



**Aplicação da metodologia *Lean Seis Sigma* para a otimização da
estrutura de armazenagem de insumos de uma cooperativa
agroindustrial**

Bruno Freitas Simão

Universidade Estadual de Maringá (ra108682@uem.br)

Beatriz Lavezo dos Reis

Universidade Estadual de Maringá (blreis2@uem.br)

Resumo

O objetivo deste artigo é evidenciar como o Lean Seis Sigma e a logística integrada auxiliaram no mapeamento, estruturação de processos e no desenvolvimento de um plano de ação, com foco no aumento da capacidade de armazéns de insumos de uma cooperativa agroindustrial de Maringá. O projeto foi pautado na metodologia DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar, Controlar), no qual cada etapa continha ferramentas e ações a serem aplicadas. No Definir a equipe, meta e escopo do trabalho foram definidos com o Project Charter. Posteriormente, a árvore de requerimentos e o mapa SIPOC foram desenvolvidos, aumentando o conhecimento dos processos pela equipe. Já na etapa Medir, o mapeamento do processo atual foi descrito através de um fluxograma e para as medições foi desenvolvida uma lista de pontos importantes a serem medidos dos armazéns de insumos da cooperativa. Na etapa Analisar calculou-se a capacidade atual dos armazéns, onde os principais problemas e pontos de melhorias foram levantados. Com isso foi elaborado um plano de ação utilizando a ferramenta 5W2H, para que no futuro próximo as ações fossem atendidas junto com as padronizações nas últimas etapas do DMAIC. Portanto, a meta geral de mapear as estruturas de armazenagem da cooperativa foi alcançada com esta pesquisa.

Palavras-chave: Lean Manufacturing; Seis Sigma; DMAIC; Armazenagem.



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

Abstract

The objective of this article is to demonstrate how Lean Six Sigma and integrated logistics supported the mapping, process structuring, and development of an action plan focused on increasing the storage capacity of input warehouses in an agricultural cooperative located in Maringá, Brazil. The project was based on the DMAIC methodology (Define, Measure, Analyze, Improve, Control), in which each stage included specific tools and actions to be applied. In the Define phase, the team, goals, and project scope were established using the Project Charter. Subsequently, the requirements tree and SIPOC map were developed, enhancing the team's understanding of the processes. In the Measure phase, the current process mapping was represented through a flowchart, and a list of key points to be measured in the cooperative's input warehouses was created. During the Analyze phase, the current warehouse capacity was calculated, and the main problems and improvement opportunities were identified. Based on this, an action plan was developed using the 5W2H tool to ensure that the proposed actions would be implemented, along with process standardizations, in the final DMAIC stages. Therefore, the overall goal of mapping the cooperative's storage structures was successfully achieved through this research.

Keywords: Lean Manufacturing; Six Sigma; DMAIC; Warehousing.

Resumen

El objetivo de este artículo es evidenciar cómo el Lean Seis Sigma y la logística integrada contribuyeron al mapeo, la estructuración de procesos y el desarrollo de un plan de acción enfocado en aumentar la capacidad de almacenamiento de los depósitos de insumos de una cooperativa agroindustrial ubicada en Maringá, Brasil. El proyecto se basó en la metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar), en la cual cada etapa incluyó herramientas y acciones específicas a ser aplicadas. En la etapa Definir se establecieron el equipo, los objetivos y el alcance del trabajo mediante el Project Charter. Posteriormente, se desarrollaron el árbol de requerimientos y el mapa SIPOC,



aumentando el conocimiento del proceso por parte del equipo. En la etapa Medir se describió el mapeo del proceso actual mediante un diagrama de flujo, y se elaboró una lista de puntos clave a medir en los almacenes de insumos de la cooperativa. En la etapa Analizar se calculó la capacidad actual de los almacenes, identificándose los principales problemas y oportunidades de mejora. A partir de ello, se elaboró un plan de acción utilizando la herramienta 5W2H, para que las acciones propuestas se implementen junto con las estandarizaciones en las etapas finales del DMAIC. Por lo tanto, el objetivo general de mapear las estructuras de almacenamiento de la cooperativa se alcanzó con esta investigación.

Palabras clave: Manufactura esbelta; Seis Sigma; DMAIC; Almacenamiento.

1. INTRODUÇÃO

De acordo com o Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada - Esalq/USP, o Produto Interno Bruto (PIB) do agronegócio brasileiro alcançou recordes de crescimento em 2020 e em 2021, com aumento de 22,28% e 8,51% respectivamente. No entanto, em 2022, devido ao aumento nos custos de insumos, o PIB do setor recuou -6,38%. Diante deste cenário de regressão, a competitividade do setor de comercialização de insumos aumentou, fazendo com que as empresas busquem melhorar seus processos, agilizando a entrega de insumos e aumentando a variedade de itens disponíveis. Isso, através de uma maior qualidade e capacidade na armazenagem dos mesmos, desta forma, melhor atendendo seus clientes (CEPEA-CNA, 2021).

Em empresas cuja diversificação de produtos e serviços é alta, a ideia de melhorar aspectos como qualidade, performance operacional e satisfação de clientes, pode se tornar complexa de realizar. No entanto, existem metodologias para a gestão, que podem facilitar essa aplicação nas empresas, como PDCA (*Plan-Do-Check-Act*), *Kaizen* e *Lean Seis Sigma* (Morgan; Brenig-Jones, 2010). Oliveira (2022) caracteriza o ciclo PDCA como uma metodologia de gerenciamento de projetos e processos focada na melhoria contínua e baseada em quatro etapas: planejar as atividades a serem desenvolvidas,



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

executar as atividades, checar e monitorar os resultados e agir para corrigir e melhorar. Já o *Kaizen* é melhoria contínua de processos e métodos, de forma constante. Por fim, o *Lean Seis Sigma* se destaca por ser uma estratégia que contém contribuição para atingimento de novas metas, aumento na satisfação de consumidores e impacto na performance da organização (Werkema, 2012).

Nesse contexto esta pesquisa foi desenvolvida, pois aborda um projeto de *Lean Seis Sigma* em uma cooperativa agroindustrial com administração central sediada em Maringá-PR, cujo principal negócio é a comercialização de grãos e insumos. Sua estratégia atual está ligada a um plano de expansão de unidades e aumento de faturamento. Assim sendo, o presente estudo faz parte do programa de projetos *Lean Seis Sigma*, que é componente fundamental na cultura da cooperativa e da sua estratégia.

Para uma expansão estruturada e saudável da cooperativa, que comercializa insumos, como fertilizantes, defensivos, peças agrícolas e sementes, é necessário analisar a sua atual estrutura de armazenamento de produtos para entender se é suficiente para crescer. Em um cenário no qual a construção de armazéns nos últimos 60 anos foi feita sem padrão e sem planejamento, é desconhecida a atual capacidade, dimensão e estado de qualidade na conservação dos insumos armazenados. Mesmo sem dados coletados, informações como reclamações de cooperados em relação ao tempo de espera para recebimento de insumo e a falta de qualidade dele, já são de conhecimento.

Assim, o objetivo geral deste trabalho é mapear as estruturas de armazenamento da empresa, buscando otimizar e aumentar a suas capacidades de armazenagem, assim como definir o uso inteligente de investimentos nessas instalações. Para isso a metodologia *Lean Seis Sigma* será aplicada, com foco no DMAIC (Definir-Medir-Analisar-Implementar-Controlar), que fornece uma estrutura de gestão de trabalho e controle, criando um processo estruturado em passo a passo (Pyzdek; Keller, 2018).

Com a aplicação da pesquisa espera-se que os benefícios para a organização sejam evidentes. Dentre eles estão a melhoria na qualidade dos insumos e sementes, assim como melhorar a satisfação dos cooperados em relação a agilidade e entrega no prazo. Também

espera-se analisar a viabilidade da verticalização dos armazéns e definir qual melhor sistema de acordo com a atual estrutura e com suas respectivas vantagens. Por fim, padronizar requisitos, sistemas e estrutura de armazéns para construção de futuras instalações para insumos e sementes. Para isso, o artigo está composto nas seguintes seções: introdução, referencial teórico, metodologia, resultados e considerações finais.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. *Lean Seis Sigma*

O *Lean Manufacturing* surgiu na Toyota nos anos 1950 com Taichi Ohno, visando eliminar desperdícios, reduzir custos e melhorar a qualidade por meio de uma produção enxuta (Werkema, 2012). O modelo propõe a eliminação de sete tipos de desperdícios: defeitos, superprodução, estoques, movimentações, processamento desnecessário, transporte e esperas (Werkema, 2012). Womack *et al.* (2004) reforçam que o pensamento enxuto é “uma maneira de fazer mais com menos”, aproximando-se do que o cliente deseja com menor uso de recursos.

Ferramentas como o 5S, gestão visual e o *Kaizen* apoiam o *Lean* na busca por melhorias contínuas e maior valor agregado (Lean Institute Brasil, 2022). Estudos mostram que, embora tenha surgido na indústria automotiva, sua aplicabilidade está em diversas áreas, como na construção, saúde, logística e armazenagem, trazendo resultados positivos na padronização e eficiência operacional (Oliveira, 2022).

Já o *Seis Sigma*, desenvolvido na Motorola nos anos 1980, foca na redução da variabilidade dos processos e no aumento da qualidade (Morgan; Brenig-Jones, 2010). Com forte base estatística, a metodologia mede a performance dos processos por meio dos níveis sigma, onde empresas com performance *Seis Sigma* apresentam apenas 3,7 defeitos por milhão de oportunidades (Werkema, 2012). Segundo Harry e Schroeder (2006), o *Seis Sigma* é uma estratégia voltada à redução de defeitos e aumento da satisfação do cliente, promovendo ganhos tanto para empresas quanto para consumidores.

Entre suas principais ferramentas estão o Controle Estatístico de Processos (CEP) e o diagrama de causa e efeito, que auxiliam na identificação e eliminação de causas de não conformidades (Ribelato *et al.*, 2019). Estudos demonstram sua eficácia na redução de perdas produtivas e não conformidades, como no caso da indústria de perfumes aromáticos (Abreu, 2022).

A junção das duas metodologias origina o *Lean Seis Sigma*, estratégia que busca a velocidade e eficiência do Lean aliadas à precisão analítica do *Seis Sigma* (Werkema, 2012). Para George (2009), seu uso conjunto potencializa resultados e avanços corporativos e sua aplicação é ideal para situações que exigem mudanças disruptivas e ganhos mensuráveis em qualidade, custo e tempo. O sucesso do *Lean Seis Sigma* depende de uma estrutura organizacional bem definida, com papéis como o *Sponsor*, *Champion* e diferentes níveis de *belts*, do *White* ao *Master Black Belt*, que responsáveis por liderar e executar os projetos (Pyzdek; Keller, 2018).

2.2. DMAIC

O DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Implementar e Controlar) é a estrutura metodológica que guia os projetos de *Lean Seis Sigma*, promovendo agilidade e controle por meio de etapas sequenciais e estruturadas (Pyzdek; Keller, 2018) e cada uma das etapas tem suas atividades e ferramentas características. Na fase Definir, são estabelecidos os objetivos, metas, escopo e *stakeholders* do projeto, bem como o problema a ser resolvido e seu impacto. Utilizam-se ferramentas como o *Project Charter* e o SIPOC, que fornecem uma visão macro dos processos, suas entradas, saídas, fornecedores e clientes (Werkema, 2012).

A etapa Medir concentra-se na coleta e validação de dados sobre o desempenho atual do processo. São implantados sistemas de medição que permitem identificar a linha de base, o nível Sigma e os indicadores de variabilidade do processo (Montgomery, 2016). Na fase Analisar, busca-se compreender as causas raízes dos problemas identificados, utilizando ferramentas como o Diagrama de Ishikawa, que possibilita investigar e priorizar variáveis críticas para a qualidade (George, 2009).

A etapa Implementar foca na elaboração e aplicação de melhorias voltadas à eliminação das causas raízes. Testes e validações são realizados para garantir que as mudanças propostas gerem os resultados esperados, com base na priorização das ações e no redesenho de processos (Pande *et al.*, 2001). Por fim, em Controlar, busca-se garantir a sustentabilidade das melhorias. São definidos indicadores de desempenho e elaborados documentos de padronização, além da comparação entre os resultados obtidos e os objetivos inicialmente propostos (Carrol, 2013).

2.3. Sistemas de armazenagem

Armazéns são locais de armazenagem de alta importância em cadeias de suprimentos, que englobam fases da cadeia produtiva como matérias primas, produtos semiacabados e produtos acabados para distribuição final. A sua organização e sistema são cruciais para elevados níveis de atendimento ao cliente (Rushton *et al.*, 2014). Bowersox e Closs (2013), também enfatizam que uma gestão efetiva dos armazéns é necessária para otimizar o fluxo de materiais e produtos ao longo da cadeia de suprimentos, resultando em uma maior capacidade de resposta e satisfação do cliente.

Um dos grandes desafios da gestão de armazéns é a demanda. Vendas são sazonais, em um determinado período como mês, semana ou até dias, as vendas podem estar baixas suficientemente para não ser necessário o armazenamento de produtos em grandes quantidades, já que isso envolve muitos custos. Todavia, caso rapidamente esse cenário mude, a empresa pode não contar com o produto na hora que o mercado precisa, assim perdendo vendas. Da mesma forma, se o armazém estiver com a sua capacidade máxima ocupada ou até maior, problemas como movimentação, erros nos processos de recebimento e envio, além dos altos custos que podem ocorrer (Bartholdi; Hackman, 2018).

Armazéns podem ser classificados e mensurados por fatores como localização, estágio da cadeia produtiva, tipo do produto armazenado, equipamentos de movimentação necessários, por altura do pé direito, área quadrada e capacidade de armazenagem de itens em paletes, prateleiras ou no chão (Rushton *et al.*, 2014). Além disso, os principais

processos de um sistema de armazenagem são: receber os produtos, separar, triar, armazenar, receber pedidos, deixar pronto para coleta e despachar. Esses sistemas podem contar com estruturas de diversas formas, de acordo com a sua necessidade de mercado e de produtos.

Os dois principais sistemas de armazenagem são o *Drive-In* e o porta paletes. O sistema *Drive-In*, também chamado de estantes de encaixe, opera sob a lógica do último paleta a entrar ser o primeiro a sair, permitindo maior aproveitamento da área do armazém. Contudo, apresenta limitações na gestão de produtos com diferentes tipos ou com datas de vencimento, devido à dificuldade de acesso seletivo (Rushton *et al.*, 2014). Já o sistema porta paletes consiste em estruturas verticais com vigas horizontais onde os paletes são posicionados paralelamente aos corredores, permitindo o acesso direto a qualquer item armazenado. Sua principal vantagem é a flexibilidade e agilidade na movimentação dos lotes, com posições identificadas por corredor, largura e altura. Entretanto, pode apresentar menor capacidade de armazenamento em comparação ao sistema *Drive-In* (Rushton *et al.*, 2014).

Para o sucesso da armazenagem e distribuição, tecnologias de ponta são fundamentais para a operação logística de empresas. Os *Warehouse Management Systems* - WMS (Sistemas de Gerenciamento de Armazéns) têm sido amplamente reconhecidos como ferramentas essenciais para otimizar as operações de armazenagem e melhorar a eficiência dos processos logísticos. Além disso, Richards (2017), destaca que os sistemas WMS desempenham um papel crucial na automação de tarefas, no gerenciamento de estoques, na redução de erros e no aumento da precisão nas operações de armazéns. A implementação e utilização desse sistema gera benefícios significativos, como a redução de custos operacionais, a melhoria do atendimento ao cliente e a otimização do espaço de armazenagem.

3. MÉTODO

A pesquisa caracteriza-se como aplicada, pois visa gerar conhecimentos voltados à resolução de problemas específicos da realidade prática, como o aumento da capacidade dos armazéns de insumos, sendo uma ferramenta para o aprimoramento de processos e práticas organizacionais (Gil, 2022). Sua abordagem qualitativa fundamenta-se na coleta de dados diretamente no ambiente, por meio de entrevistas em campo, permitindo compreender o contexto estudado (da Silva; Menezes, 2005). Quanto ao objetivo, a pesquisa é classificada como exploratória, pois busca oferecer maior familiaridade com o problema, com planejamento flexível e aberto à investigação sob diferentes perspectivas (Gil, 2022). Sendo assim, as etapas do projeto estão descritas no mapeamento na Figura 1.

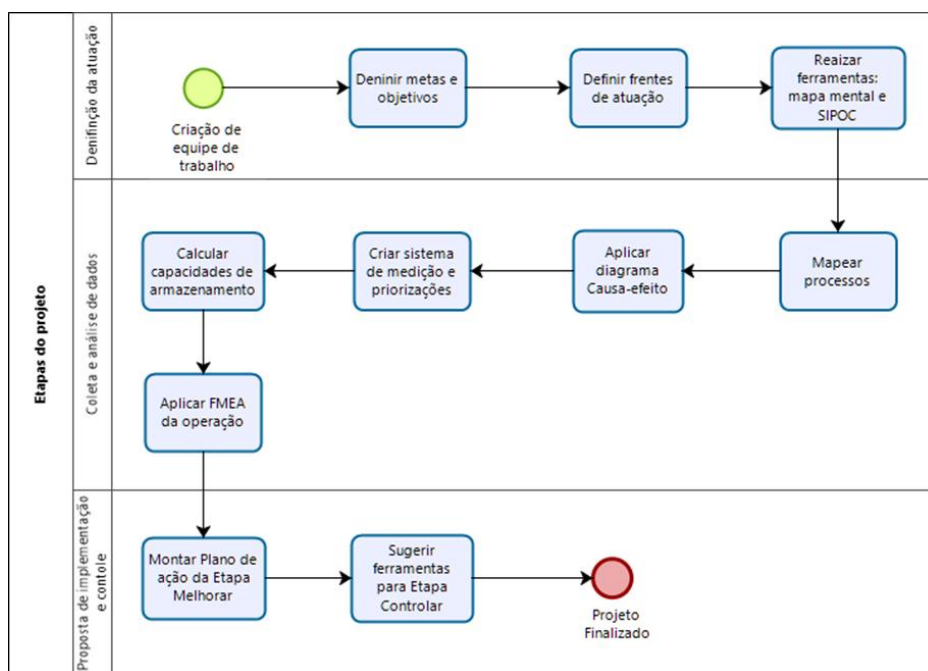


Figura 1: Etapas de desenvolvimento do projeto (Fonte: Autores)

O projeto foi estruturado em três macro etapas: definição da atuação, coleta e análise de dados e proposta de implementação e controle. Inicialmente, com o apoio do *Project Charter*, foram definidos os objetivos, metas, frentes de atuação (como indicadores e estruturas) e os membros responsáveis. Utilizou-se o mapa mental e o SIPOC para o

mapeamento inicial dos processos de armazenagem de insumos. Na segunda etapa, adotou-se a triangulação de métodos (Denzin, 1989), combinando entrevistas presenciais e remotas com operadores e supervisores de diferentes unidades, observações in loco e *benchmarking* com uma cooperativa concorrente que havia padronizado seus armazéns recentemente.

Dados foram extraídos do sistema ERP e analisados por meio do Microsoft Power BI, identificando unidades com maior valor e volume de estoque, permitindo a priorização para estudo aprofundado. Medidas quantitativas e qualitativas sobre as estruturas foram obtidas em visitas técnicas, com cálculos de capacidade de armazenagem realizados no Excel. Já na etapa final, com apoio de fornecedores especializados, foram propostas soluções como estruturas verticais para aumento da capacidade, além da definição de critérios para priorização de investimentos e sugestões de padronização documental para futuros armazéns.

4. RESULTADOS

A empresa que este trabalho foi aplicado é uma cooperativa agroindustrial que atua nos estados do Paraná, São Paulo, Mato Grosso do Sul e Mato Grosso, e que possui mais de 60 anos de história. A cooperativa é uma das 100 maiores empresas do país, com faturamento anual de bilhões de reais e que conta com mais de 3 mil colaboradores diretos, chegando a mais de 7 mil juntamente aos indiretos. O faturamento da cooperativa é liderado por dois segmentos de negócio: recebimento e comercialização de grãos e comercialização de insumos. Em relação aos insumos, a participação é de cerca de 31%, sendo um dos segmentos chave da cooperativa e o foco deste trabalho. Além da caracterização da empresa, os resultados são construídos de acordo com as etapas do DMAIC.

4.1. Definir

A etapa Definir iniciou-se por meio de uma reunião com a equipe do projeto, incluindo os membros, líder, *champion* e especialistas, com objetivo de estruturar o escopo do

trabalho a fim de explorar as áreas de atuação do projeto. Um mapa mental foi construído, com o objetivo de agrupar as ideias da reunião, além de ser uma ferramenta visual para inserir as áreas e variáveis que o projeto abordaria, e quais os conhecimentos atuais da equipe e áreas que seriam necessárias aprofundar.

Após o levantamento inicial do projeto, foi desenvolvido o *project charter* ou termo de abertura do projeto. Esse é o documento que sumariza as principais informações do projeto, e nesse caso apresentou a equipe, caso de negócio, oportunidades e metas. O caso do negócio seria atender as demandas dos produtores e da unidade com eficiência, entregando os insumos com qualidade, a partir da otimização das estruturas de armazenagem. Já algumas oportunidades destacadas foram: otimizar estruturas físicas e operações, reestruturar a disponibilidade de estocagem, melhorar a capacidade e a qualidade dos armazéns, entre outros. Como metas, foram estabelecidos, dentro outros, o aumento de 35% da capacidade de armazenagem e redução de 3% dos custos operacionais e logísticos. Com este documento foi estabelecida a abertura e oficialização do projeto através da aprovação patrocinador.

Em seguida, foi elaborada a ferramenta de árvore de requerimentos. A árvore de requerimentos, também conhecida como matriz VOC/VOB é utilizada com o objetivo de entender e melhorar os requisitos técnicos do serviço. A ideia é expressar as necessidades dos clientes de forma que todos da equipe compreendam. Nessa ferramenta a equipe se colocou no lugar do cliente e levantou os principais requisitos da compra de insumos deles pela cooperativa, conforme detalhado na Figura 2.

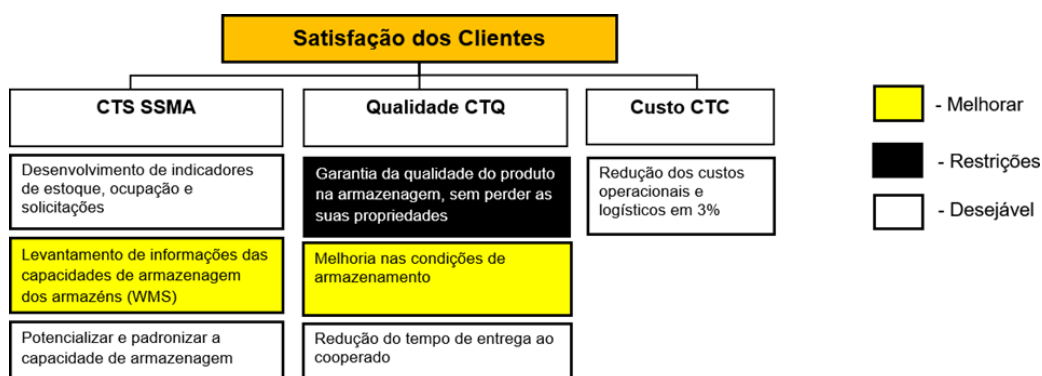


Figura 2: Árvore de requerimentos (Fonte: Autores)

Cada requisito influencia diretamente na satisfação do cliente, por isso são classificados em três vertentes: aqueles que precisam ser melhorados, pois não estão adequados; outros foram considerados restrições, já que de forma alguma podem ocorrer, pois afeta diretamente a qualidade do insumo comprado; por último, foram classificados aqueles requisitos que são mais complexos e podem melhorar em muito a qualidade do serviço prestado pela cooperativa. Após a elaboração da árvore de requisitos, foi mapeado o processo da armazenagem de insumos através do mapa SIPOC. Nesta ferramenta foram identificados os fornecedores, as entradas, os processos, as saídas e clientes da atividade estudada, como é possível visualizar na Figura 3.

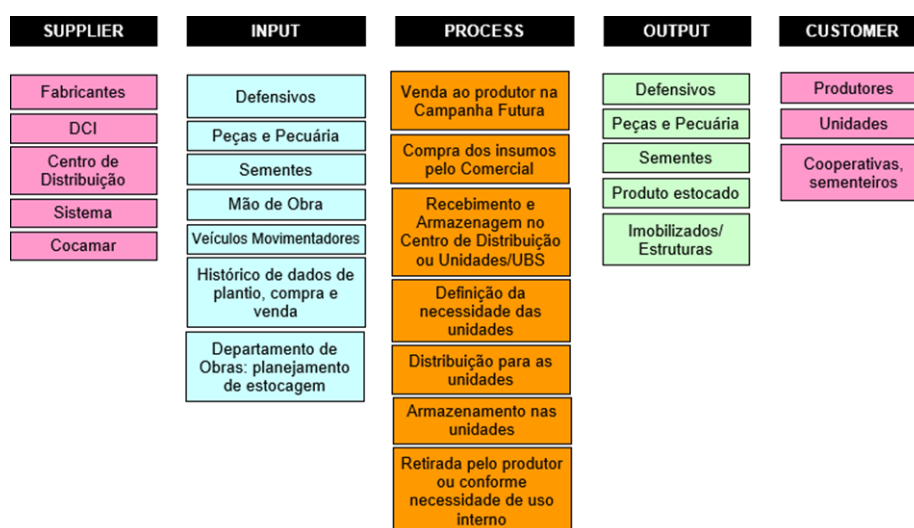


Figura 3: Mapa SIPOC (Fonte: Autores)

O mapa SIPOC identificou de forma ampla os principais processos que a equipe deveria se preocupar em aprofundar e estudar. Além disso, com o mapa em mãos, foi possível, junto aos especialistas da equipe, validar se os fornecedores e clientes estavam de acordo com os processos executados. Após os principais processos terem sido conhecidos e discutidos pela equipe foi proposto um estudo mais analítico, baseado na ferramenta do Diagrama de Pareto, onde 20% de toda a movimentação de entrada e saída dos armazéns das unidades, geram 80% dos resultados. Isso foi feito para identificar quais eram as principais unidades que armazenam insumos a serem comercializados em cada região.

Então, através do sistema ERP da cooperativa, foi possível gerar relatórios de dados com as informações relativas as unidades, estoques e produtos armazenados. Desta forma, análises foram realizadas para identificar as principais unidades, variação de entrada por mês e produtos de maior impacto da operação. Através da análise concluiu-se quais as principais unidades que recebem e armazenam insumos, além de detalhar quais os principais produtos comercializados e distribuídos. Além disso, foi possível perceber que os meses de janeiro, fevereiro, março e setembro são os meses em que as unidades mais recebem insumos, fato justificado pelas campanhas de vendas pré-safra.

4.2. Medir

A primeira ação da etapa Medir foi realizar o mapeamento de processos, com o objetivo de identificar oportunidades no processo e possíveis resistências a mudanças. O mapeamento de processos discute cada etapa da ferramenta SIPOC de forma detalhada trazendo informações relevantes as atividades. Para a construção do mapeamento de processos, entrevistas aconteceram com os colaboradores envolvidos nas áreas ligadas a armazenagem de insumos. No apêndice A é apresentado o mapeamento de processos de uma das áreas como exemplo, mas foram realizados mapeamento dos seguintes processos: comercialização insumos, recebimento, previsão demanda insumos, recebimento das unidades e recebimento centro de distribuição. Esses foram modelados com apoio do software Bizagi Modeler.

Com o mapeamento do processo de comercialização de insumos foi possível levantar características e diferenciações nos processos de acordo com a categoria do produto: defensivos, fertilizantes e corretivos, corretivos a granel, sementes e sementes de milho. Para cada categoria há um processo de fechamento de venda diferente, como por exemplo, no caso das sementes, existe a impressão de um termo de recomendação de plantio. Além disso, também foi tratado de possíveis problemas com a qualidade do produto, a partir de reclamações dos cooperados.

Já no processo de cálculo de previsão de demanda, quando foi mapeado, identificou-se as partes que envolvem a tomada de decisão na demanda futura. Quem participa desse

processo são as áreas de superintendência e comercial, onde a demanda é estipulada pela superintendência e operacionalizada pelo comercial, com as compras e vendas de insumos. Também foi possível perceber, ao realizar os mapeamentos, que os processos de recebimento de insumos por parte do centro de distribuição e pelas unidades ocorrem de maneiras distintas, mas incluem várias etapas de conferência de mercadorias, evitando assim, o recebimento de insumos avariados ou com quantidades e informações erradas.

Após a finalização dos mapeamentos de processos, o Diagrama Causa-Efeito, ou Diagrama de Ishikawa, foi elaborado. A finalidade do diagrama é entender as principais variáveis que envolvem o problema ou objeto do estudo. Essas variáveis são alocadas em seis categorias, sendo elas: métodos, mão de obra, meio-ambiente, material, máquinas e medições. Para o diagrama do estudo categorizou as variáveis em: custo, qualidade do produto, armazenamento, tempo de atendimento, máquina, disponibilidade, meio-ambiente e assertividade, como apresentado pela Figura 4.



Figura 4: Diagrama de Causa-Efeito (Fonte: Autores)

No diagrama, a questão a ser analisada é a qualidade no atendimento ao cooperado, um dos focos principais do projeto. Com a esquematização do diagrama ficou mais claro as variáveis que impactam no resultado, dessa forma, na etapa Melhorar, serão realizadas

ações para mitigar o efeito dessas variáveis no intuito de melhorar a qualidade do atendimento através dos insumos. Após a criação da ferramenta causa-efeito, a etapa de medições e levantamento de dados foi proposta para o seguimento do projeto. Essa ação foi dividida em três tarefas: priorização das unidades a serem medidas, definição de quais dados seriam levantados e quem seriam responsáveis, e por último, compilação dos dados e informações do estudo.

A priorização das unidades se baseou nas análises realizadas na etapa anterior, no qual foram levantadas as principais unidades do indicador de quantidade de pallets movimentados entre entradas e saídas no estoque. Para complementar a lista de priorizações de forma qualitativa, foi consultada a opinião de especialistas, que neste caso foram os gerentes executivos das áreas de Logística, Operação com Produtos e Comercial Insumos, consideradas as mais estratégicas para o futuro da cooperativa. Com as indicações realizadas por eles, foram priorizadas 40 unidades a serem estudadas.

Na segunda tarefa, uma lista de checagem foi elaborada para que todos os dados importantes para o desenvolvimento do projeto, fossem medidos e armazenados. Para essa listagem, foi realizado um levantamento com o gerente de armazenagem, através de uma conversa informal, onde informações quantitativas foram levantadas, tais como: largura, comprimento, pé-direito, quantidade de corredores de movimentação e distância da parede ao primeiro paleta de armazenagem. Além dos dados quantitativos, informações qualitativas foram adicionadas a lista de checagem, como: estado do piso, estado do teto, ocorrência de furtos recentes e se há perda ou reclamações de clientes.

Para levantamento das informações in loco, foi estruturado um plano de visitas e para isso foi dividido a equipe do projeto em quatro subequipes, que durante dois meses visitariam 10 unidades cada e compilariam todos os dados levantados em uma planilha central, que na etapa Analisar seria utilizada para cálculos como a capacidade de paletes armazenados. Assim, as visitas foram realizadas nas 40 unidades trazendo dados importantes ao projeto, como a falta de padronização de especificações entre os armazéns da cooperativa, ou seja, não houve no passado um modelo de construção que delimitava as medidas e estrutura para construção, locação ou reforma de um armazém. Ao mesmo tempo, também foi

possível concluir que não houve manutenções e nem foram realizados grandes investimentos para manter a boa conservação e estado dos armazéns.

4.3. Analisar

Na etapa Analisar, a partir dos dados obtidos nas unidades da cooperativa, foram calculadas as capacidades de armazenagem de cada armazém, considerando tanto a armazenagem ao nível do piso quanto em estruturas com múltiplos níveis, conforme as características específicas de cada instalação. Inicialmente, foi determinada a área total instalada de cada armazém por meio do produto entre a largura e o comprimento da edificação. Em seguida, para o cálculo da área líquida disponível para armazenagem, foram descontadas as áreas destinadas às rotas de fuga laterais, sendo a distância entre as paredes e os paletes mais próximos, conforme apresentado pela Equação 1.

$$\text{Capacidade total chão} = (\text{largura} \times \text{comprimento}) - \text{áreas de rota de fuga} \quad (1)$$

Com base nessa área útil, obteve-se a capacidade máxima de armazenagem ao nível do piso (em metros quadrados), a qual foi dividida pela área de ocupação de um paleta padrão, resultando na quantidade máxima de paletes que podem ser armazenados diretamente no chão. Adicionalmente, para determinar a área efetivamente disponível para armazenagem, foram consideradas as áreas de circulação e movimentação interna, especialmente os corredores centrais, sendo essas descontadas do total (Equação 2).

$$\text{Capac. líquida chão} = \text{Capac. total chão} - (\text{largura} \times \text{comprimento}) \times \text{n}^\circ \text{ áreas de movimentação} \quad (2)$$

A partir da identificação do número de níveis de armazenagem existentes em cada unidade, foi possível calcular também a capacidade total considerando o empilhamento vertical. Esse valor foi obtido multiplicando-se a capacidade de armazenagem ao nível do piso pelo número de níveis disponíveis (Equação 3).

$$\text{Capacidade total armazém} = \text{Capacidade líquida chão} \times \text{níveis de armazenagem} \quad (3)$$

Após o cálculo da capacidade dos armazéns, utilizando a ferramenta Microsoft Power BI e através dos sistemas de movimentação de insumos da cooperativa, foram

correlacionadas as informações de capacidade de paletes com a informação da quantidade de paletes armazenados pelo tempo. Com essa correlação, pode-se identificar os períodos e as unidades produtivas que excediam sua capacidade de armazenagem (Figura 5).



Figura 5: Análise da quantidade de paletes estocados no tempo (Fonte: Autores)

Na Figura 5, é apresentado um exemplo da análise de estocagem de paletes pelo tempo. Além dessa visualização de dados, em paralelo, também foram observadas as unidades que estavam com a menor percentual de ocupação, sendo que essas unidades não precisariam de investimentos focados no aumento da capacidade de seus armazéns, atingindo assim as metas de redução de custos e expansão da capacidade de armazenamento.

4.4. Sugestões para as etapas Melhorar e Controlar

Este trabalho foi desenvolvido a partir de um projeto em andamento, portanto, as etapas até aqui descritas detalham aquilo que já foi realizado pela equipe do projeto. Essas atividades concluídas até então foram validadas pela *champion* e pelo *sponsor* do projeto, responsáveis por assegurar que o escopo do projeto estava de acordo com as suas expectativas. Ainda no ciclo DMAIC, restaram, ainda em execução as etapas de Melhorar e Controlar. Dessa forma, serão apresentadas sugestões de condução de cada uma dessas etapas, para a conclusão do projeto no futuro.

Na etapa Melhorar, foi proposto um plano de ação detalhado com base na ferramenta 5W2H, amplamente utilizada na gestão de projetos para orientar a implementação de melhorias. Essa ferramenta permite a sistematização das ações por meio da definição de sete dimensões: *What* (o que será feito), *Why* (porque será feito), *Where* (onde será feito),

When (quando será feito), *Who* (quem será o responsável), *How* (como será feito) e *How much* (quanto custará). Nesse contexto, o plano de ação tem como objetivo viabilizar a implementação das melhorias identificadas, de forma a atender às expectativas de desempenho da operação.

Durante a etapa Analisar, foram identificados pontos críticos relacionados às estruturas de armazenagem e aos processos operacionais. A partir dessa análise, foram definidas três frentes estratégicas de atuação: Frente 1 – Gestão (focada em sistemas e indicadores), Frente 2 – Processos (voltada à padronização e eficiência operacional) e Frente 3 – Estruturas (relacionada à capacidade física de armazenagem). Com base nessas frentes, foi elaborado um plano de ação estruturado contendo 18 ações, com o intuito de propor intervenções que possibilitem resolver, mitigar ou melhorar os principais desafios identificados na operação de armazenagem da cooperativa.

Algumas dessas ações demandam prazos mais longos e investimentos significativos, sendo sua implementação condicionada à aprovação da diretoria da cooperativa. Entre as ações de maior impacto, destacam-se: I. Instalação de sistema de porta-paletes com níveis de altura compatíveis com o pé-direito das unidades; II. Implementação de sistema de porta-paletes específico para armazenagem de sementes em sacarias de grande porte; III. Adoção de um sistema de gerenciamento de armazenagem (WMS); e IV. Adoção de um sistema de gerenciamento de transportes (TMS).

As ações I e II exigem a elaboração de projetos técnicos específicos, com o dimensionamento adequado das estruturas de porta-paletes com base na planta baixa de cada unidade. A verticalização do armazenamento será viável apenas em unidades com pé-direito igual ou superior a 6 metros. Para viabilizar essa implantação, será necessário realizar visitas técnicas com fornecedores e prever um investimento financeiro significativo, visando o aumento da capacidade total de posições-paleta.

As ações III e IV têm foco na modernização da gestão da operação logística, por meio da automatização e rastreabilidade dos fluxos de entrada, armazenagem e saída de insumos. A implantação dos sistemas requererá investimento em softwares robustos, além da



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

adaptação da operação por meio da contagem física dos estoques, aplicação de sistemas de identificação (tagueamento) e capacitação dos colaboradores.

Paralelamente a essas iniciativas, foram propostas ações para solucionar problemas pontuais, como a redução de perdas por furtos, por meio da instalação de câmeras de vigilância, e a gestão da manutenção de equipamentos, com o objetivo de evitar paradas não programadas decorrentes de falhas em empilhadeiras. Por fim, o plano prevê a estruturação de indicadores de desempenho logístico, voltados ao controle da operação, à alocação eficiente dos insumos e ao monitoramento da qualidade dos produtos. A expectativa é que tais medidas contribuam para a elevação dos níveis de serviço percebidos por clientes e cooperados, com reflexos positivos no desempenho organizacional.

Já na etapa Controlar, a última do ciclo DMAIC, sugestões envolvem o uso ferramentas e tomadas de ação necessárias, a fim de que as melhorias sugeridas no plano de ação, uma vez implementadas, não se percam através do tempo. A primeira sugestão é a padronização dos novos processos criados pelo sistema de gestão de pedidos e gestão de armazenagem, juntamente com a nova rotina de tarefas, que o programa 5S pode implementar focado nos sentidos de limpeza, padronização, organização, utilização, disciplina e saúde. Essa documentação poderá ser escrita utilizando o modelo de instrução de trabalho (ITR), que a cooperativa já possui. Em paralelo a documentação padrão, também possui importância a tarefa de modelar e atualizar os processos alterados ou criados. Após a padronização e modelagem dos processos novos e alterados, é sugerido a estruturação da matriz de controle, a fim de que os ganhos possíveis do projeto sejam assegurados.

A matriz de controle deve ser preenchida com a atividade a ser controlada, em busca de destacar alguns fatores de controle, como: tipo de variável a ser analisada, indicador ou característica, limite superior e inferior de controle, método de coleta, assim como a amostra, o responsável para análise e a forma de registro. A matriz também prevê um plano de contingência, para que registre quais os possíveis erros operacionais que podem ocorrer na execução das atividades de pedidos, armazenagem e logística de transporte, e



quais ações podem ser tomadas, a fim de que o erro seja rapidamente corrigido e o processo volte a estabilidade.

Por fim, é sugerido que uma pesquisa seja aplicada junto aos clientes da cooperativa, a fim de entender qualitativamente se notaram a melhoria na armazenagem, acuracidade dos pedidos, tempo de transporte e qualidade dos insumos trabalhados. Essa pesquisa pode ser executada através de um formulário online, que poderão ser enviados aos contatos dos clientes. Neste formulário também poderá existir um campo aberto para sugestões e críticas acerca da operação de venda de insumos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No contexto de crescimento da cooperativa no setor de comercialização de insumos e sementes, o projeto *Lean Seis Sigma* para otimização de estruturas de armazenagem, foi desenvolvido seguindo as etapas do DMAIC. As três primeiras etapas (definir, medir, analisar) foram executadas no decorrer deste trabalho, já as etapas melhorar e controlar, foram estruturadas com sugestões de ações e ferramentas a serem aplicadas no seu desenvolvimento futuro.

Na etapa Definir, o escopo e meta do projeto foram definidos, como também os requisitos necessários para a execução dele. Através do mapa mental e do mapa SIPOC, todos os membros do projeto puderam nivelar o conhecimento em relação a operação de armazenagem, transporte e comercialização de insumos da cooperativa. Na etapa Medir, todos os mais de 40 armazéns da cooperativa foram medidos quantitativamente e qualitativamente. Nesta etapa, dificuldades na padronização de coleta de dados surgiram, devido ao alto número de armazéns e suas características particulares. Em vista disso, o dimensionamento e o cálculo de capacidade tiveram que ser estruturados um a um.

Devido à falta de dados precisos em relação aos insumos armazenados, na etapa Analisar foi necessário estudar minuciosamente os dados levantados para garantir acuracidade das informações coletadas, sendo assim, foi possível calcular o número de posições de armazenagem e comparar com o nível de estoque mantido. Com o Diagrama de Causa-

Efeito, ficaram claros os principais problemas da operação, além da capacidade limitada, como foi exemplificado um deles, a falta de gestão sistemática de insumos estocados.

Nas etapas de sugestão ao Melhorar e Controlar, ficou evidente que somente através da sistematização dos processos e de novos investimentos em estruturas porta paletes, o objetivo de otimizar e aumentar a capacidade de armazenagem será alcançado, do qual deve resultar em benefícios diretamente ligados a satisfação dos clientes e em um maior número de vendas.

Tendo vista o contexto complexo de muitas estruturas armazenadoras e a falta de gestão de dados destes estoques, a metodologia *Lean Seis Sigma* aplicada a este projeto, foi essencial para guiar as medições, análises quantitativas do estudo, como também para permitir a visualização e identificação de questões qualitativas, portanto, pode-se concluir que foi adequada a realidade da operação. Como recomendações futuras para este trabalho, estão a aplicação do plano de ação proposto, assim como a padronização dos processos de foram alterados, de forma a concluir as etapas do DMAIC propostas neste projeto. Também são sugestões, a padronização das demais áreas da empresa, buscando uma melhoria contínua de forma coordenada na empresa como um todo.

REFERÊNCIAS / REFERENCES / REFERENCIAS

ABREU, V. K. Metodologia Seis Sigma: um estudo de caso de melhoria de processo de fabricação em uma indústria de aromas localizada no sul do Brasil. Revista Anima Educação, 2022.

BARTHOLDI, J. J.; HACKMAN, S. T. Warehouse & Distribution Science: Release 0.89. Atlanta: Supply Chain and Logistics Institute. Atlanta, 2008.

BOWERSOX, D. J.; CLOSS, D. J. Logística Empresarial. O Processo de integração da cadeia de suprimento. São Paulo: Atlas, 2001.

CARROLL, C. T. Six Sigma for powerful improvement: A green belt DMAIC training system with software tools and a 25-lesson Course. CRC Press, 2013.



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

DA SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação. UFSC, Florianópolis, 4a. edição, v. 123, 2005.

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 7ª Ed. Grupo GEN, 2022. E-book. ISBN 9786559771653.

HARRY, M.; SCHROEDER, R. Six sigma: the breakthrough management strategy revolutionizing the world's top corporations. Currency, 2006.

MONTGOMERY, D. C. Why do lean six sigma projects sometimes fail?. Quality and Reliability Engineering International, 2016.

MORGAN, J.; BRENIG-JONES, M. Lean six sigma for dummies. John Wiley & Sons, 2012.

OLIVEIRA, R. K. M. Redução de desperdícios aplicando o Lean Manufacturing em um centro de distribuição. Repositório Institucional da Universidade Federal de Uberlândia, 2022.

PANDE, P. S., NEUMAN, R. P., CAVANAGH, R. R. The Six Sigma way team fieldbook: an implementation guide for project improvement teams. McGraw-Hill, 2002.

PYZDEK, T.; KELLER, P. Six sigma handbook. McGraw-Hill Education, 2018.

RICHARDS, G. Warehouse management: a complete guide to improving efficiency and minimizing costs in the modern warehouse. Kogan Page Publishers, 2017.

RUSHTON, A.; CROUCHER, P.; BAKER, P. The handbook of logistics and distribution management: Understanding the supply chain. Kogan Page Publishers, 2014.

WERKEMA, C. Criando a Cultura Lean Seis Sigma. Elsevier, 2012.

WOMACK, J. P. A máquina que mudou o mundo. Gulf Professional Publishing, 2004.