

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
FACULDADE DE ENGENHARIAS, ARQUITETURA E URBANISMO E GEOGRAFIA
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

EMILY COLLE DE ALMEIDA SOARES

**MELHORIA NO PROCESSO DE DESCARTE DE PRODUTO GERADO NA PARTIDA DE
PRODUÇÃO EM UMA FÁBRICA DE PROTEÍNA DE SOJA**

Campo Grande - MS

Novembro de 2025

Emily Colle de Almeida Soares

**MELHORIA NO PROCESSO DE DESCARTE DE PRODUTO GERADO NA PARTIDA DE
PRODUÇÃO EM UMA FÁBRICA DE PROTEÍNA DE SOJA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como
requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em
Engenharia de Produção da Universidade Federal de Mato
Grosso do Sul.

Orientador: Prof. Dr. Rafael Sanaiotte Pinheiro.

Campo Grande - MS

Novembro de 2025

EMILY COLLE DE ALMEIDA SOARES

**MELHORIA NO PROCESSO DE DESCARTE DE PRODUTO GERADO NA PARTIDA DE
PRODUÇÃO EM UMA FÁBRICA DE PROTEÍNA DE SOJA**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado pela Banca
Examinadora para obtenção do Grau de Bacharel, no
Curso de Engenharia de Produção da Universidade da
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

Campo Grande, 28 de novembro de 2025

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Rafael Sanaiotte Pinheiro – FAENG/UFMS – Orientador

Prof. Dr. Alexandre Meira de Vasconcelos – UTFPR

Prof. Dr. Marcos Lucas de Oliveira – FAENG/UFMS

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha família, que sempre carregou batalhas que eu talvez nunca compreenda por completo. A eles, que não tiveram as oportunidades que hoje eu tenho, mas que transformaram cada dificuldade em força para que eu pudesse chegar até aqui. Tudo o que conquistei até o momento é reflexo da coragem e da dedicação deles. Cada passo desta jornada foi por eles e para eles.

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer primeiramente a Deus, por ter me sustentado até aqui. Sei que sua mão esteve presente em cada etapa da minha jornada. Lembro-me como se fosse ontem, escrevendo no meu caderninho de metas que o meu maior sonho era entrar na tão desejada universidade federal. A Emily de dezesseis anos, que descobriu o mundo da Engenharia de Produção, certamente se orgulharia muito de ver até onde cheguei.

O caminho até aqui não foi nada fácil. Abdiqeui de momentos especiais com a minha família, passei muitas noites em claro estudando e tentando equilibrar minha vida acadêmica e profissional. Mas em todos esses desafios, tive a minha família ao meu lado, segurando minha mão e acreditando que esse dia chegaria. Agradeço imensamente a eles, que mesmo de longe sempre se fizeram presentes. Todas as vezes em que pensei em desistir, eram eles a minha força para continuar, por serem pessoas que não tiveram o privilégio das mesmas oportunidades que eu tive e por me amarem de forma tão única.

Meu agradecimento especial vai para a minha mãe, que sempre foi como uma águia na minha vida, olhando de cima, cuidando, protegendo e guiando meu caminho. Nunca esqueci, em tom de ameaça carinhosa, quando ela disse: “você vai, mas só volta formada”. Essa frase me acompanhou durante toda a jornada e, de certa forma, se tornou um estímulo nos momentos em que eu mesma duvidava que conseguiria. Foi ela quem sempre acreditou no meu potencial, mesmo quando eu insistia em duvidar.

Agradeço também aos amigos que estiveram presentes nessa caminhada, que me arrancaram sorrisos, compartilharam lágrimas e, de alguma forma, se tornaram minha família aqui.

Sou grata ainda aos professores que construíram nosso caminho até aqui, que nos transmitiram a dádiva de seus conhecimentos e contribuíram profundamente para nossa formação. Estendo meu agradecimento aos profissionais que estiveram presentes na minha trajetória acadêmica e que, com paciência e dedicação, nunca se negaram a me orientar e a me ensinar a ser uma profissional melhor.

A cada pessoa que fez parte dessa jornada, deixo aqui minha gratidão. Sem vocês, nada disso seria possível.

RESUMO

SOARES, Emily Colle de Almeida. **MELHORIA NO PROCESSO DE DESCARTE DE PRODUTO GERADO NA PARTIDA DE PRODUÇÃO EM UMA FÁBRICA DE PROTEÍNA DE SOJA.** Campo Grande – MS, 2025. Trabalho de Conclusão de Curso do curso de Engenharia de Produção – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

O presente Trabalho de Conclusão de Curso tem como objetivo analisar e propor melhorias no processo de descarte do produto gerado na partida de produção (*startup*) de uma planta industrial de proteína de soja funcional. O problema identificado refere-se ao volume inicial de material produzido que, embora apresente características físico-químicas semelhantes ao obtido após a estabilização do processo, é destinado à embalagem como resíduo proteíco, ocasionando perdas financeiras significativas. Para conduzir a investigação, aplicou-se a metodologia DMAIC, pertencente ao programa Seis Sigma, utilizando ferramentas como SIPOC, Voz do Cliente (VOC), Mapa de Processo e Diagrama de Ishikawa, além da análise de dados históricos referentes ao ano de 2024. A fase de Medição revelou que, ao longo do período analisado, o descarte das primeiras toneladas de *startup* resultou em um custo anual de R\$ 77.746,48. Após identificar a ausência de um sistema de recirculação como a principal causa do problema, duas alternativas de melhoria foram avaliadas, destacando-se a instalação de uma válvula diversora, que apresentou melhor viabilidade técnica e econômica. A implementação da solução possibilita o reaproveitamento integral do produto inicial, eliminando o descarte e reduzindo custos operacionais, contribuindo para o aumento do rendimento e para a melhoria contínua do processo produtivo.

Palavras-chave: Gestão da qualidade. Melhoria de processo. DMAIC. *Startup*. Proteína de soja. Descarte.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Project Charter	15
Figura 2 - Mapa de Processo da Produção de Proteína de Soja Funcional	17
Figura 3 - Matriz Dentro/Fora	19
Figura 4 - Toneladas por <i>Startup</i> em 2024	20
Figura 5 - Diagrama de <i>Ishikawa</i> das causas do descarte da primeira batelada (<i>startup</i>)	24

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Cálculo do Rendimento Anual	21
Tabela 2 - Custo por produção mensal	22
Tabela 3 - Orçamentos	26

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - SIPOC do Processo de Proteína de Soja	16
Quadro 2 - <i>VOC</i> do processo	19

Sumário

1.	INTRODUÇÃO	11
2.	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	11
2.1.	Caracterização da Empresa Analisada	12
2.2.	DMAIC	13
2.3.	Coleta de Dados	13
3.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	14
3.1.	Definição	14
3.1.1.	Termo de Abertura do Projeto	14
3.1.2.	Caracterização do Processo Atual	15
3.1.3.	Voz do Cliente (VOC)	18
3.1.4.	Matriz Dentro e Fora	19
3.2.	Medir	20
3.3.	Análise	22
3.3.1.	Identificação das causas potenciais	22
3.3.2.	Validação das causas	25
3.4.	Melhoria	25
3.5.	Controle	27
4.	CONCLUSÕES	27
5.	REFERÊNCIAS	29

1. INTRODUÇÃO

A crescente competitividade no ambiente industrial tem impulsionado as organizações a buscar maior eficiência em seus processos, com o objetivo de reduzir custos, eliminar desperdícios e melhorar a qualidade dos produtos. Nesse contexto, a gestão da qualidade surge como um elemento estratégico para a sustentabilidade e o desempenho das empresas. Segundo Paladini (2019), a qualidade deve ser compreendida como um conjunto de práticas integradas que envolvem o planejamento, o controle e a melhoria contínua dos processos produtivos, com foco na satisfação do cliente e no aperfeiçoamento organizacional.

No setor industrial de proteína de soja funcional, o controle e a eficiência dos processos são fatores determinantes para a redução de perdas e aumento da produtividade. Durante o *startup* (partida de produção), é comum a ocorrência de volumes iniciais de produto fora dos parâmetros de qualidade, o que acarreta desperdício de matéria-prima e custos adicionais. Conforme Carpinetti (2016), a análise de processos produtivos é essencial para identificar pontos críticos e propor melhorias baseadas em dados concretos e no uso de ferramentas da qualidade.

Nesse contexto, este trabalho busca analisar o processo produtivo de uma planta de proteína de soja funcional, com foco na destinação do produto gerado durante a partida da planta. A metodologia DMAIC, pertencente ao programa *Seis Sigma*, foi aplicada com o intuito de identificar, medir e eliminar causas de variação e desperdício, promovendo melhorias contínuas no desempenho do processo (AGUIAR, 2012).

Diante desse cenário, este trabalho tem como objetivo geral reduzir as perdas financeiras decorrentes do descarte de produto gerado durante o startup da planta de proteína de soja funcional por meio da aplicação da metodologia DMAIC e da implementação de melhorias no processo de destinação do material inicial de produção. Para alcançar esse propósito, busca-se analisar o processo produtivo da planta com foco na partida de produção, identificar as causas do descarte, quantificar o impacto financeiro das perdas e aplicar ferramentas da qualidade, como SIPOC, Voz do Cliente (VOC), Diagrama de Ishikawa e Matriz Dentro/Fora. Para alcançar esse propósito, busca-se analisar o processo produtivo da planta com foco na partida de produção e identificar as causas do descarte, quantificar o impacto financeiro das perdas e propor uma solução que reduza desperdícios e aumente o rendimento produtivo.

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este trabalho caracteriza-se como uma pesquisa aplicada, de abordagem prescritiva, com base em dados reais obtidos em ambiente industrial. A metodologia adotada foi o DMAIC, que integra o

programa Seis *Sigma*, uma abordagem sistemática voltada à redução de variação e melhoria do desempenho dos processos (AGUIAR, 2012). A aplicação dessa metodologia permitiu diagnosticar, analisar e controlar as causas do problema de desperdício, contribuindo para a melhoria contínua do processo produtivo.

2.1. Caracterização da Empresa Analisada

O estudo foi conduzido em uma indústria do setor de alimentos, dedicada ao processamento de matérias-primas vegetais para obtenção de ingredientes utilizados em diferentes cadeias produtivas. A empresa opera com padrões reconhecidos de qualidade, eficiência e sustentabilidade, característicos de organizações desse segmento.

A planta industrial analisada é especializada na produção de proteína de soja funcional, obtida a partir do farelo branco, uma matéria-prima desengordurada resultante do processo de extração com solvente hexano aplicado ao farelo de soja. Esse material é composto predominantemente por proteínas, carboidratos e fibras, servindo como base para o desenvolvimento de produtos proteicos de alto valor agregado.

Na planta de proteína de soja funcional ocorre o processamento do produto S, obtido por meio da separação dos componentes ácidos do farelo branco, etapa que tem como finalidade reduzir a fração de carboidratos e elevar o teor de proteína para aproximadamente 75%. O processo inclui dosagem, decantação, centrifugação e secagem por aspersão, garantindo a qualidade e as propriedades funcionais do material produzido.

Após o processamento, o material é direcionado ao prédio de operações, onde são conduzidas as etapas de tratamento dos produtos semi acabados, além das atividades de envase e expedição. A proteína de soja funcional possui importância industrial e nutricional significativa, sendo amplamente utilizada na formulação de alimentos processados, suplementos e ingredientes funcionais. A soja é reconhecida como uma das principais fontes de proteína vegetal de alta qualidade, apresentando um perfil de aminoácidos essencial equilibrado e digestibilidade comparável à de proteínas animais. Além disso, seu uso tem crescido globalmente devido aos benefícios nutricionais e à contribuição para a sustentabilidade ambiental (QIN; WANG; LUO, 2022). As proteínas de soja possuem ampla aplicação na formulação de produtos alimentícios, sendo valorizadas por sua versatilidade tecnológica, elevado teor proteico e potencial de substituição das proteínas de origem animal, o que as torna insumos estratégicos no setor alimentício moderno (QIN; WANG; LUO, 2022).

Apesar da relevância produtiva do processo, observou-se que durante a partida da planta (*startup*) ocorre a geração de um volume inicial de produto que, embora apresente características físico-químicas semelhantes ao material estável do processo, é destinado à venda como resíduo. Essa prática resulta em perdas financeiras significativas, uma vez que o produto descartado possui custo de fabricação equivalente ao regular, porém é comercializado com valor agregado reduzido.

Diante desse cenário, tornou-se necessário analisar o processo de *startup* sob a ótica da gestão da qualidade e da eficiência operacional, buscando reduzir o desperdício e aumentar a rentabilidade da produção. Para isso, adotou-se a metodologia DMAIC, pertencente ao programa Seis Sigma, que oferece uma estrutura sistemática para identificação, mensuração e eliminação de causas de variação e perda nos processos industriais.

2.2. DMAIC

De acordo com Carpinetti (2016), as metodologias de gestão da qualidade baseadas em dados, como o Seis *Sigma*, são essenciais para o aprimoramento contínuo dos processos produtivos. O DMAIC, principal método associado ao Seis *Sigma*, estrutura-se em cinco etapas: Definir (*Define*), Medir (*Measure*), Analisar (*Analyze*), Melhorar (*Improve*) e Controlar (*Control*).

No presente estudo, o DMAIC foi aplicado para identificar e implementar melhorias no processo de destinação do produto S proveniente do *startup* da planta de proteína de soja funcional, com o objetivo de minimizar desperdícios, e eliminar perdas financeiras decorrentes da venda do produto como resíduo. Essa abordagem possibilitou a análise detalhada do processo, a quantificação dos impactos econômicos associados às perdas e a definição de soluções técnicas e financeiramente viáveis para o reaproveitamento do material.

2.3. Coleta de Dados

A coleta de dados foi realizada com base em registros históricos de produção extraídos do sistema corporativo, abrangendo o período de janeiro a dezembro de 2024. Foram analisadas informações referentes à quantidade de *startups* realizados, volumes de produção, consumo de matéria-prima e custos diretos associados.

Além disso, foram conduzidas entrevistas com engenheiros de processo e operadores, complementadas por observações diretas durante o *startup*, a fim de compreender o comportamento operacional e validar as causas das perdas. Segundo Costa, Epprecht e Carpinetti (2018), a coleta e análise sistemática de dados são etapas fundamentais para o controle estatístico e a tomada de decisão baseada em evidências.

Esses dados serviram de base para as etapas de Medição e Análise do DMAIC, permitindo quantificar as perdas, identificar causas-raiz e avaliar o impacto financeiro das melhorias implementadas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Definição

3.1.1. Termo de Abertura do Projeto

O presente projeto teve início a partir da identificação de perdas financeiras associadas ao descarte do material produzido durante a partida da linha de fabricação do Produto S. Esse material inicial, conhecido como produto de *startup*, é segregado por não atender, de imediato, aos parâmetros de qualidade e estabilidade requeridos pelo processo. Entretanto, ele apresenta características próximas às especificações desejadas, o que motivou a investigação sobre a possibilidade de seu reaproveitamento.

O *Project Charter* (termo de abertura de projeto), apresentado na Figura 1, formaliza o início do estudo, descreve o problema, define a meta e estabelece os limites de atuação do projeto. O documento orienta a análise do processo produtivo e delimita os elementos que serão avaliados nas etapas subsequentes do DMAIC.

Figura 1 - Project Charter

PROJECT CHARTER	
1 – Nome do Projeto	2 – Código
Melhoria no Processo de Descarte do Produto Gerado na Partida de Produção	EPGP001
3 – Equipe do Projeto	3.1 - Área de Iotação
Emily Colle de Almeida Soares Raphael Rossi Thiago Nasser	Processos Industriais Gerência da Planta de Processamento Supervisão de Produção e Expedição
4 - Data de Início	01/03/2025
5 - Data de Término	01/09/2025
INFORMAÇÕES DO PROCESSO	
6 – Descrição do Problema	Durante o startup da planta de proteína de soja funcional, a primeira batelada produzida não atende imediatamente aos parâmetros de qualidade e é descartada como resíduo, gerando perdas financeiras mesmo apresentando características próximas às do produto final.
7 – Definição da Meta	Reducir as perdas financeiras decorrentes do descarte da primeira batelada gerada no startup da planta de proteína de soja funcional, por meio da aplicação da metodologia DMAIC, com análise do processo, identificação das causas do descarte e definição de ações de melhoria que aumentem o rendimento e a estabilidade operacional.
8 - Escopo	Início do Processo: Etapas do startup da planta de proteína de soja funcional, desde a dosagem do farelo branco até a secagem por aspersão. Fim do Processo: Chegada do produto de startup ao prédio de operações para armazenamento e decisão de destinação.

Fonte: Autora (2025)

3.1.2. Caracterização do Processo Atual

Para uma compreensão clara do processo em estudo, foram aplicadas as ferramentas SIPOC e Mapa de Processo, permitindo uma visão estruturada do fluxo produtivo e a identificação dos elementos críticos. A Tabela 1 ilustra melhor o uso da ferramenta SIPOC para este processo.

Foi realizado um mapeamento do processo com o objetivo de facilitar o entendimento do fluxo da matéria-prima até a produção. Foi considerado a comunicação entre o setor *MAIN* (responsável pelo armazenamento da matéria-prima) e o setor *FC* (responsável pela planta produtiva) no mapeamento realizado. O fluxo descrito pode ser mais bem visualizado por meio do mapa de

processo apresentado na Quadro 1, que representa cada etapa percorrida pela matéria-prima desde o armazenamento no setor *MAIN* até o processamento completo no setor *FC*.

Quadro 1 - SIPOC do Processo de Proteína de Soja

<i>Suppliers</i>	<i>Inputs</i>	<i>Process</i>	<i>Outputs</i>	<i>Customers</i>
Fornecedores	Insumos	Processo	Produtos	Clientes
Planejamento e Controle de Produção	Ordem de produção	Entrada e pesagem do farelo	Farelo pesado	Linha de produção
<i>Main</i>	Matéria prima (farelo branco)			
Empresa Acrison	Balança			
Linha de Produção	<i>Decanter</i> (Separação) <i>Jet cooker</i> (cozimento) <i>Spray dryer</i> (secagem)	Processamento final da proteína	Produto S	Linha de embalagem
Linha de embalagem	Produto gerado na partida da planta	Ensaque do produto	Produto embalado como resíduo proteico	Setor de Vendas

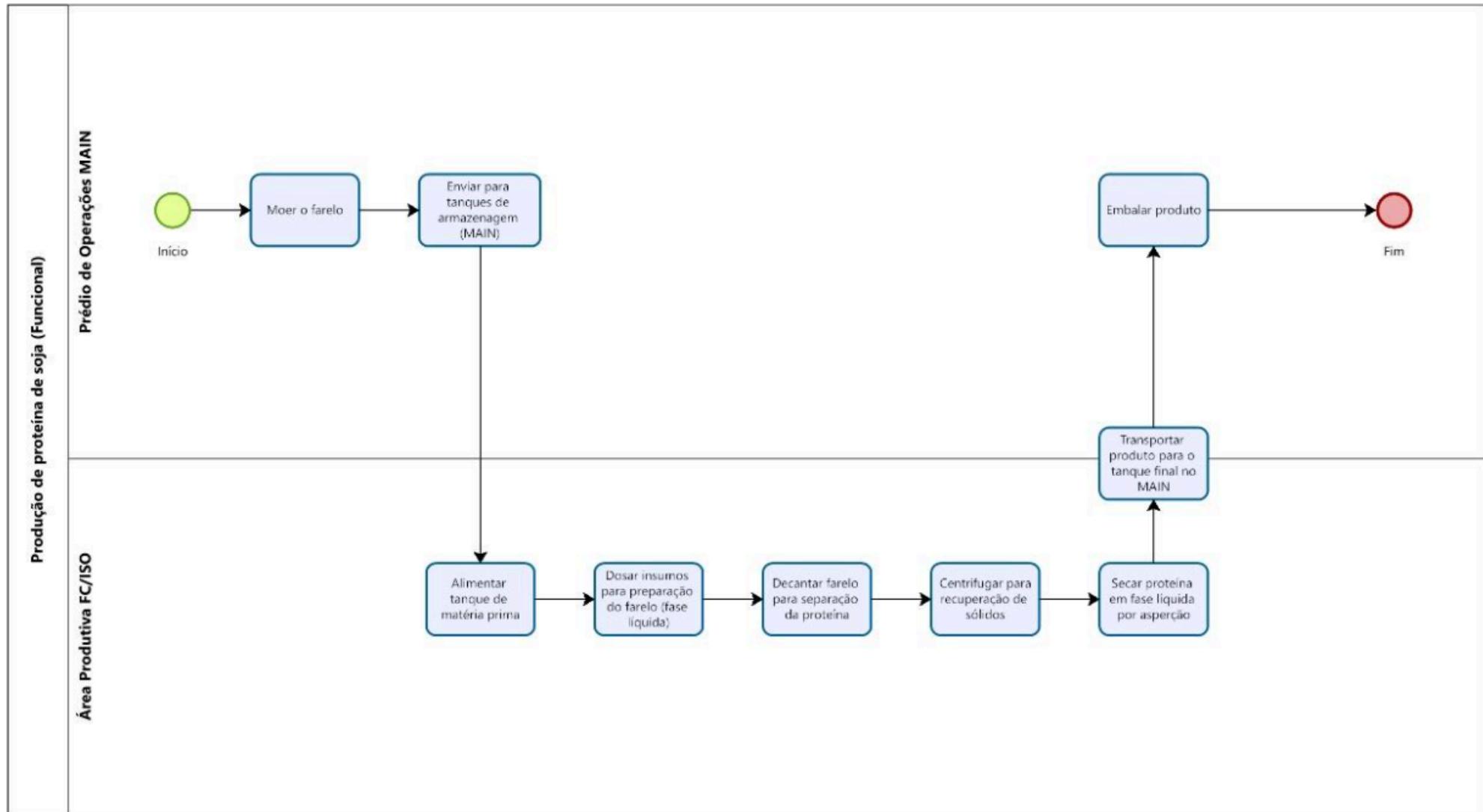
Fonte: Autora (2025)

O processo produtivo inicia-se no setor *MAIN*, onde a matéria-prima é recebida e armazenada em um tanque que abastece o setor *FC*, responsável pela extração da proteína. No *FC*, a batelada é recebida no tanque de farelo branco, que possui uma balança de fluxo. Quando a massa atinge uma tonelada, ocorre o descarregamento automático para a linha de produção, seguindo pelas etapas de dosagem de insumos, decantação, centrifugação e secagem por aspersão.

Após o término do processo, o produto é retornado ao setor *MAIN*, onde é armazenado em um tanque final que alimenta as linhas de embalagem, concluindo o fluxo produtivo.

Esse é o fluxo específico da matéria-prima destinada à produção do Produto S, foco deste estudo. O mesmo fluxo ocorre durante a produção estável; entretanto, embora o produto inicial não seja descartado, o processo atual impede seu reaproveitamento em reprocessos, ocasionando desperdício de potencial produtivo e impacto financeiro.

Figura 2 - Mapa de Processo da Produção de Proteína de Soja Funcional



Fonte: Autora (2025)

3.1.3. VOZ DO CLIENTE (VOC)

De acordo com Paladini (2012), a Gestão da Qualidade é composta por um conjunto de atividades coordenadas que visam dirigir e controlar uma organização no que diz respeito à qualidade, abrangendo o planejamento, controle, garantia e melhoria contínua da qualidade. Após análise das fases do processo e identificação dos principais clientes foi utilizada a ferramenta Voz do Cliente (VOC).

A qualidade deve ser compreendida a partir da perspectiva do cliente. Portanto, a voz do cliente é uma expressão das necessidades, expectativas e preferências em relação a um produto ou serviço. Nesse contexto, essa ferramenta é essencial no planejamento de melhorias e problemas nos processos, auxiliando na definição de parâmetros que garantam a satisfação do cliente e a eficiência operacional.

A análise contribuiu para visualizar oportunidades de melhoria e embasar a busca por alternativas que reduzam o desperdício e aumentem o aproveitamento desse material dentro da produção. A partir dessa análise, foram determinadas as variáveis críticas para o processo (CTP - *Critical to Process*) e para a qualidade (CTQ - *Critical to Quality*), fundamentais para garantir que as melhorias propostas estejam de acordo com o objetivo do projeto.

Dessa forma o VOC desse projeto foi criado com base nas necessidades do processo de produção em relação ao descarte de resíduo proteico gerado na partida de produção. O Quadro 2 apresenta a estrutura destacando os principais clientes afetados. O setor *Main*, responsável pelo ensaque do material, e a gestão administrativa, que busca alternativas para minimizar desperdícios e otimizar a eficiência operacional.

Quadro 2 - VOC do processo

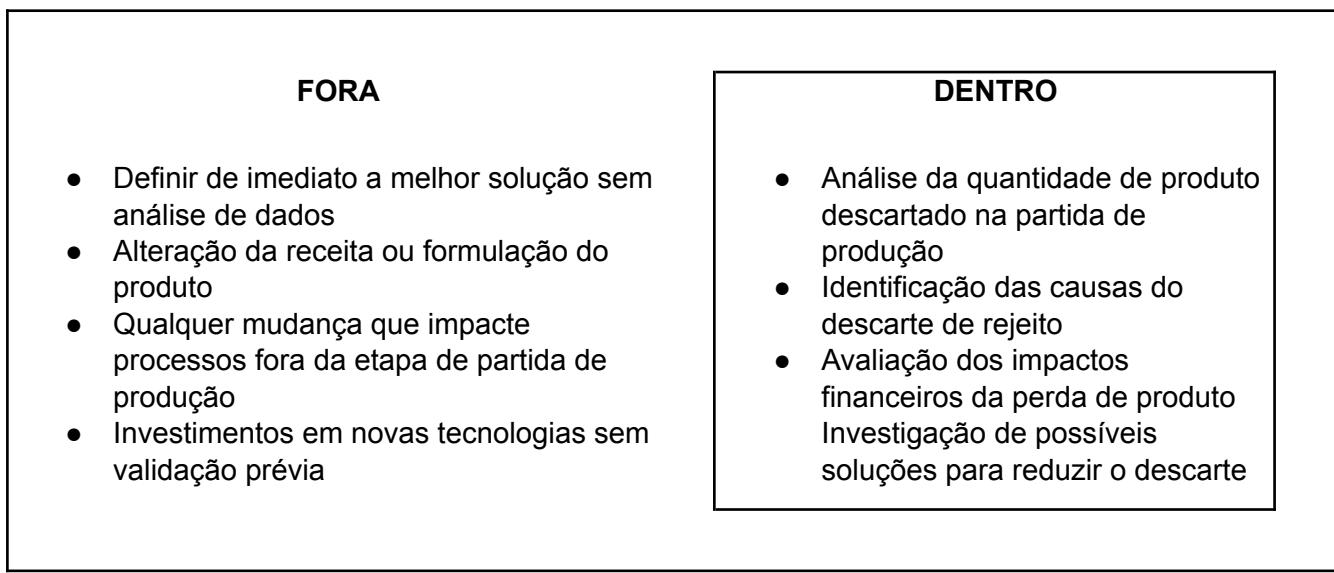
Necessidade	Cliente	Direcionado	CTP/CTQ
Reducir o descarte de resíduo gerado na partida de produção	Setor Main	Eficiência de Produção	Quantidade de resíduo proteico embalado por mês
			Custo do descarte por tonelada
	Gestão	Perdas financeiras	Custo do descarte por tonelada
			Alternativas para melhor aproveitamento do resíduo proteico.

Fonte: Autora (2025)

3.1.4. Matriz Dentro e Fora

Para a finalização da etapa de definição do projeto, foi delimitado o escopo do estudo de melhoria, identificando quais aspectos serão analisados e quais estão fora do escopo. Para isso, foi utilizado o modelo da Matriz Dentro e Fora, que permite uma visão mais clara dos limites do projeto conforme apresentado no Figura 3

Figura 3 - Matriz dentro e fora



Fonte: Autora (2025)

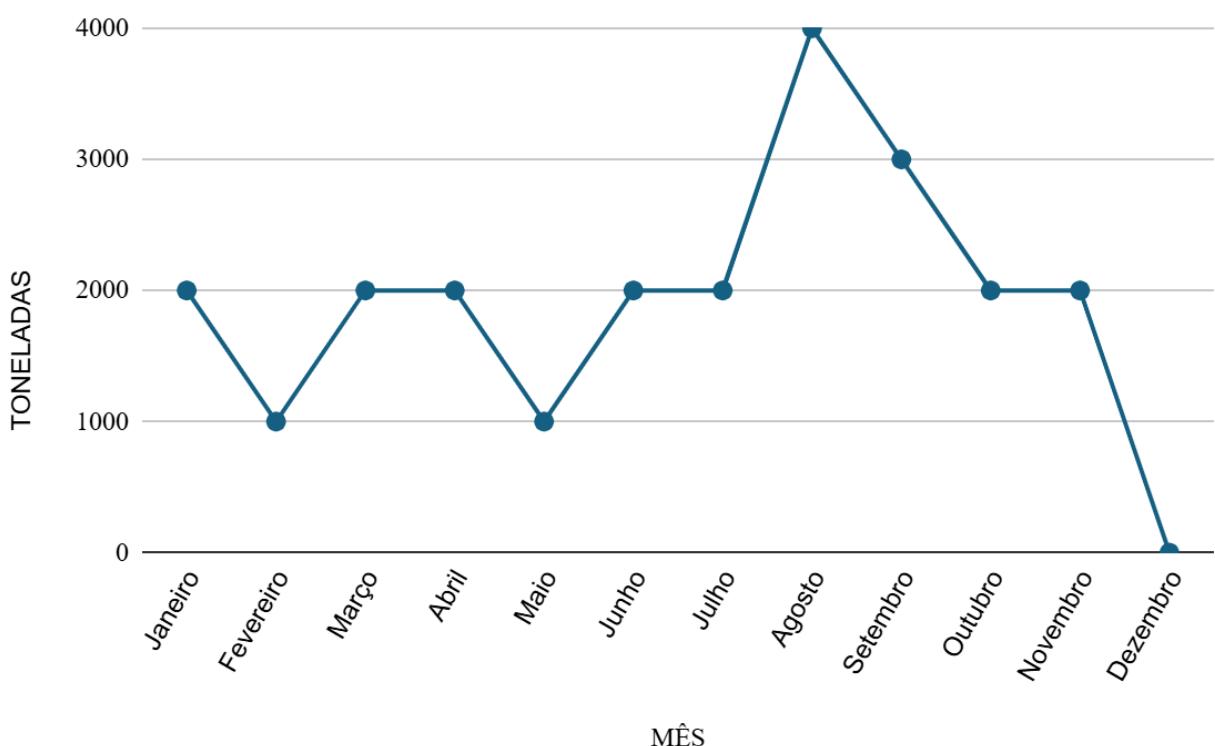
Assim fica mais bem definido os elementos incluídos no escopo que envolve a análise detalhada do descarte de produto de partida de produção, identificação das causas desse descarte, avaliação do impacto financeiro e investigação de possíveis soluções. Por outro lado, aspectos como a definição imediata da solução sem análise de dados, mudanças na formulação do produto, alterações em

processos externos à partida de produção e investimentos diretos sem validação foram excluídos do escopo.

3.2. Medir

Na fase de Medição foi realizado uma análise de dados coletados antes de qualquer mudança no processo, dados foram extraídos do sistema corporativo, considerando o histórico de produção da planta no período de janeiro a dezembro de 2024. A principal análise foi a quantidade de *startups* que a planta realizou dentro desse período, levando em consideração para a produção de Produto S. O *startup* da planta ocorre em regime de bateladas, sendo que cada batelada corresponde a 1 tonelada de produto inicial. A Figura 4, a seguir, apresenta um gráfico da variação de toneladas produzidas por *startup* em cada mês do ano de 2024.

Figura 4 - Toneladas por *Startup* em 2024



Fonte: Autora (2025)

De acordo com o histórico anual de 2024, foram registradas 23 *startups*. Vale destacar que no mês de dezembro não houve *startups*, uma vez que a planta esteve parada para manutenção programada. As *startups* ocorrem normalmente em partidas de planta, principalmente durante trocas de produto. De acordo com a Tabela 1, nesse intervalo, a planta produziu 12.084.132,09 toneladas

de Produto S a partir do consumo de 16.904.362,83 toneladas de matéria-prima, o que resultou em um rendimento operacional médio de 71,49%.

A diferença de 28,51% corresponde às perdas inerentes ao processo produtivo, que incluem, mas não se limitam ao descarte inicial da primeira tonelada. Entre essas perdas estão umidade residual, material retido em equipamentos, e outros fatores operacionais que impactam o rendimento total.

Tabela 1 - Cálculo do Rendimento Anual

Produção de Produto S (ton)	12.084.132,09
Matéria Prima (ton)	16.904.362,83
Rendimento (%)	71,49

Fonte: Autora (2025)

Considerando o rendimento médio anual de 71,49%, estima-se que, para cada *startup*, a planta consuma aproximadamente 1.408,45 kg de matéria-prima até que o processo atinja a estabilidade operacional. Desse total consumido, apenas 1.000 kg se convertem no produto gerado antes da estabilização, o qual não atende aos parâmetros de qualidade e, por isso, é segregado como resíduo proteico.

Os 408,45 kg restantes não se transformam em produto devido às perdas inerentes ao rendimento do processo, que incluem umidade retida, material aderido aos equipamentos e variáveis próprias das etapas de secagem, centrifugação e decantação. Dessa forma, embora o consumo inicial de matéria-prima seja maior que o volume descartado, somente a primeira tonelada corresponde ao material inutilizável, sendo esse valor utilizado como base para o cálculo das perdas financeiras associadas ao *startup*.

Em alinhamento com o setor de custos, identificou-se que o custo de processamento da matéria-prima é de R\$ 2,40/kg. Ressalta-se que a composição detalhada desse valor não é apresentada, pois envolve informações internas da organização relacionadas a custos operacionais, energéticos, depreciativos e logísticos, cuja divulgação é restrita. Portanto, este estudo adota o custo consolidado fornecido pela empresa, garantindo a preservação das políticas de confidencialidade corporativa.

Tabela 2 - Custo por produção mensal

Mês	Número de Partidas	Consumo de Matéria prima por Partida (ton)	Consumo Total por <i>Startup</i> (ton)	Custo Total (R\$)
Janeiro	2	1.408,45	2.816,90	R\$ 6.760,56
Fevereiro	1	1.408,45	1.408,45	R\$ 3.380,28
Março	2	1.408,45	2.816,90	R\$ 6.760,56
Abril	2	1.408,45	2.816,90	R\$ 6.760,56
Maio	1	1.408,45	1.408,45	R\$ 3.380,28
Junho	2	1.408,45	2.816,90	R\$ 6.760,56
Julho	2	1.408,45	2.816,90	R\$ 6.760,56
Agosto	4	1.408,45	5.633,80	R\$ 13.521,13
Setembro	3	1.408,45	4.225,35	R\$ 10.140,85
Outubro	2	1.408,45	2.816,90	R\$ 6.760,56
Novembro	2	1.408,45	2.816,90	R\$ 6.760,56
Dezembro	0	1.408,45	0	R\$ -
Total	23	Valor Fixo	32.394,35	R\$ 77.746,48

Fonte: Autora (2025)

3.3. Análise

A etapa de Análise tem como objetivo identificar as causas-raiz do problema de descarte de produto durante o processo de *startup* da planta de proteína de soja, buscando compreender os fatores que contribuem para as perdas de rendimento observadas e seus impactos financeiros.

3.3.1. Identificação das causas potenciais

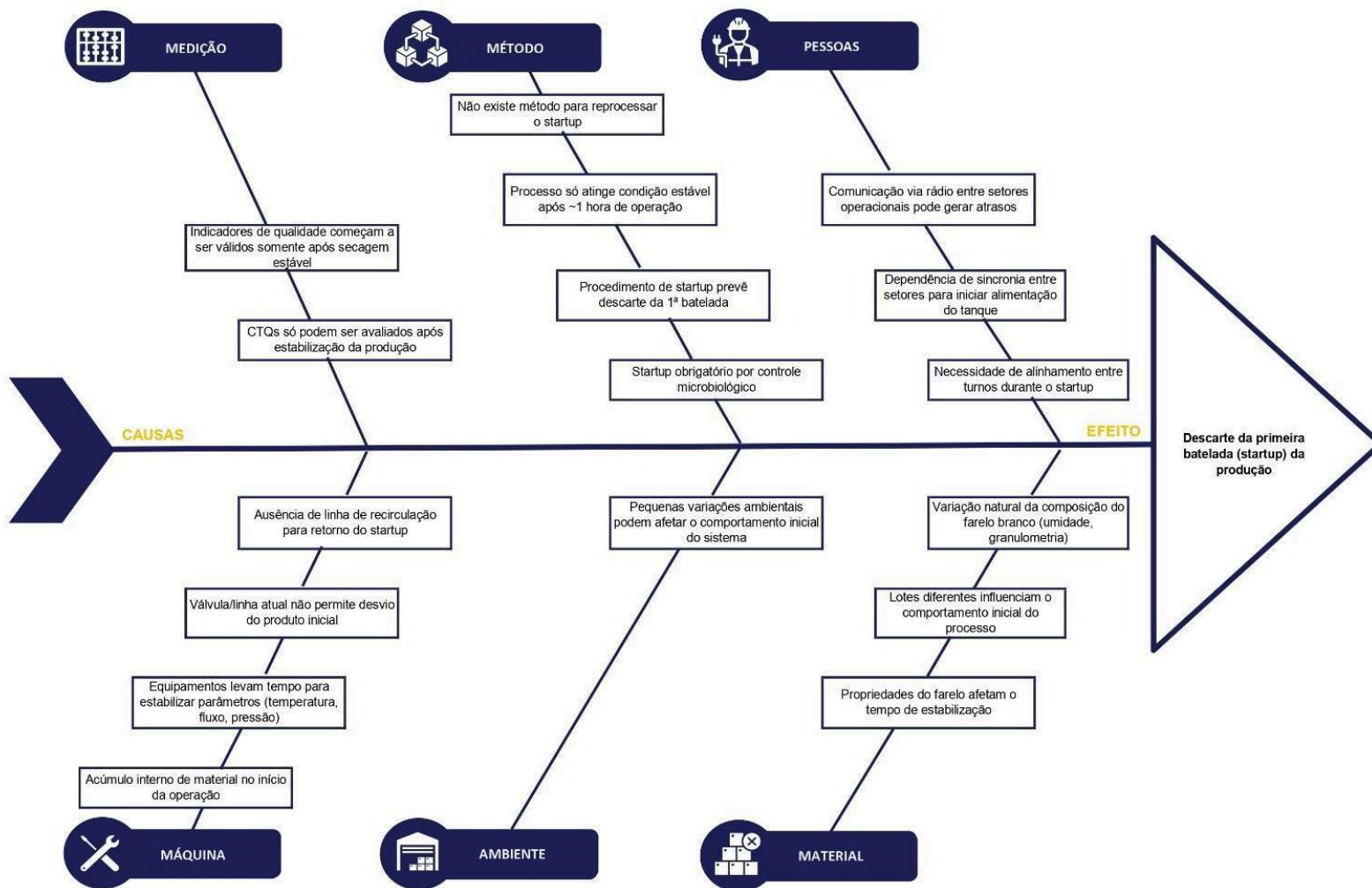
A identificação das causas do descarte do produto gerado na primeira batelada foi realizada por meio do Diagrama de Ishikawa, uma ferramenta amplamente utilizada na análise de causas e efeitos para estruturar, de forma sistemática, os fatores que influenciam um problema operacional. O diagrama organiza as possíveis causas em seis categorias: Máquina, Método, Material, Mão de

Obra, Meio Ambiente e Medição, permitindo uma visão abrangente dos elementos que impactam a fase de startup da planta.

A análise evidenciou que, no início do processo produtivo, os equipamentos ainda se encontram em fase de estabilização térmica e operacional, condição que impede a obtenção imediata de um produto dentro dos parâmetros de qualidade. Além disso, o procedimento operacional vigente estabelece que a primeira batelada seja segregada devido a requisitos microbiológicos e à necessidade de estabilidade do sistema de secagem. A ausência de um sistema físico de recirculação também se destaca como um fator crítico, uma vez que o produto inicial, embora com potencial para reaproveitamento, não pode retornar automaticamente ao tanque de matéria-prima.

A Figura 5 apresenta o Diagrama de Ishikawa construído para o processo estudado.

Figura 5 - Diagrama de Ishikawa das causas do descarte da primeira batelada (*startup*)



Fonte: Autora (2025)

3.3.2. Validação das causas

A validação das causas identificadas foi conduzida por meio da análise de dados históricos de produção extraídos do sistema, observações diretas durante *startups* e entrevistas com operadores dos setores MAIN e FC. As evidências coletadas confirmaram que o principal fator responsável pelo descarte da primeira batelada é a inexistência de um mecanismo que permita o reprocesso seguro e padronizado do produto inicial.

Observou-se que a estabilização dos equipamentos requer aproximadamente uma hora de operação até que o sistema de secagem alcance parâmetros estáveis. Durante esse período, o material produzido ainda não apresenta as especificações físico-químicas necessárias para liberação conforme os parâmetros de qualidade estabelecidos. Assim, embora o procedimento operacional determine o descarte por motivos técnicos e de segurança microbiológica, identificou-se que esse material poderia ser reaproveitado caso existisse uma alternativa de retorno ao tanque de matéria-prima.

Dessa forma, a validação confirma que a causa predominante da perda de valor agregado está relacionada à ausência de um sistema de recirculação, reforçando a necessidade de uma intervenção que permita o redirecionamento da primeira batelada para reprocesso, eliminando o descarte e aumentando o rendimento produtivo.

3.4. Melhoria

Com base na causa-raiz identificada (ausência de um sistema de recirculação) foram levantadas duas alternativas de melhoria para eliminar as perdas de valor agregado durante o *startup* da planta:

- Alternativa 1 - Construção de uma nova linha de interligação entre o setor de produção e o tanque de matéria-prima, possibilitando o retorno direto do produto inicial ao processo;
- Alternativa 2 - Aquisição e instalação de válvulas divisoras na linha de embalagem, com derivação para a linha do tanque de matéria-prima, permitindo o redirecionamento da primeira batelada sem necessidade de uma nova tubulação completa.

Para a Alternativa 1, foram realizados orçamentos com diferentes fornecedores, dos quais se destacaram duas empresas como principais opções. Os valores orçados para a construção da linha foram, respectivamente, R\$ 253.710,07 e R\$ 336.388,62, conforme Tabela 6 a seguir.

Após análise técnica e econômica, a primeira alternativa foi descartada. O investimento inicial para a construção da nova linha, que variava de R\$ 253.710,07 a R\$ 336.388,62, foi considerado economicamente inviável quando comparado ao custo anual da perda (R\$ 77.746,48). O tempo de

retorno estimado, calculado pela razão entre o investimento e a economia anual, resultou em um payback entre 3,3 e 4,3 anos, indicando que a alternativa não se justificaria economicamente. Além disso, o projeto exigiria intervenções estruturais relevantes, como ampliações entre os setores de armazenamento e produção, utilização de grande quantidade de tubulações, maior demanda de mão de obra mecânica e elétrica e integração adicional ao sistema de automação, elevando a complexidade e os custos de implementação.

Tabela 3 - Orçamentos

Supplier	Empresa X (R\$)	Empresa Y (R\$)
Tubos e acessórios	67.217,75	105.468,12
Mão de obra mecânica	57.948,00	81.439,50
Válvula	74.404,32	86.016,00
Infraestrutura elétrica	36.140,00	45.475,00
Automação	18.000,00	17.990,00
Total	253.710,07	336.388,62

Fonte: Autora (2025)

Dessa forma, optou-se pela segunda alternativa, que consiste na aquisição e instalação de válvulas diversoras na linha de embalagem, interligando-a ao tanque de matéria-prima. O custo total dessa alternativa foi de R\$ 74.404,32, referente à aquisição da válvula diversora. A instalação foi realizada pela própria equipe mecânica e elétrica da empresa, aproveitando a estrutura e mão de obra interna já disponíveis, o que não acarreta adicionalmente ao projeto.

Com a instalação da válvula de desvio, o produto proveniente do *startup* passa a ser redirecionado ao tanque de matéria-prima. Embora o produto de partida já tenha passado pelas etapas iniciais de processamento (como cozimento e secagem), seu redirecionamento é viável porque se trata de um reprocesso em estágio inicial. O produto retorna ao início do ciclo, sendo submetido novamente a todo o processo de extração, o que não compromete a qualidade do lote subsequente.

Esse retorno não gera risco de contaminação ou alteração significativa na qualidade do processo, uma vez que a reinserção de uma pequena quantidade de material já processado (aproximadamente 1 tonelada) em um tanque com grande capacidade (120 toneladas) resulta em uma diluição eficaz. Dessa forma, o volume proveniente do *startup* é facilmente absorvido, sem impactos negativos no processo produtivo. Assim, a solução garante um reaproveitamento seguro, sustentável e economicamente viável.

Essa solução apresenta menor custo de implantação (R\$74.404,32) e reduz significativamente o investimento do projeto, mantendo a segurança e a eficiência operacional. Além de eliminar a perda de valor agregado no *startup*, a alternativa escolhida permite o reaproveitamento do produto inicial, resultando em maior rendimento produtivo e redução dos custos com matéria-prima.

3.5. Controle

Para garantir a sustentabilidade da melhoria implementada, foram executadas as etapas de instalação, validação, padronização e monitoramento do sistema de recirculação. A válvula diversora foi adquirida e sua instalação foi programada para coincidir com a parada programada da planta, assegurando que não houvesse interferência na produção regular.

Após a instalação, realizaram-se testes operacionais para verificação do funcionamento do equipamento, com ênfase na modulação e rotação da válvula, confirmando que o redirecionamento do produto de partida para o tanque de matéria-prima ocorria conforme projetado.

Para capacitar a equipe frente à nova configuração do processo, os operadores receberam treinamento conduzido pelos engenheiros de processo. O treinamento abrangeu a operação da válvula por meio do painel de controle central, onde são monitorados e acionados todos os elementos automatizados da planta.

Visando a padronização da nova prática, o Procedimento Operacional Padrão para recebimento de *startup* da planta *FC* foi revisado e atualizado, incluindo a opção de envio da primeira tonelada diretamente para o tanque de matéria-prima.

O monitoramento da eficácia da solução será realizado com base no indicador de geração de resíduo proteico proveniente de *startup*. O engenheiro de processo assume a responsabilidade por esse acompanhamento. Como a solução elimina a necessidade de ensacar a primeira tonelada, a expectativa é que esse indicador se mantenha zerado, a menos que ocorra algum evento atípico que gere um volume muito superior.

4. CONCLUSÕES

O objetivo do trabalho desenvolvido foi apresentar propostas de melhoria que reduzissem o descarte de produto gerado durante a partida de produção em uma planta de proteína de soja funcional, utilizando a metodologia DMAIC como base para uma análise estruturada. A partir dessa metodologia, foram aplicadas ferramentas qualitativas e quantitativas que permitiram compreender com maior profundidade as etapas do processo, validar percepções observadas em campo e identificar as causas que mais contribuem para a perda de rendimento e para o aumento dos custos

associados ao *startup* da planta. Dentre essas causas, destacou-se a ausência de um sistema de recirculação que permitisse o retorno do produto inicial ao processo produtivo.

Com o plano de ação elaborado, duas alternativas de melhoria foram analisadas. A alternativa escolhida consistiu na instalação de válvulas divisoras para redirecionar automaticamente o produto de *startup* ao tanque de matéria-prima, solução que apresentou melhor viabilidade técnica e econômica. Essa proposta reduz significativamente o investimento necessário e possibilita a eliminação do descarte da primeira tonelada produzida. Após a implementação da melhoria e da padronização dos procedimentos, espera-se a redução total do volume ensacado como resíduo proteico proveniente do *startup*, o que corresponde à eliminação de aproximadamente R\$ 77.746,48 por ano em perdas financeiras.

A utilização das ferramentas da metodologia Seis Sigma demonstrou grande eficácia para alcançar o objetivo proposto, contribuindo para a estruturação do diagnóstico, para a tomada de decisão baseada em dados e para o desenvolvimento de uma solução consistente. Além disso, essas ferramentas fortalecem a cultura de melhoria contínua da organização, promovendo maior alinhamento entre os setores envolvidos e estimulando competências voltadas para o trabalho colaborativo e para a busca constante de eficiência operacional.

Com as ferramentas de controle adotadas, como a revisão do Procedimento Operacional Padrão (POP), o treinamento dos operadores e o monitoramento periódico do indicador de resíduo de *startup*, é esperado que o desempenho do processo permaneça estável e que o reaproveitamento do produto inicial se consolide como prática padrão da planta.

Como próximo passo, sugere-se ampliar o estudo para avaliar o impacto da solução ao longo de um ciclo produtivo completo, bem como investigar oportunidades de automação adicional no sistema de recirculação. Outra possibilidade futura é analisar melhorias semelhantes em outros processos que apresentam perdas recorrentes, contribuindo para o aumento global do rendimento da produção e para a consolidação de uma cultura ainda mais forte de excelência operacional.

5. REFERÊNCIAS

AGUIAR, S. *Integração das ferramentas da qualidade ao PDCA e ao Programa Seis Sigma*. Nova Lima, MG: INDG Tecnologia e Serviços, 2012.

CARPINETTI, L. C. R. *Gestão da qualidade: conceitos e técnicas*. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2016.

COSTA, A. F. B.; EPPRECHT, E. K.; CARPINETTI, L. C. R. *Controle estatístico de qualidade*. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2018.

GIL, A. C. *Métodos e técnicas de pesquisa social*. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2019.

PALADINI, E. P. *Gestão da qualidade: teoria e prática*. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2019.

PALADINI, E. P. *Gestão e avaliação da qualidade: uma abordagem estratégica*. São Paulo: Atlas, 2019.

QIN, Pingxu; WANG, Taoran; LUO, Yangchao. *A review on plant-based proteins from soybean: health benefits and soy product development*. Journal of Agriculture and Food Research, v. 7, p. 100265, 2022.