hub**, v. 5, n. Issue 05S, p. 404–412, 2023.

SOUZA, R.; FERENHOF, H.; FORCELLINI, F. Industry 4.0 and Industry 5.0 from the Lean perspective. **International Journal of Management, Knowledge and Learning**, v. 11, 20 jun. 2022.

SUÁREZ-BARRAZA, M. F.; MIGUEL-DÁVILA, J. A.; MORALES-CONTRERAS, M. F. Application of Kaizen-Kata methodology to improve operational problem processes. A case study in a service organization. **International Journal of Quality and Service Sciences**, v. 13, n. 1, p. 29–44, 17 fev. 2021.

TEN, S. T.; SHAFIE, K. A. BIN; ABDUL RANI, R. BIN. Achieving Agriculture 4.0 Through Modernization and Enhancement with Mechanization, Automation and Advanced Technologies BT - Smart Agriculture for Developing Nations: Status, Perspectives and Challenges. In: PAKEERATHAN, K. (Ed.). Singapore: Springer Nature Singapore, 2023. p. 49–58.

TORTORELLA, G. L. *et al.* Designing lean value streams in the fourth industrial revolution era: proposition of technology-integrated guidelines. **International Journal of Production Research**, v. 58, n. 16, p. 5020–5033, 17 ago. 2020.

TRIPATHI, V. *et al.* An Agile System to Enhance Productivity through a Modified Value Stream Mapping Approach in Industry 4.0: A Novel Approach. **Sustainability**, v. 13, n. 21, p. 11997, 29 out. 2021.

WANG, F.-K.; RAHARDJO, B.; ROVIRA, P. R. **Lean Six Sigma with Value Stream Mapping in Industry 4.0 for Human-Centered Workstation Design Sustainability**, 2022.

WERNER, S. M. *et al.* **Retrofitting, um caminho lean para a Indústria 4.0**. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Anais [...], 2019.

WIYADI, R. Implementation Technology Solution for Real-Time Production and Facility Monitoring. *In*: PROCEEDINGS OF INDONESIAN PETROLEUM ASSOCIATION, 46., Anais [...], 2022.

Autor(es)

Laura Alessio

Estudante do curso de Graduação de Engenharia de Produção pelo Instituto Federal de Santa Catarina - Câmpus Caçador, tendo como especialidade (temas de pesquisa): Planejamento e Controle da Produção, Abordagem Lean e Gestão de Estoques.

Letícia Moreira Sinkere

Estudante do curso de Graduação de Engenharia de Produção pelo Instituto Federal de Santa Catarina - Câmpus Caçador, tendo como especialidade (temas de pesquisa): Planejamento e Controle da Produção, Abordagem Lean e Gestão de Estoques.

Bárbara Bruna de Souza

Estudante do curso de Graduação de Engenharia de Produção pelo Instituto Federal de Santa Catarina - Câmpus Caçador, tendo como especialidade (temas de pesquisa): Planejamento e Controle da Produção, Abordagem Lean e Gestão de Estoques.

Danilo Ribamar Sá Ribeiro

Doutor em Engenharia de Produção e Mestre em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de Santa Catarina. Especialista em Tecnologias para Educação Profissional pelo Instituto Federal de Santa Catarina. Graduado em Engenharia de Produção pela Universidade Estadual do Maranhão. Atualmente, é Professor do Magistério Superior do Departamento de Produção e Administração (DAPRO) na Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Câmpus Medianeira, tendo como especialidade, tendo como especialidade (temas de pesquisa): Sistemas Enxutos, Planejamento e Controle de Produção, Melhoria e Gestão de Processos, Produtos e Serviços.



Artigo recebido em: 17/06/2024 e aceito para publicação em: 25/09/2024

DOI: <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v24i4.5316>