

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

MURILO DE CEZARO CHIMITI

**APLICAÇÃO DO CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO
EM UMA LINHA DE ENVASE DE ÓLEO DE SOJA**

Campo Grande, MS
2025

MURILO DE CEZARO CHIMITI

**APLICAÇÃO DO CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO
EM UMA LINHA DE ENVASE DE ÓLEO 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. João Batista
Sarmiento dos Santos Neto

Campo Grande, MS
2025

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Irenite Teresinha de Cezaro e Alessandro Chimiti, ao meu irmão Gabriel por me apoiarem, acreditarem e serem minhas inspirações. Aos meus amigos por me acompanharem, compartilharem experiências e serem minha rede de apoio.

RESUMO

O Controle Estatístico de Processos (CEP) é uma ferramenta essencial para monitorar a variabilidade e garantir a estabilidade de processos industriais. O presente trabalho tem como objetivo analisar os impactos da qualidade de pré-formas PET na produção de óleo envasado por meio de cartas de controle estatístico e análises de variância em uma indústria processadora de soja em Mato Grosso do Sul. Através da aplicação de ferramentas estatísticas como cartas de controle X-barra e R e por atributos, além da análise de variância (ANOVA), foi possível identificar que a marca B apresentou maiores tempos de parada, resultando em perdas expressivas na produção. A média de produção em 2024 foi de 16.685 caixas por dia, enquanto em 2025, após a redução do uso da marca B, a média aumentou para 20.966 caixas por dia — um acréscimo de 4.280 caixas diárias. Essa diferença evidenciou o impacto negativo da marca B no desempenho da linha. Para propor melhorias, foi elaborado um plano de ação 5W2H com foco na troca de fornecedor e na otimização do processo. Os resultados demonstram a eficácia do controle estatístico de processos na tomada de decisões, contribuindo para a estabilidade operacional e a redução de perdas econômicas.

Palavras-chave: Controle Estatístico de Processo; Gestão da Qualidade; Linha de Produção.

ABSTRACT

Statistical Process Control (SPC) is an essential tool for monitoring variability and ensuring stability in industrial processes. This study aimed to analyze the impact of PET preform quality on the soybean oil bottling process, comparing the performance of two different suppliers. Statistical tools such as control charts X-bar and R for variables and attributes, along with Analysis of Variance (ANOVA), were applied to evaluate process behavior. The results showed that supplier B led to longer downtime and higher production losses. In 2024, the average daily production was 16,685 boxes, while in 2025, after reducing the use of supplier B, production increased to 20,966 boxes per day — a gain of 4,280 boxes. These findings highlight the operational disadvantages of supplier B and the need for supplier change. A 5W2H action plan was developed to support process improvement. The outcomes underscore the relevance of statistical process control in decision-making and process optimization, leading to greater production stability and economic efficiency.

Keywords: Statistical Process Control; Quality Management; Production Line.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Gráfico X-barra (médias)
- Figura 2 - Gráfico R (amplitudes)
- Figura 3 - Fluxo de etapas do estudo
- Figura 4 - Pré-forma
- Figura 5 - Parâmetros de pré-formas com defeitos de injeção
- Figura 6 - Pré-forma da marca B, não conforme com marcas de injeção
- Figura 7 - Pré-forma da marca A, material conforme aprovado para uso
- Figura 8 - Planilha banco de dados
- Figura 9 - Fluxo do processo de envase
- Figura 10 - Histórico de minutos parados em 2024
- Figura 11 - Análise de paradas por máquina
- Figura 12 - Pareto das perdas da sopradora
- Figura 13 - Impactos das marcas de pré-forma nos tempos e perdas
- Figura 14 - Carta X-barra da produção de caixas
- Figura 15 - Carta R da produção de caixas
- Figura 16 - Carta X-barra das paradas usando a marca A
- Figura 17 - Carta R das paradas usando a marca A
- Figura 18 - Carta X-barra das paradas usando a marca B
- Figura 19 - Carta R das paradas usando a marca B
- Figura 20 - Carta p de pré-formas da marca B com defeito
- Figura 21 - Gráfico boxplot da significância dos tempos de parada por marca
- Figura 22 - Carta X-barra da produção de caixas após tratativa
- Figura 23 - Carta R da produção de caixas após tratativa

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Tabela ANOVA

Quadro 2 - Justificativas de paradas da sopradora

Quadro 3 - Peças com defeito em amostras n

Quadro 4 - Resumo estatístico corrigido por marca

Quadro 5 - Tabela ANOVA dos resultados

Quadro 6 - Conclusões Estatísticas

Quadro 7 - Matriz 5W2H

Quadro 8 - 5W2H da compra de pré-formas

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
1.1 Objetivo Geral	10
1.2 Objetivos Específicos	10
2. REFERENCIAL TEÓRICO	11
2.1 Gestão da Qualidade	11
2.2 Controle Estatístico	11
2.3 Análise de Variância	14
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	16
3.1 Caracterização da Empresa	16
3.2 Caracterização do Problema	17
3.3 Coleta de dados	21
3.4 Controle estatístico	21
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	23
4.1 Dados iniciais das paradas de produção	25
4.2 Paradas por máquinas e perdas	26
4.3 Cartas de Controle das produções anuais	29
4.4 Cartas de Controle das paradas por marca de pré-forma	31
4.5 Cartas de Controle por atributos	33
4.6 Análise de Variância	35
4.7 Plano de Ação	38
4.8 Resposta do resultado	39
5. CONCLUSÃO	41
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42

1. INTRODUÇÃO

A cadeia produtiva da soja tem apresentado crescimento expressivo no Brasil, impulsionada tanto pela elevação da produção do grão, quanto pela intensificação do processamento doméstico e das exportações. A demanda crescente por óleo de soja, especialmente para uso na mistura de biodiesel, tem fomentado o esmagamento interno e aumentado a oferta de farelo. Esse cenário apoia a agregação de valor na cadeia e contribui significativamente para o Produto Interno Bruto (PIB) e geração de empregos. Nesse contexto, o fortalecimento da competitividade, da sustentabilidade e da cooperação internacional, promovem ações estratégicas voltadas à ampliação do setor (ABIOVE, 2023).

Segundo a Embrapa (2025), os dados econômicos da soja demonstram a relevância crescente da cultura no cenário agrícola nacional, com impactos diretos na economia e no comércio exterior. No território nacional, a plantação e produção de soja aponta cerca de 47.450,47 mil hectares de área plantada em 2024 com produção de 167.369,50 mil toneladas, representando um aumento de aproximadamente 13,56% em relação a 2023 (CONAB, 2025).

Nesse contexto da produção de soja, a Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais também traz dados sobre a capacidade de processamento dos grãos de soja. Uma pesquisa do instituto diz que a capacidade instalada de esmague no Brasil por dia chega a aproximadamente 219 mil toneladas por dia e projeta uma produção de aproximadamente 54,5 milhões de toneladas para 2025. O panorama atual da capacidade instalada revela uma indústria em expansão e em constante adaptação às novas demandas do mercado, impulsionada por unidades de esmagamento que agregam valor ao óleo vegetal e refletem uma dinâmica setorial em transformação (ABIOVE, 2024).

Tendo em vista a alta demanda, é de extrema importância manter e garantir a qualidade da produção através de ferramentas e sistemas de gerenciamento de informações de laboratório e implantação de políticas de controle. Essas práticas garantem que os processos de controle de qualidade sejam padronizados, confiáveis e alinhados às regulamentações do setor. Além disso, a aplicação de Controles Estatísticos de Processos (CEP) permite identificar variações, tendências e oportunidades de melhoria ao longo da cadeia produtiva, favorecendo a tomada de decisão baseada em dados e o aumento da eficiência operacional (OPTIMAL, 2024).

Para tanto, é fundamental compreender o conceito de qualidade e a forma como seu controle se estabelece, especialmente no contexto da aplicação do Controle Estatístico da Qualidade (CEQ). O controle implica em monitoramento contínuo, assegurando que cada etapa ocorra conforme o planejado e que eventuais desvios sejam prontamente identificados e corrigidos. Trata-se de um ciclo sistemático que visa garantir que produtos e serviços estejam alinhados às necessidades do cliente e da sociedade, promovendo melhorias constantes na execução e nos resultados (ROCHA, 2019).

Dessa forma, este estudo tem como objetivo analisar os impactos da qualidade de pré-formas PET na linha de envase de óleo por meio da aplicação de cartas de controle e análise de variância em uma indústria processadora de soja em Mato Grosso do Sul. Foram utilizados conceitos de Gestão da Qualidade e Controle Estatístico de Processos (CEP) para identificar desvios, avaliar a estabilidade do processo e propor ações de melhoria com base em dados quantitativos.

1.1 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho tem como objetivo analisar os impactos da qualidade de pré-formas PET na produção de óleo envasado por meio de cartas de controle estatístico e análises de variância em uma indústria processadora de soja em Mato Grosso do Sul, com foco principal na escolha da melhor marca do insumo e redução de perdas e de custos, melhorando a produtividade do setor.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos dessa análise são:

- I. Mapear o processo de envase de óleo de soja;
- II. Apresentar os gargalos da produção;
- III. Avaliar os impactos da não-qualidade.
- IV. Apresentar comparativo de marcas de pré-formas e tomadas de decisão para melhoria do processo.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Gestão da Qualidade

A área de Engenharia da Qualidade, dentro da Engenharia de Produção, tem como foco o planejamento, o projeto e o controle de sistemas voltados à gestão da qualidade. Seu propósito é garantir que processos e produtos atendam aos padrões estabelecidos, por meio de uma abordagem por processos, uso de dados para a tomada de decisão e aplicação de ferramentas específicas. De acordo com a ABEPRO (2025), essa área abrange temas como gestão de sistemas da qualidade, planejamento e controle da qualidade, auditorias, metrologia e confiabilidade de processos e produtos.

A Gestão da Qualidade tem foco principal no processo produtivo partindo do pressuposto de que a qualidade é gerada no meio do processo. O objetivo é destacar as causas dos defeitos e não apenas os efeitos das ações da produção, direcionando todas as ações do processo produtivo para o pleno atendimento do cliente (PALADINI, 2022).

Segundo Paladini (2022), a qualidade é um conceito dinâmico, cujos significados evoluem com o tempo e os contextos sociais e de mercado. Por ser um termo de uso comum, é frequentemente interpretado de forma equivocada, o que pode gerar distorções em decisões estratégicas, comportamentos organizacionais e políticas internas. Assim, a gestão da qualidade deve ter uma abordagem ampla, considerando as percepções do cliente e desenvolvendo estratégias compatíveis com essas expectativas, sem reduzi-las a apenas um aspecto do produto ou serviço.

Paladini (2022) ainda diz que, a Gestão da Qualidade busca o fundamento de aperfeiçoamento dos processos e adequação dos produtos às demandas dos consumidores e qualquer atividade que não agrega valor ao produto é considerada uma perda. Assim, otimizar os processos e generalizar a noção de perda são estratégias para elevar o grau de ajuste às expectativas do cliente, reforçando a eficácia da produção (PALADINI, 2022).

2.2 Controle Estatístico

O Controle Estatístico da Qualidade (CEQ) é uma abordagem fundamental para monitorar, avaliar e melhorar processos produtivos por meio da aplicação de métodos estatísticos. Seu foco está na identificação e no controle da variabilidade dos processos, permitindo detectar desvios que possam comprometer a qualidade do produto final. Ao

utilizar dados coletados em tempo real e ferramentas como gráficos de controle, histogramas e diagramas de dispersão, o CEQ possibilita decisões mais assertivas e sustentadas por evidências. Além de contribuir para a padronização das operações, essa abordagem auxilia na prevenção de falhas e na promoção da melhoria contínua, consolidando-se como um pilar essencial dentro da gestão da qualidade (WERKEMA, 2006).

Nesse contexto, Montgomery e Runger (2009) destacam que uma das principais finalidades do controle estatístico de processos é justamente detectar essas mudanças anormais, possibilitando a rápida aplicação de ações corretivas para evitar a produção de itens não conformes.

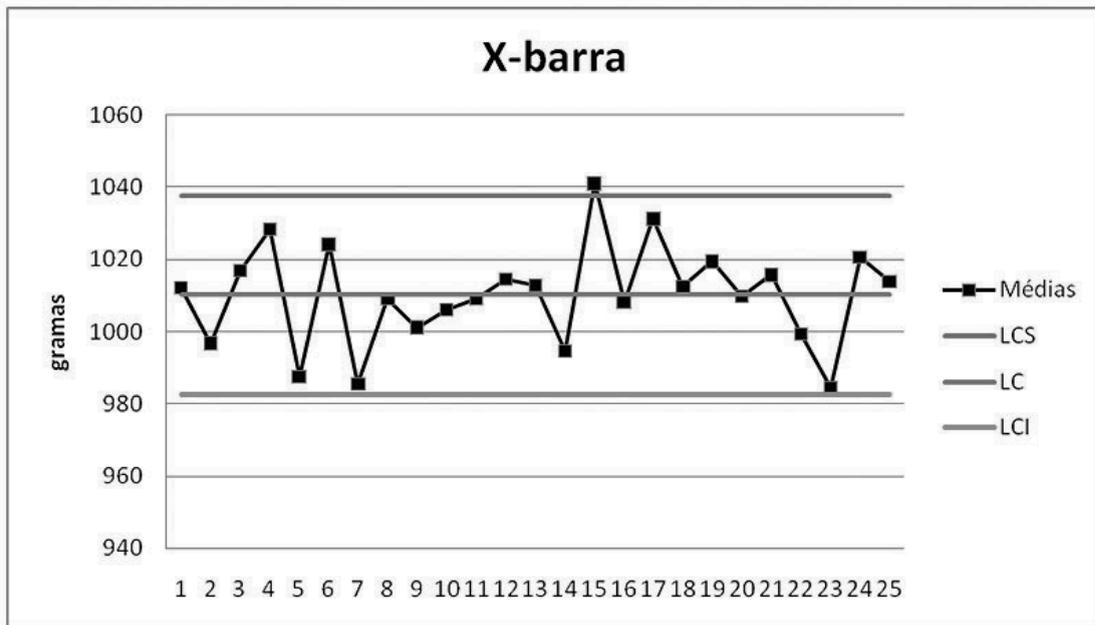
A estabilidade dos processos se torna um requisito básico para a aplicação eficaz do controle estatístico. Mesmo em ambientes produtivos avançados, é comum que ocorram pequenas variações entre peças ou nas atividades realizadas, o que é aceitável até certo limite (ROCHA, 2019).

Segundo Rocha (2019), quando essas variações se tornam significativas, podem comprometer a execução do trabalho e a funcionalidade do produto final. Por isso, é necessário monitorar continuamente os processos, assegurando que a variabilidade se mantenha dentro de limites aceitáveis, de modo a garantir a qualidade e permitir melhorias com base em uma base de dados confiável.

Entre as ferramentas mais utilizadas no CEP, os gráficos de controle se destacam por permitirem o monitoramento visual da estabilidade do processo ao longo do tempo. Seu princípio fundamental é que, quando um processo está sob controle, suas variações ocorrem apenas por causas comuns e tendem a se manter dentro dos limites estabelecidos, geralmente fixados em ± 3 desvios-padrão (ROCHA, 2019). A presença de uma medida fora desses limites indica, com alta probabilidade, a ocorrência de uma causa especial, sinalizando a necessidade de investigação e intervenção (RIBEIRO; CATEN, 2012).

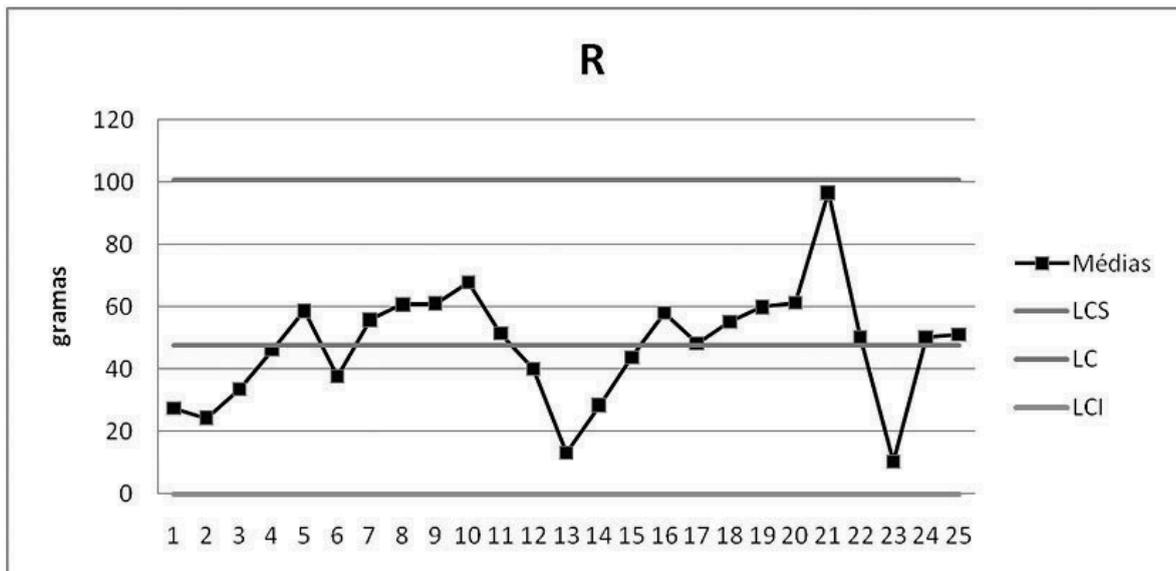
Dentre os principais tipos, destaca-se o gráfico \bar{X} -R, formado por dois gráficos complementares, representados nas figuras abaixo: o gráfico \bar{X} , que monitora a média das amostras, e o gráfico R, responsável por acompanhar a variabilidade entre elas. Essa abordagem permite controlar simultaneamente a tendência central e a dispersão dos dados, aspectos essenciais para garantir a conformidade e a previsibilidade do processo (CHRISTO, 2017).

Figura 1: Gráfico X-barra (médias)



Fonte: Rocha, 2019

Figura 2: Gráfico R (amplitudes)



Fonte: Rocha, 2019

A análise dos gráficos \bar{X} e R deve ser conduzida de forma complementar, sendo recomendável, segundo Costa, Epprecht e Carpinetti (2016), iniciar pelo gráfico R, por refletir

exclusivamente a dispersão dos dados. Essa abordagem estatística permite avaliar se as variações observadas decorrem de causas comuns, inerentes ao processo, ou de causas especiais que indicam perda de controle e risco de não conformidade.

Sejam gráficos aplicados a variáveis contínuas ou atributos, todos compartilham o mesmo princípio: delimitar, por meio de limites superior e inferior, a faixa aceitável de variação, garantindo o monitoramento eficaz da qualidade e a confiabilidade dos resultados ao longo do tempo (ROCHA, 2019).

2.3 Análise de Variância

O planejamento de experimentos é uma metodologia estatística que visa estruturar de forma eficiente a condução de ensaios, permitindo que os objetivos definidos pelo pesquisador sejam alcançados com maior precisão (RIBEIRO, 2011).

Essa abordagem é essencial para otimizar produtos, processos ou serviços, por meio da análise de indicadores de desempenho como produtividade, custo e qualidade. Considerando os custos e a importância das decisões baseadas em dados experimentais, recomenda-se o uso de métodos planejados em vez de sequências empíricas ou intuitivas (CATEN, 2011).

A Análise de Variância é uma ferramenta estatística amplamente utilizada no contexto de projetos de experimentos para avaliar a significância de diferentes fatores e suas interações sobre uma variável de resposta.

Segundo Ribeiro (2011), sua aplicação exige o cumprimento de algumas suposições básicas, como a normalidade dos dados, homogeneidade das variâncias, aditividade dos efeitos e independência estatística das observações, geralmente assegurada por meio da aleatorização. Quando essas condições são atendidas, a ANOVA permite comparar grupos de forma precisa, identificando variações estatisticamente relevantes que influenciam o comportamento do sistema analisado.

Segundo Werkema (1995), a ANOVA é baseada na formulação de hipóteses que orientam a comparação entre grupos. A hipótese nula (H_0) assume que não há diferenças significativas entre as médias, enquanto a hipótese alternativa (H_1) indica que pelo menos um grupo difere dos demais, sugerindo influência do fator investigado. A decisão entre aceitar ou

rejeitar H_0 é tomada com base na razão F, que compara a variabilidade entre grupos com a variabilidade interna, permitindo avaliar a significância estatística do fator controlável.

Em muitos casos, os experimentos envolvem mais de um fator de interesse, sendo recomendável o uso de projetos fatoriais. Quando todas as combinações possíveis entre os níveis dos fatores são testadas, o experimento é classificado como fatorial, e cada combinação é chamada de tratamento ou setup (CATEN, 2011).

Esse tipo de abordagem, especialmente no caso de dois fatores (Two-Way ANOVA), permite não apenas avaliar os efeitos principais de cada fator individualmente, mas também identificar possíveis interações entre eles, com maior economia de recursos e maior riqueza de informações em comparação a experimentos do tipo one-at-a-time (RIBEIRO, 2011).

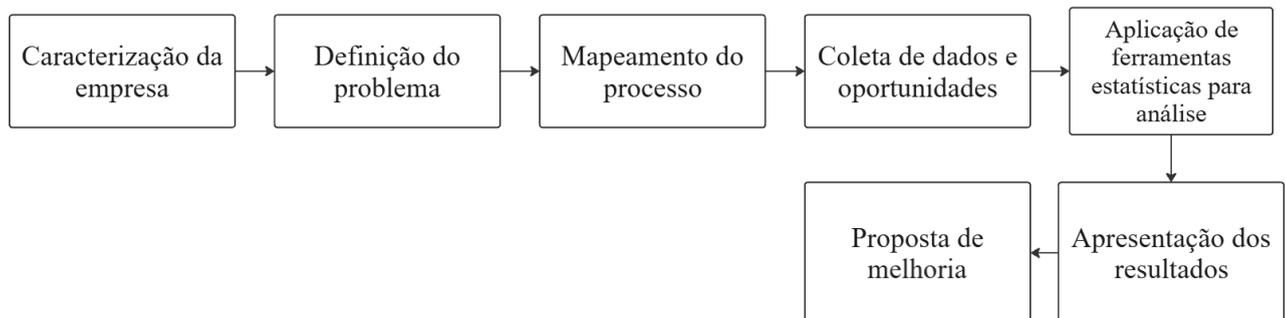
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este trabalho foi desenvolvido a partir de um estudo de caso realizado em uma indústria de óleo de soja e apresentado como relatório técnico, com o objetivo de analisar como a qualidade das pré-formas PET pode impactar diretamente o desempenho da linha de envase. A pesquisa tem caráter quantitativo, baseada na análise estatística de dados contínuos, que ajudam a entender as variações no processo, e dados discretos, utilizados para observar a frequência de falhas e defeitos em diferentes categorias.

A metodologia adotada está alinhada aos princípios do Seis Sigma, que combinam análise de dados com ferramentas da qualidade para compreender, monitorar e propor melhorias no processo produtivo. Entre os recursos aplicados estão o Controle Estatístico de Processo (CEP), os gráficos de controle, a Análise de Variância (ANOVA), Gráfico de Pareto, 5W2H, Histograma e Diagrama Ishikawa, ferramentas da Qualidade que possibilitam uma avaliação completa das causas de variação e perdas associadas ao uso de diferentes marcas de pré-formas.

As etapas do estudo estão descritas no fluxo abaixo.

Figura 3 - Fluxo de etapas do estudo



Fonte: Autor, 2025

3.1 Caracterização da Empresa

O estudo foi realizado em uma multinacional do setor agroindustrial, com atuação global e sede nos Estados Unidos. A empresa está presente em mais de 270 unidades fabris ao

redor do mundo, desenvolvendo soluções para diversos segmentos do agronegócio, como óleos vegetais, biodiesel, nutrição humana e animal, além de serviços agrícolas.

A unidade localizada em Campo Grande (MS) conta com duas plantas industriais integradas: uma voltada à produção de proteínas de soja para nutrição humana e outra dedicada ao processamento e envase de óleo vegetal. O processo inicia-se com a chegada do grão de soja, que é armazenado, processado e refinado por meio de técnicas físico-químicas até se transformar em produtos com valor agregado para a indústria alimentícia.

A operação segue o modelo business-to-business, atendendo outras empresas com seus insumos. A estrutura da unidade abrange áreas administrativas, operacionais e de controle de qualidade. Este trabalho concentrou-se na linha de envase de óleo de soja refinado, com o objetivo de analisar como a qualidade das pré-formas PET pode influenciar o desempenho do processo e os resultados da produção.

3.2 Caracterização do Problema

No processo de envase de óleo de soja, a garrafa PET utilizada como embalagem final é produzida a partir de uma pré-forma plástica, composta por resina injetada, que passa por um processo térmico em máquinas sopradoras. Após ser aquecida até adquirir maleabilidade, a pré-forma é moldada com ar comprimido dentro de um molde metálico, assumindo a forma final da garrafa. Esse processo é sensível à qualidade da matéria-prima utilizada, sendo diretamente impactado por falhas na pré-forma.

Figura 4 - Pré-forma



Fonte: Autor, 2025

A empresa utiliza duas marcas de pré-formas PET homologadas para garantir o abastecimento contínuo da linha de produção.

A análise da qualidade das pré-formas PET é realizada por meio de inspeção visual com o uso de luz polarizada assim que cada nova carga é recebida na unidade. Para esse procedimento, são coletadas 10 amostras compostas por 50 unidades cada, totalizando 500 pré-formas por carga. Os resultados obtidos são registrados em laudo técnico, o qual serve como base para liberação do material para uso na produção. A gestão do estoque segue a política FIFO (First In, First Out), garantindo o uso das pré-formas na ordem em que foram recebidas. Além disso, toda vez que ocorre a troca da marca de pré-forma utilizada na linha, essa informação é registrada nos relatórios de produção, permitindo o rastreamento e correlação com os dados operacionais da linha de envase.

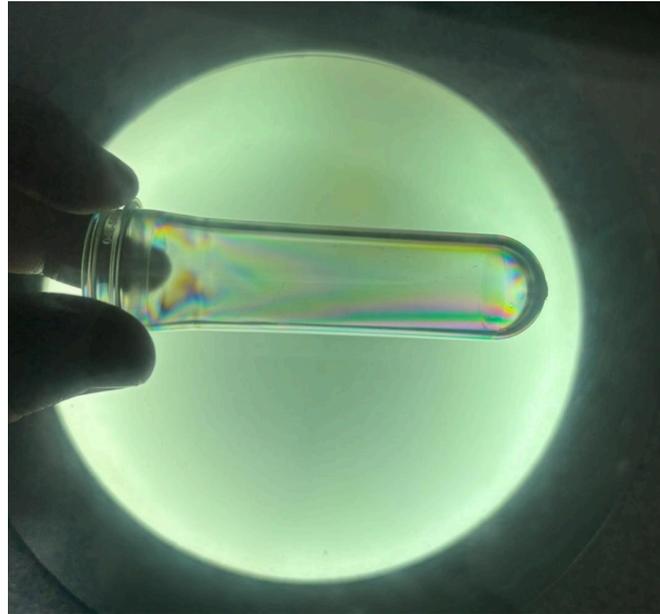
No entanto, foram identificados problemas recorrentes com uma das marcas, cujas pré-formas apresentam falhas no processo de injeção e distribuição do material, o que compromete a formação adequada da garrafa durante o sopro. As deformações estruturais resultantes incluem fragilidade, má conformação e, em alguns casos, microfuros, que podem causar vazamento de óleo após o envase. O material é analisado num equipamento de luz polarizada chamado Polariscópio com parâmetros de qualidade estabelecidos pelo manual do equipamento.

Figura 5 - Parâmetros de pré-formas com defeitos de injeção



Fonte: AT2E - FRANCE

Figura 6 - Pré-forma da marca B, não conforme com marcas de injeção



Fonte: Autor, 2025

Figura 7 - Pré-forma da marca A, material conforme aprovado para uso



Fonte: Autor, 2025

Essas não conformidades geram uma série de impactos na operação: rejeição de cargas no recebimento, retrabalho, necessidade de ajustes nas configurações da sopradora, aumento do tempo de setup e paradas na linha de produção. Além disso, os desvios comprometem a eficiência da manufatura, resultando em perdas de produtividade, desperdício de recursos e

impacto no cumprimento do plano de produção e nas entregas ao cliente. O problema, portanto, representa um desafio técnico e econômico relevante para a empresa e demanda uma análise aprofundada baseada em dados e métodos estatísticos para embasar melhorias.

3.3 Coleta de dados

A coleta de dados foi realizada ao longo de um período de 12 meses, no setor de envase. As informações foram extraídas diretamente dos relatórios de produção, com foco nas paradas operacionais ocorridas na linha de envase. O objetivo foi reunir dados consistentes que permitissem uma análise aprofundada das causas de inatividade dos equipamentos, sua frequência e impacto na produtividade.

Os registros foram organizados em uma planilha estruturada no formato de tabela dinâmica, contemplando os seguintes campos: data da ocorrência, tipo de parada (programada, não programada ou excluída), equipamento envolvido, tempo total de parada (em minutos), justificativa registrada, e as perdas associadas, expressas em número de garrafas e caixas comprometidas, conforme a figura abaixo.

A base de dados serve como fundamento para a aplicação das ferramentas estatísticas e qualitativas utilizadas na análise do problema.

Figura 8 - Planilha banco de dados

DATA	TIPO DE PARADA	MÁQUINA	TEMPO	JUSTIFICATIVA	PERDA - GARRAFAS	PERDA - CAIXAS

Fonte: Autor, 2025

3.4 Controle estatístico

Para a análise estatística do desempenho da linha, serão aplicadas Cartas de Controle por Variáveis, com base nos dados mensais de produção real (em caixas) ao longo de 12 meses. A média (1), os limites de controle superior (3) e inferior (4) e limite médio (5) serão

calculados a partir da fórmula de controle estatístico, considerando o desvio padrão da amostra e os coeficientes estatísticos apropriados.

Para o Gráfico X-barra:

$$\bar{x} = \frac{\sum_1^n x_n}{n} \quad (1)$$

$$\bar{x} = \frac{\sum_1^n \bar{x}_n}{n} \quad (2)$$

$$LSC = \bar{x} + 3 * \frac{\bar{R}}{d2\sqrt{n}} \quad (3)$$

$$LIC = \bar{x} - 3 * \frac{\bar{R}}{d2\sqrt{n}} \quad (4)$$

$$LM = \bar{x} \quad (5)$$

Para o Gráfico R:

$$R = x_n \text{ máximo} - x_n \text{ mínimo} \quad (6)$$

$$\bar{R} = \frac{\sum_1^n R_n}{n} \quad (7)$$

$$LSC = \bar{R} * d4 \quad (8)$$

$$LIC = \bar{R} * d3 \quad (9)$$

$$LM = \bar{R} \quad (10)$$

Esse monitoramento permitirá avaliar se o processo de envase opera sob controle estatístico ou se há sinais de causas especiais de variação.

Também foi utilizada carta de controle por atributos para verificar os percentuais defeituosos nas amostras.

Segundo Montgomery (2009), as cartas por atributos são indicadas quando se analisa o número de unidades defeituosas, ajudando a detectar alterações no processo com base em classificações simples como conforme ou não conforme.

Complementando essa definição, Ribeiro (2012) explica que a carta p mede a proporção de itens não conformes em amostras de tamanho considerável, geralmente entre 50 e 200 unidades, sendo recomendável que o produto entre o tamanho da amostra (n) e a proporção de defeitos (p) seja maior que 5 ($np \geq 5$), para garantir análises confiáveis.

A definição dos limites de controle é dada pelas seguintes equações:

$$p = \frac{\text{peças defeituosas}}{\text{total de peças}} \quad (16)$$

$$q = 1 - p \quad (17)$$

$$LSC = \bar{p} + 3 * \left[\sqrt{\frac{p*q}{n}} \right] \quad (18)$$

$$LC = \bar{p} \quad (19)$$

$$LSC = \bar{p} - 3 * \left[\sqrt{\frac{p*q}{n}} \right] \quad (20)$$

Além disso, será aplicada a Análise de Variância (ANOVA) com o intuito de comparar o desempenho das pré-formas PET fornecidas por duas marcas diferentes. A ideia é entender, por meio dos dados de tempo de parada relacionados a falhas no processo, se existe uma diferença significativa entre as marcas.

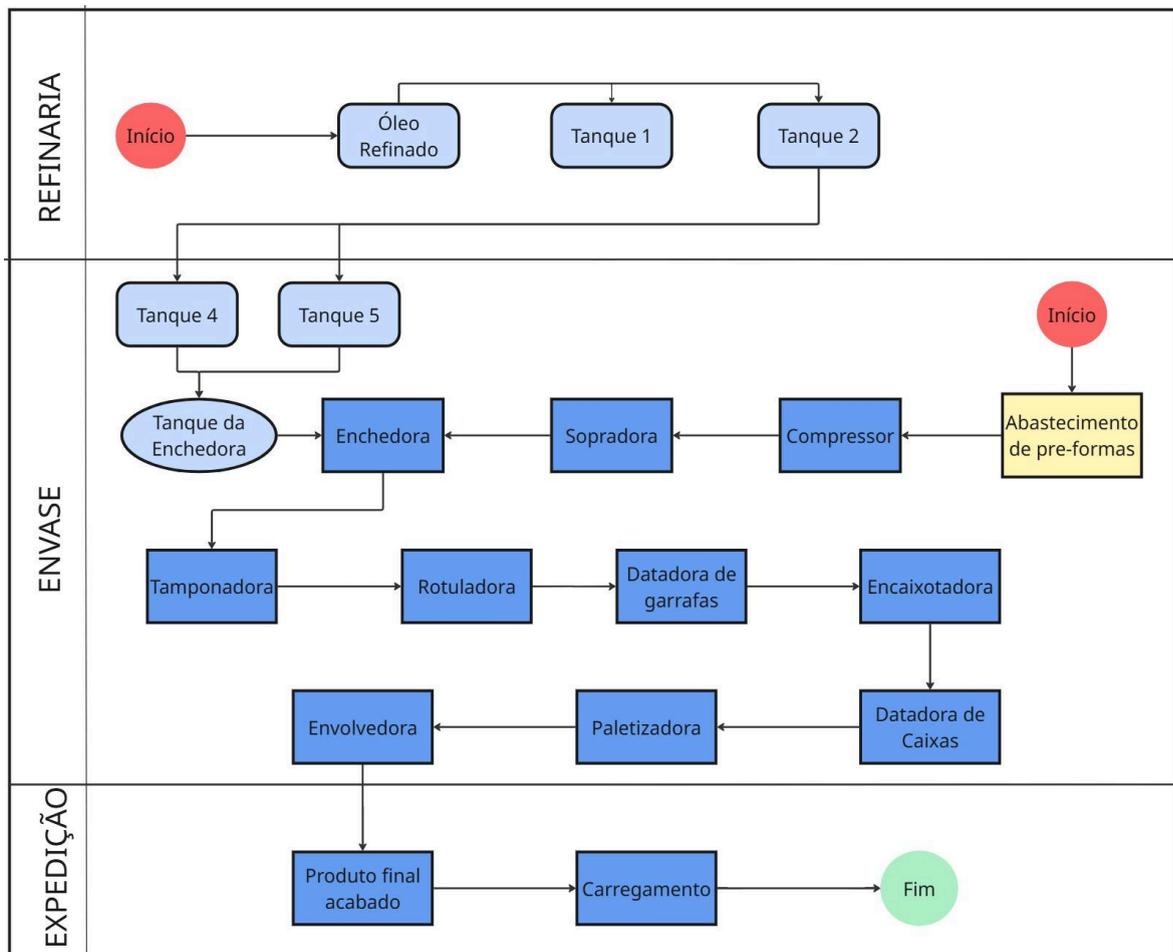
O desenvolvimento do estudo foi feito por meio de planilhas eletrônicas no MS Excel e no software *Jamovi*. Os resultados das análises serão apresentados no próximo tópico, com aplicação das ferramentas citadas, bem como uma proposta de melhoria desenhada como um plano de ação utilizando a matriz 5W2H.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O processo analisado neste estudo corresponde à linha de produção de óleo de soja, em uma unidade industrial localizada no estado de Mato Grosso do Sul. O objetivo desta etapa é apresentar os principais achados com base na coleta e análise dos dados operacionais, com foco na relação entre a qualidade das pré-formas PET utilizadas no processo de sopro e os impactos na linha de envase.

Para contextualizar o fluxo produtivo, foi realizado um mapeamento do processo dividido por setores: refinaria, envase e expedição. Esse fluxo permite visualizar com clareza os principais pontos, bem como identificar possíveis gargalos, retrabalhos e interdependências entre as operações. A Figura 9 apresenta o diagrama que representa o caminho percorrido pelo óleo refinado e pelas pré-formas, desde o armazenamento e abastecimento até a obtenção do produto final pronto para expedição.

Figura 9 - Fluxo do processo de envase



Fonte: Autor, 2025

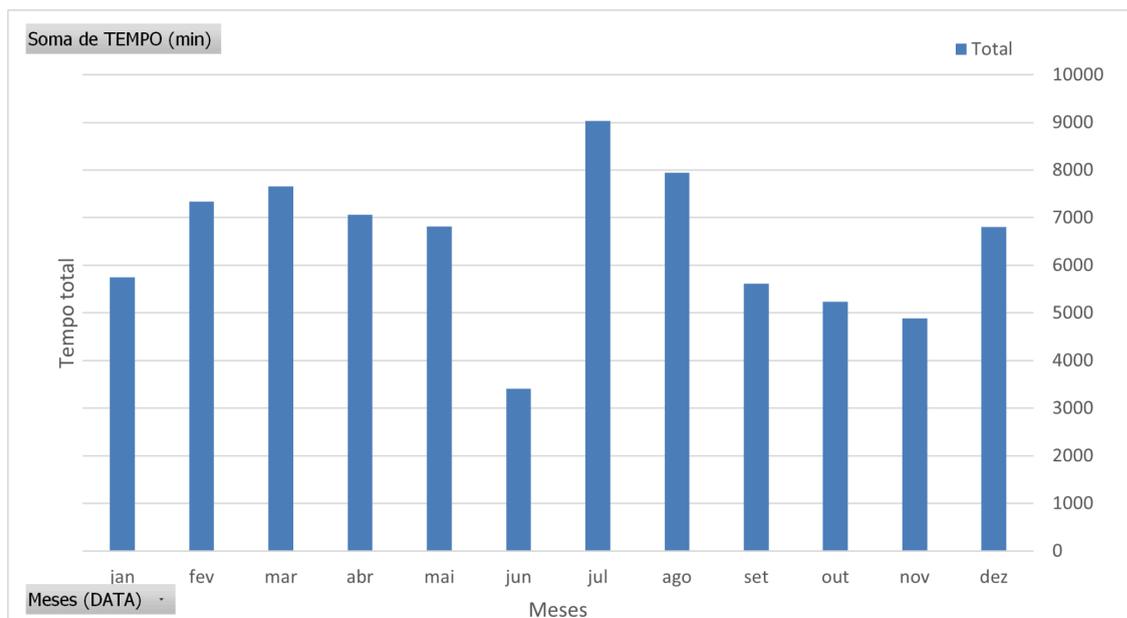
A produção do óleo de soja envasado inicia-se na refinaria, onde o óleo já refinado é armazenado nos tanques 1 e 2. Em seguida, é direcionado aos tanques 4 e 5 liberados para envase, que alimentam o tanque da enchedora no setor. Paralelamente, ocorre o abastecimento de pré-formas, que são moldadas na sopradora com auxílio de um compressor. A garrafa formada segue para a enchedora, ponto de integração entre as duas linhas.

A partir daí, o processo continua pelas etapas de tamponamento, rotulagem, datação das garrafas, encaixotamento e datação das caixas. Finalizado o empacotamento, as caixas são paletizadas e envolvidas com filme stretch. O produto acabado segue para carregamento e expedição. Esse mapeamento do processo permite identificar com clareza os pontos críticos e subsidia as análises estatísticas apresentadas nos próximos tópicos.

4.1 Dados iniciais das paradas de produção

Ao longo do ano de 2024, os dados foram coletados da linha por meio de um sistema MES/MOM presente na empresa, que permite acompanhar em tempo real a produção, tempo das paradas, o desempenho e os principais indicadores operacionais. Os dados de paradas foram registrados diariamente pelos operadores e líderes em uma planilha, incluindo o tipo de parada e o tempo correspondente em minutos. A Figura X mostra o total de paradas mês a mês, evidenciando os períodos com maior impacto na produtividade da linha.

Figura 10 - Histórico de minutos parados em 2024



Fonte: Autor, 2025

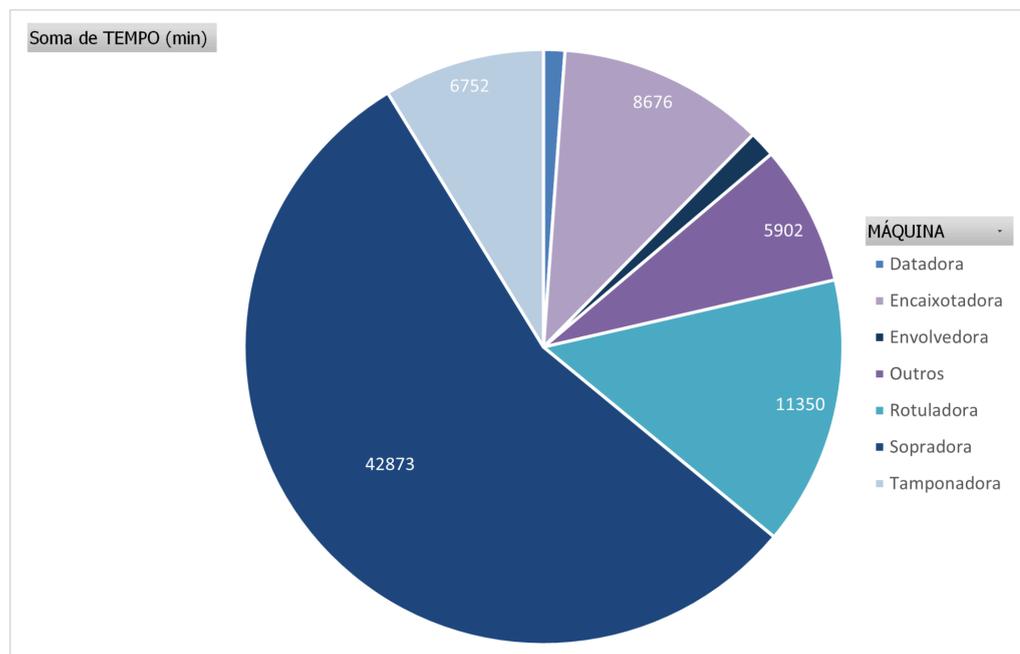
Com isso, observa-se que o mês com maior tempo de parada foi julho. No mês de junho, no entanto, foi o registro com menos tempo de paradas devido a manutenção geral e CIP (Clean in Place) que ocorre anualmente. Dessa forma, o mês de julho apresentou instabilidade na linha até o momento de readequação dos processos pós manutenção.

4.2 Paradas por máquinas e perdas

Para entender melhor onde estão os principais gargalos da produção, foi feita uma análise das paradas não programadas por máquina. A partir dos dados registrados ao longo do ano, identificou-se quais equipamentos mais impactaram o desempenho da linha, conforme mostra a Figura X.

Essa análise revelou que algumas etapas do processo concentram a maior parte das interrupções, comprometendo a produtividade e gerando atrasos nas entregas.

Figura 11 - Análise de paradas por máquina



Fonte: Autor, 2025

A partir do gráfico, observa-se que a sopradora foi a máquina com maior tempo de parada ao longo do ano, sendo o principal ponto de impacto na linha de envase. Em seguida, destacam-se a rotuladora e a encaixotadora, que também apresentaram volumes significativos de inatividade. A tamponadora, envolvedora e datadora aparecem com tempos menores, mas ainda relevantes.

Tendo em vista a sopradora como o equipamento com maior tempo de parada, foi realizada uma análise específica das principais justificativas associadas às suas falhas. Essa etapa permite entender com mais clareza quais problemas estão mais presentes na operação, contribuindo diretamente para as perdas de produtividade. O quadro abaixo mostra as justificativas levantadas para cada parada da sopradora e a soma total dos tempos registrados.

Quadro 2 - Justificativas de paradas da sopradora

Justificativas	Soma de TEMPO (min)
Ajuste de linha	5229
Caimento de garrafas	8348
Enrosco de pré-forma	6438
Falha elétrica	4977
Falta de operador	2705
Garrafas não conformes	8522
Problema no molde	6654

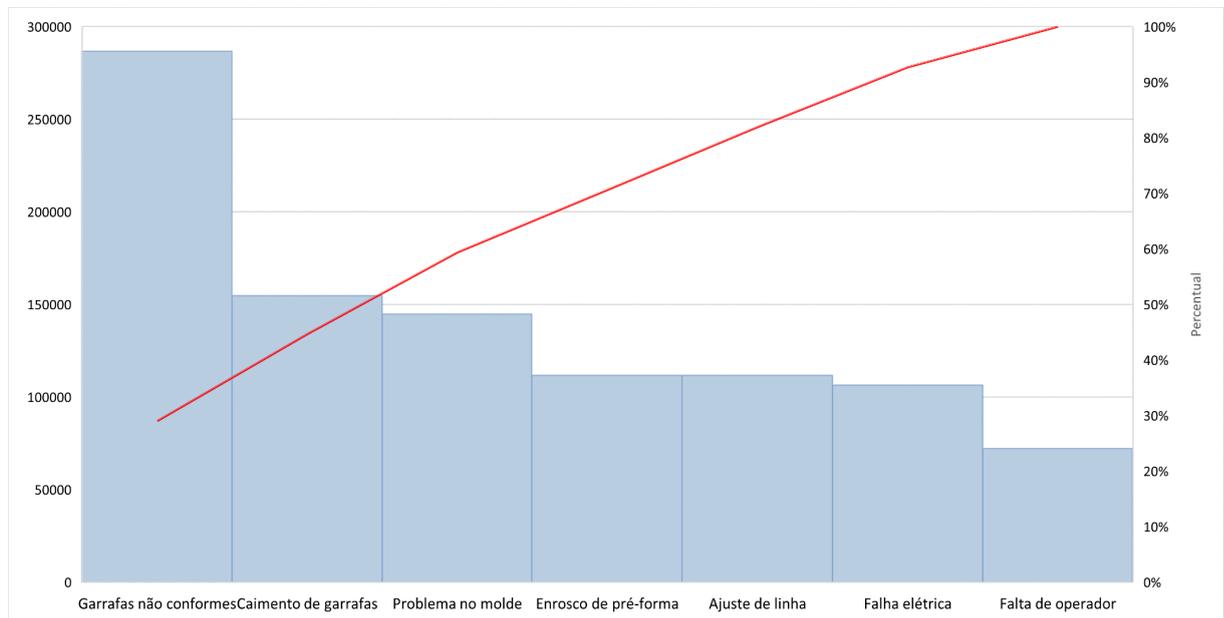
Fonte: Autor, 2025

Com base nos registros operacionais, foram coletados os dados de tempo total de parada não planejada das máquinas ao longo de 12 meses, entre janeiro e dezembro de 2024. Esses dados serviram de base para a construção de gráficos de Pareto, com o objetivo de identificar as principais causas de inatividade e definir prioridades de atuação.

De acordo com Chiavenato (2020), o Princípio de Pareto utiliza representações gráficas, como histogramas, para destacar os problemas mais relevantes, partindo da ideia de que 80% dos efeitos decorrem de apenas 20% das causas — conceito conhecido como a regra 80/20. Essa abordagem auxilia no direcionamento de esforços para as falhas mais impactantes na linha de produção.

O planejamento diário considerando a demanda comercial da empresa, capacidade efetiva da linha e espaço disponível é de 21.500 caixas por dia. As perdas são calculadas de acordo com o não atingimento do plano de produção diário. A figura abaixo é um Gráfico de Pareto com as perdas na produção causadas pelas paradas na sopradora, classificadas pelas justificativas levantadas.

Figura 12 - Pareto das perdas da sopradora



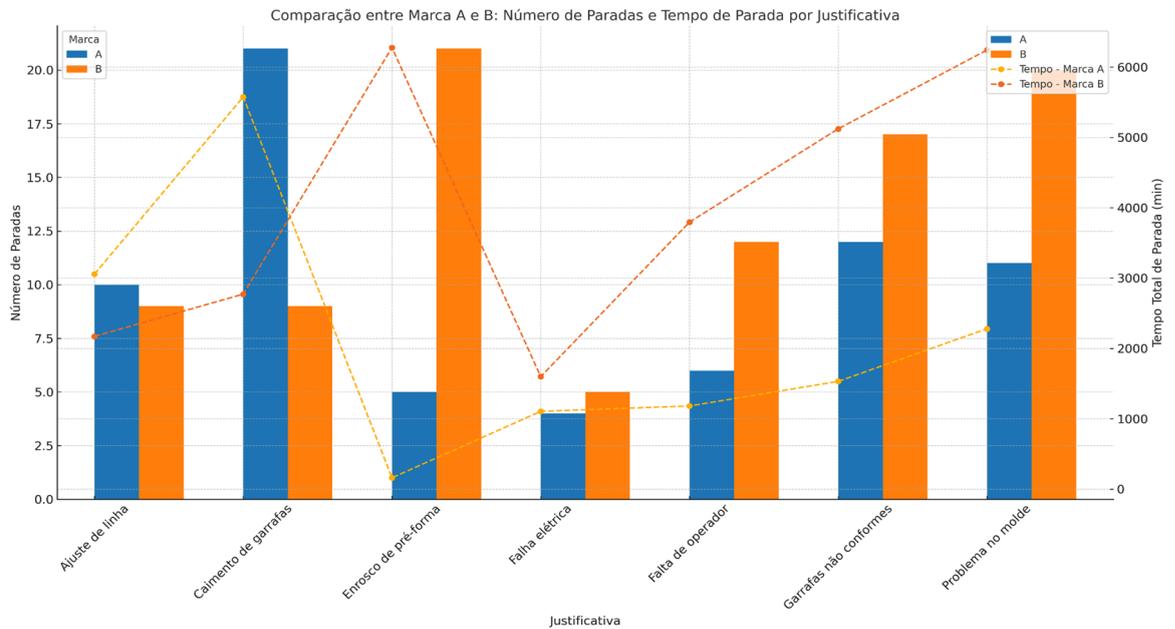
Fonte: Autor, 2025

Observando que todas as justificativas apresentadas para o equipamento, exceto as falhas elétricas e falta de operador, estão relacionadas com o insumo utilizado para a rolagem da linha. A empresa tem dois fornecedores de pré-forma homologados para abastecer a necessidade da produção, marca A e marca B.

Outra análise foi feita para identificar a qualidade das pré-formas utilizadas, um levantamento nos relatórios de produção identificou qual marca do insumo estava em uso em cada dia de produção. A figura abaixo apresenta os comparativos de cada marca, evidenciando os tempos de parada para cada justificativa nas linhas e as perdas de cada marca nas colunas.

Analisando o gráfico, observamos que o impacto maior está na marca B, com maiores tempos de parada e maior número de perdas de caixas dada cada justificativa dos gargalos da máquina.

Figura 13 - Impactos das marcas de pré-forma nos tempos e perdas



Fonte: Autor, 2025

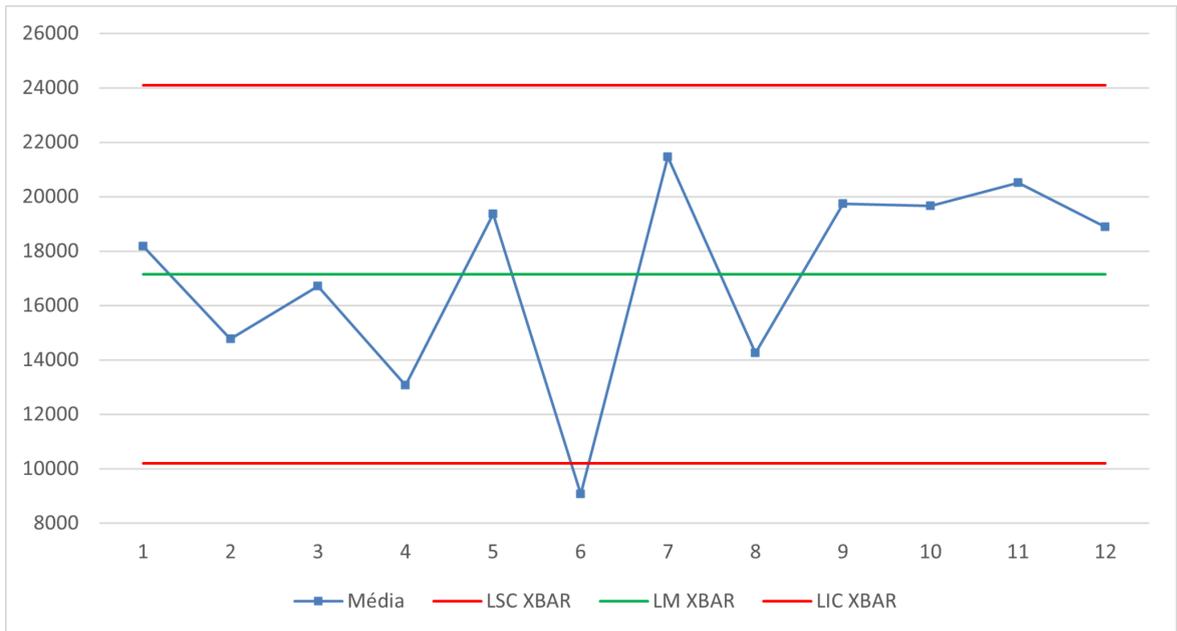
4.3 Cartas de Controle das produções anuais

Após identificar que o aumento do tempo de parada impacta diretamente nas perdas de produção, foi possível avançar para o monitoramento estatístico do processo por meio das cartas de controle. Essa ferramenta permite acompanhar a estabilidade da linha ao longo do tempo e verificar se o processo permanece dentro dos limites aceitáveis de variação.

As cartas de controle funcionam com base em limites superiores e inferiores calculados a partir da média e do desvio padrão dos dados. Esses limites determinam se o processo está sob controle estatístico ou se há sinais de instabilidade que exigem intervenção. Segundo Jacobs & Chase (2009), cerca de 99,7% das variações esperadas devem se manter dentro de três desvios-padrão da média. Quando um ponto ultrapassa esses limites, é um indício de que algo fora do comum está afetando o desempenho.

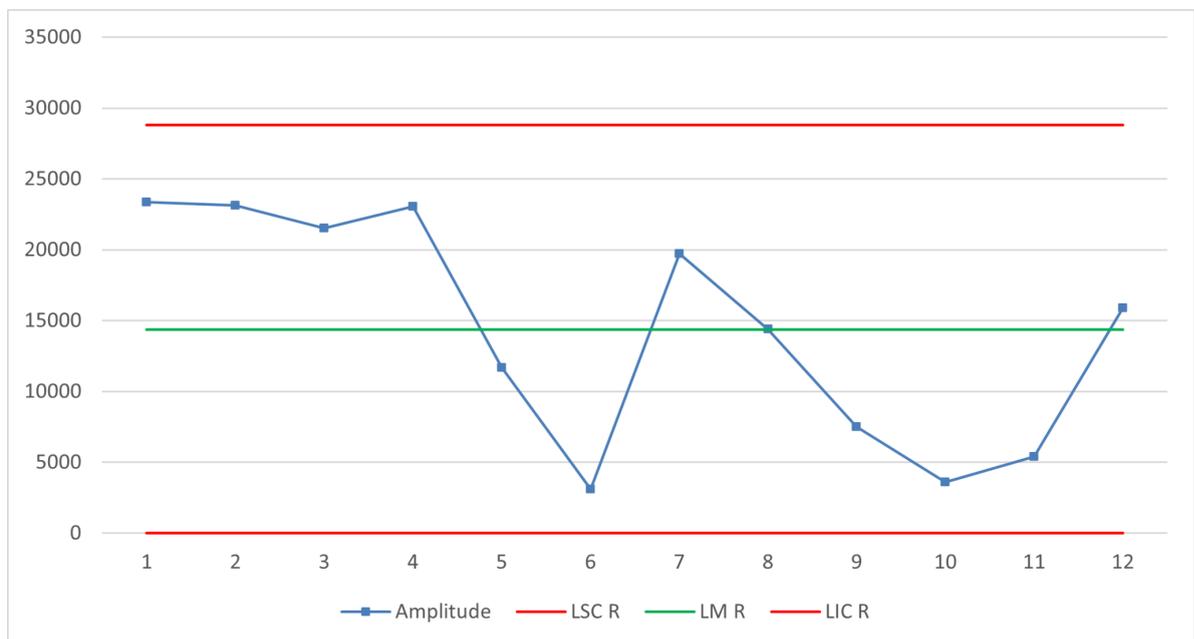
Com isso, foi elaborada uma carta de controle do tipo \bar{X} e R (média e amplitudes) utilizando os dados mensais da produção de caixas ao longo do ano de 2024. O objetivo foi avaliar a consistência do processo e comparar seu comportamento em diferentes períodos do ano, como será apresentado a seguir.

Figura 14 - Carta X-barra da produção de caixas



Fonte: Autor, 2025

Figura 15 - Carta R da produção de caixas



Fonte: Autor, 2025

Observando as cartas de controle, vemos que há picos de variação no processo, e pela carta X-barra um outlier é notado no mês de junho, uma baixa na produção devido a parada programada. Já na carta R, vemos menores variações, porém os valores apresentam uma dispersão maior se aproximam mais dos extremos dos limites.

Levantando dados de impacto financeiro, temos o valor custo de hora parada da linha.

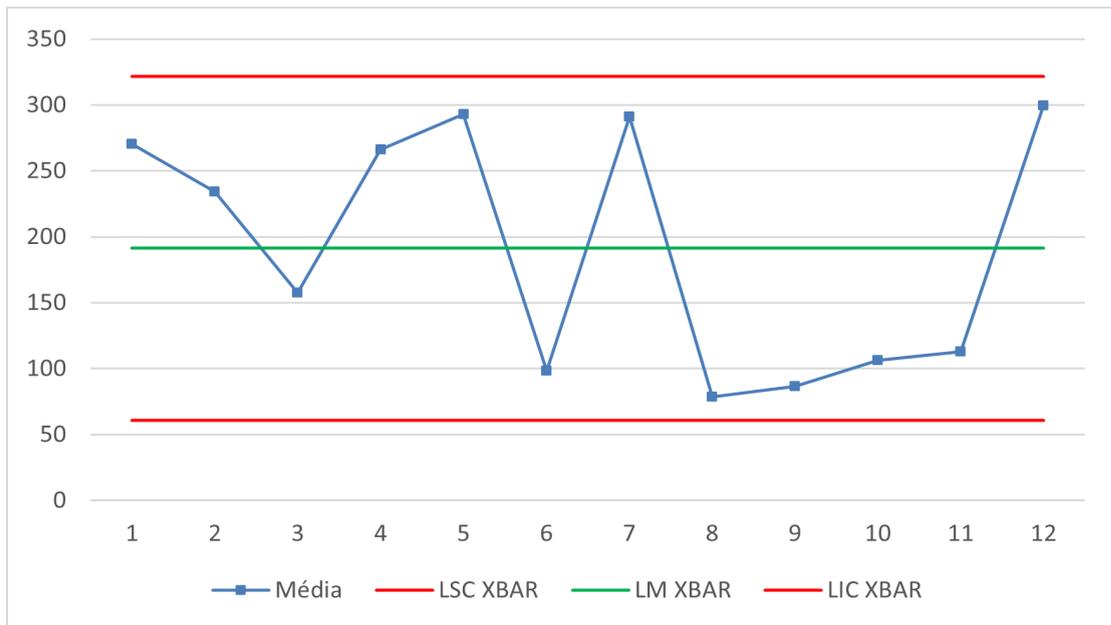
$$CUSTO\ HORA\ PARADA = \frac{Custo\ total\ da\ linha}{Horas\ efetivas} \quad (15)$$

O valor de custo, portanto, para base de cálculo será de R\$1650,00. Com base nas paradas registradas, temos o custo por hora de cada marca de pré-forma que impactou na sopradora e conseqüentemente na perda de caixas. A marca A impactou um custo de R\$409.585,00 enquanto a marca B impactou em R\$2.108.040,00 no ano de 2024.

4.4 Cartas de Controle das paradas por marca de preforma

As cartas a seguir mostram as variações no processo enquanto cada marca estava sendo utilizada na linha.

Figura 16 - Carta X-barra das paradas usando a marca A

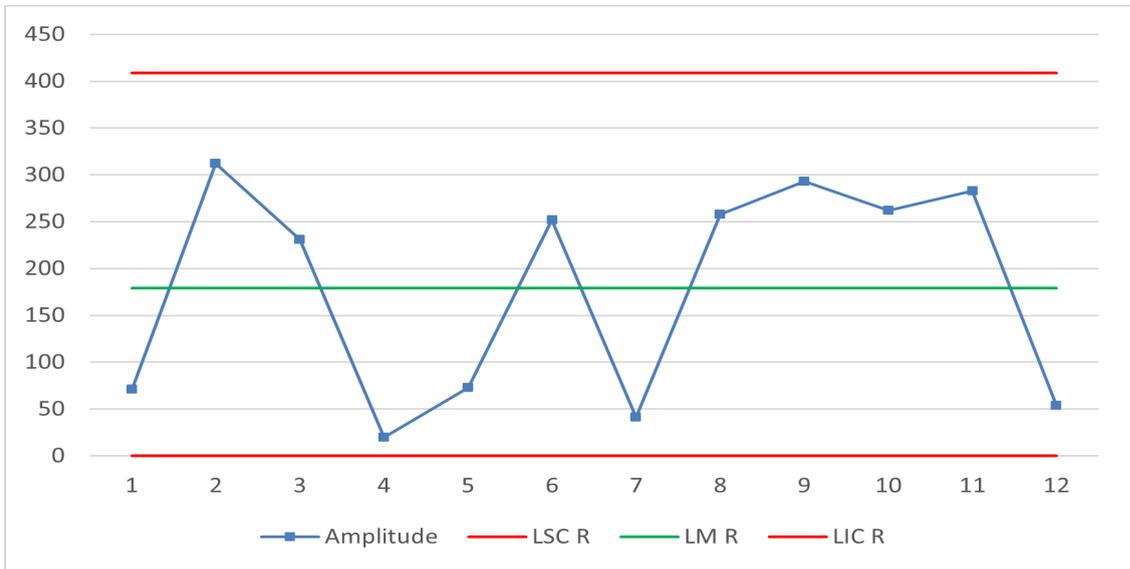


Fonte: Autor, 2025

Os pontos de média de paradas usando a marca A em 2024, possuem variações, nos meses de junho a setembro as médias se aproximam dos limites centrais, porém o processo se manteve estável.

Tendo em vista a carta R das amplitudes, ainda da marca A, o processo também se encontra estável, com variações maiores ao longo do ano, em destaque as medições do primeiro semestre.

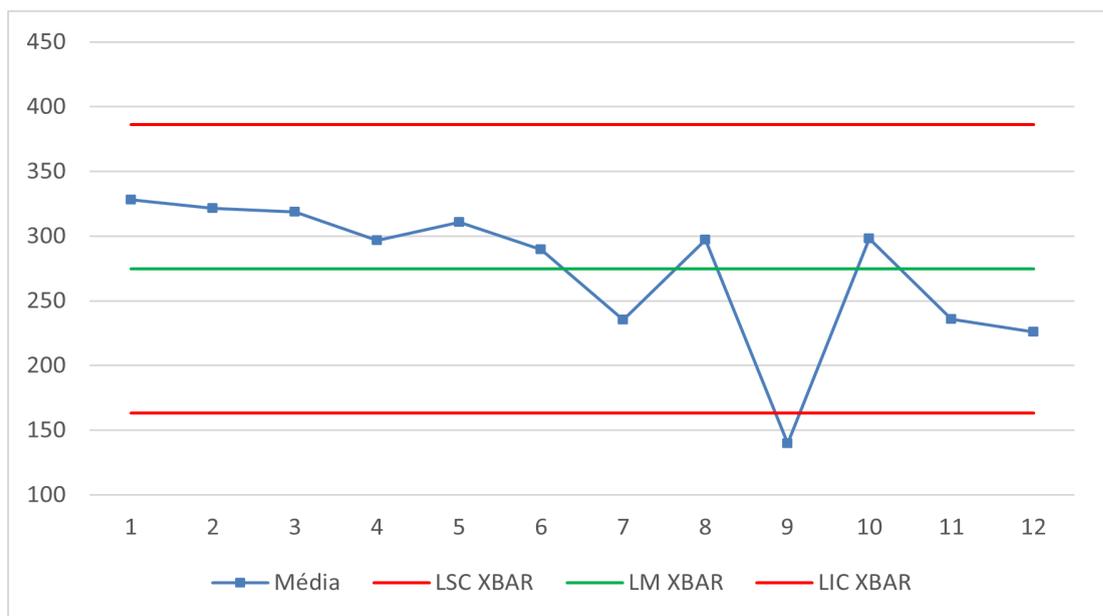
Figura 17 - Carta R das paradas usando a marca A



Fonte: Autor, 2025

As cartas de controle da marca B revelam maior instabilidade no processo quando comparadas à marca A. Na carta \bar{X} , observamos que a maioria dos pontos se mantém dentro dos limites de controle; no entanto, o mês de setembro apresenta um ponto fora do limite inferior, caracterizando uma ocorrência de causa especial e indicando que o processo não se manteve estatisticamente controlado durante todo o período.

Figura 18 - Carta X-barra das paradas usando a marca B

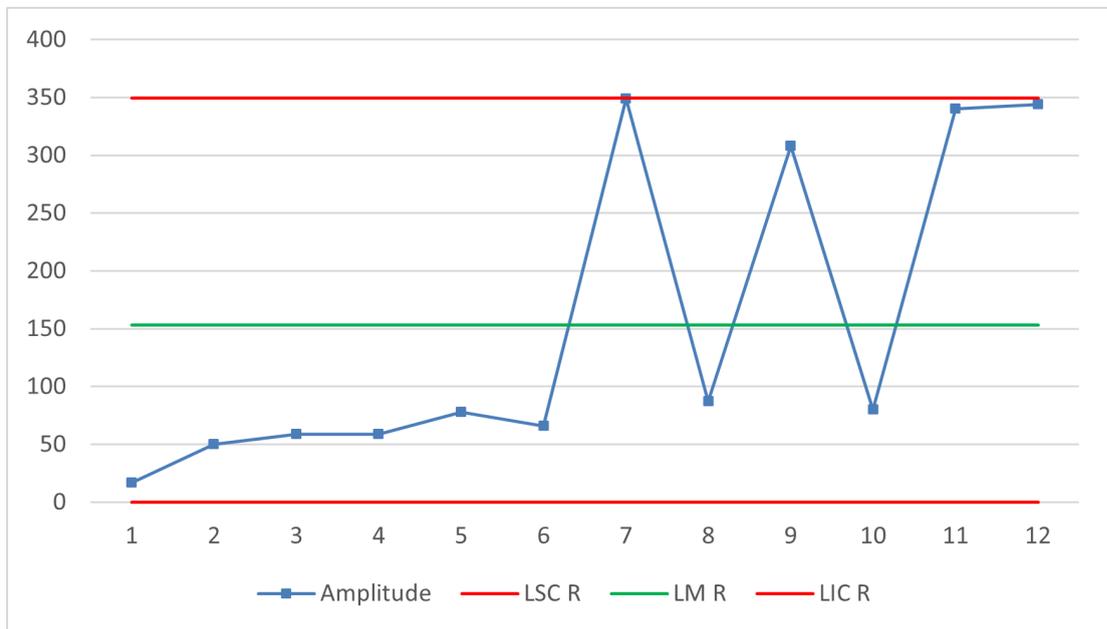


Fonte: Autor, 2025

A carta R da marca B evidencia uma maior variabilidade nas amplitudes das paradas ao longo do ano. A partir do segundo semestre, nota-se uma elevação significativa na dispersão dos dados, com três pontos alcançando ou se aproximando do limite superior de controle. Essa oscilação indica que o processo apresenta uma instabilidade maior, com flutuações expressivas na duração das paradas mensais.

Embora os limites não tenham sido formalmente ultrapassados, essa tendência de variação elevada reforça a necessidade de investigar as causas dessas inconsistências, uma vez que afetam diretamente a previsibilidade e o desempenho da operação.

Figura 19 - Carta R das paradas usando a marca B



Fonte: Autor, 2025

4.5 Cartas de Controle por atributos

Além da análise por variáveis, foram utilizadas cartas de controle por atributos para monitorar a quantidade de peças com defeito por amostra em cada marca de pré-forma. Esse tipo de carta é útil para acompanhar a frequência de falhas e identificar desvios na qualidade ao longo do tempo, mesmo sem precisar medir valores contínuos.

A partir das definições, uma carta de controle por atributos (carta p) foi feita para observar se as tolerâncias de defeitos atendem a média e a dispersão dos limites de controle, bem como o percentual de defeitos nas amostras coletadas da marca B, visto que tem maior impacto no processo e maior impacto econômico.

O procedimento de coleta de amostras segue a NBR 5426 – Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por atributos, que estabelece critérios estatísticos para aceitação ou rejeição de lotes com base na inspeção de amostras representativas. Essa norma define parâmetros como o nível de qualidade aceitável (NQA), o nível de inspeção e os números de aceitação e rejeição, permitindo avaliar com precisão a qualidade do lote inspecionado.

Para este estudo, foi adotado um padrão de amostragem fixa, no qual foram coletadas 5 amostras de 50 peças cada, analisadas no equipamento polariscópio, com o objetivo de verificar defeitos visuais nas marcas de injeção do material, conforme critérios de conformidade estabelecidos. O quadro abaixo resume os resultados coletados.

Quadro 3 - Peças com defeito em amostras n

Amostras	1	2	3	4	5
Peças com defeito	19	7	17	23	5
% defeituosa	8%	3%	7%	9%	2%

Fonte: Autor, 2025

Com os dados da amostra definições da carta p por atributos, uma análise com essa carta foi feita com os limites centrais estabelecidos, para verificar o controle de diferentes cargas de pré-forma da marca B, conforme a figura abaixo.

Figura 20 - Carta p de pré-formas da marca B com defeito



Fonte: Autor, 2025

As frações de defeito por cada amostra, como mostra o gráfico, indicam que há pontos que tendem ao limite inferior da tolerância e um ponto abaixo do limite apesar de ser baixa no percentual de peças defeituosas, sendo necessária intervenção na causa.

4.6 Análise de Variância

Após a aplicação das cartas de controle por variáveis e atributos, que permitiram monitorar a estabilidade do processo e a frequência de defeitos nas pré-formas PET, foi realizada uma análise estatística mais aprofundada com o objetivo de verificar se há diferenças significativas entre as marcas utilizadas.

Para isso, adotou-se um projeto fatorial do tipo 2^k , onde $k = 1$, representando dois níveis de um único fator: a marca da pré-forma (A e B). Esse tipo de projeto permite avaliar o efeito de variáveis categóricas sobre uma resposta quantitativa: o tempo de parada não planejada da linha de envase. A análise foi conduzida por meio do teste de hipótese da ANOVA (Análise de Variância), com o objetivo de comparar as médias dos tempos de parada associados a cada marca e verificar se a diferença entre elas é estatisticamente significativa. As hipóteses estabelecidas foram:

H_0 : não há diferença entre os tempos médios de parada das marcas A e B;

H_1 : há diferença entre as médias dos tempos de parada das marcas A e B.

Com os dados dos relatórios de produção coletados, foi realizado um resumo descritivo das informações estatísticas, conforme o quadro abaixo.

Quadro 4 - Resumo estatístico corrigido por marca

Marca	Média (min)	Mediana (min)	Desvio padrão	Tempo mínimo	Tempo máximo	Amostras
A	215,86	269	115,9	20	349	69
B	300,84	302	38,17	57	350	93

Fonte: Autor, 2025

A análise estatística dos tempos de parada revelou que a marca B apresentou uma média de 300,2 minutos, significativamente superior à média da marca A, de 186,8 minutos. A mediana e o desvio padrão também foram maiores na marca B, indicando não apenas maior duração das paradas, mas também maior variabilidade. Além disso, os valores mínimos e máximos reforçam essa diferença, com a marca B concentrando os tempos mais elevados.

Segundo Montgomery (2009), a Análise de Variância (ANOVA) é uma ferramenta estatística indicada para comparar médias populacionais, permitindo identificar se há diferenças significativas entre grupos com base na variabilidade interna e entre eles. A Tabela ANOVA foi aplicada para avaliar se há diferença estatisticamente significativa nos tempos médios de parada associados às pré-formas das marcas A e B.

Quadro 5 - Tabela ANOVA dos resultados

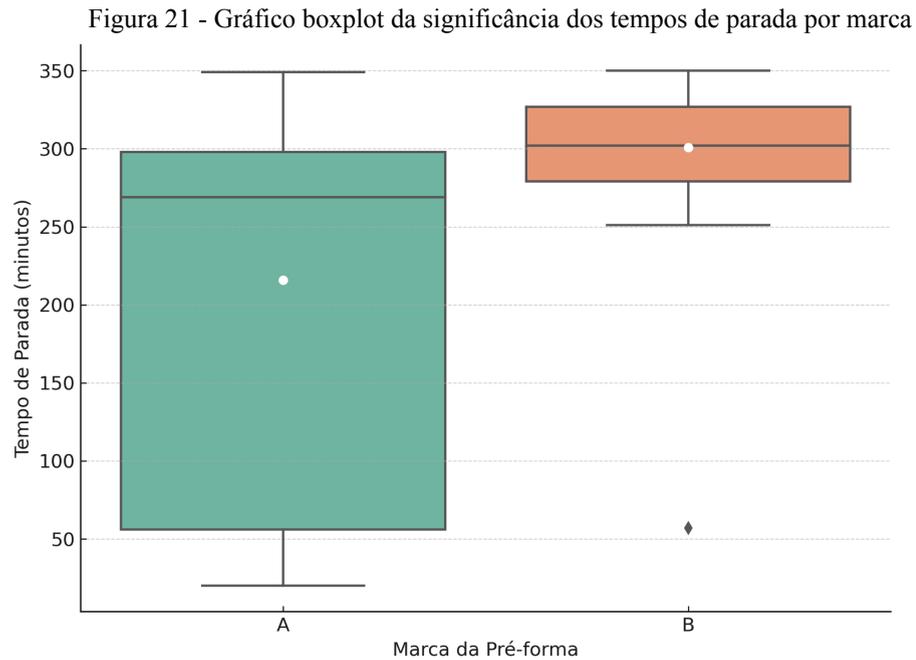
ANOVA					
fonte	SQ	grau de liberdade	MQ	P	F tabelado
entre grupos	33669,28	1	33669,28	0,0268	5,09
dentro dos grupos	515622,13	78	6610,54		
total	549291,41	79	40279,82		

Fonte: Autor, 2025

Os resultados demonstraram um valor de $p < 0,05$, levando à rejeição da hipótese H_0 e indicando que existe diferença significativa entre as médias dos grupos analisados.

Aplicando essa metodologia, os resultados demonstraram que a marca B apresentou tempos de parada significativamente maiores do que a marca A, indicando maior impacto negativo na produtividade. Essa diferença reforça que as falhas associadas à marca B são mais críticas, contribuindo para maiores períodos de inatividade dos equipamentos e perdas operacionais na linha de envase.

Um gráfico boxplot foi plotado com base nos tempos de parada de cada marca:



Fonte: Autor, 2025

O gráfico revela uma diferença clara no comportamento dos tempos de parada entre as duas marcas de pré-forma analisadas descrito no quadro abaixo.

Quadro 6 - Conclusões estatísticas

MARCA A	MARCA B
<p>Apresenta menor variabilidade nos tempos de parada, com uma mediana significativamente mais baixa. Isso indica que, na maior parte do tempo, os processos com a marca A foram mais estáveis e sofreram menos interrupções prolongadas.</p>	<p>Mostra uma mediana mais alta e um intervalo interquartil mais amplo, refletindo maior dispersão dos dados. Essa maior variabilidade sugere que os tempos de parada com a marca B foram mais frequentes e, em muitos casos, mais longos.</p>

Fonte: Autor, 2025

Além disso, o boxplot da marca B apresenta valores extremos acima da parte superior da caixa, evidenciando que em algumas situações as paradas ultrapassaram em muito os tempos habituais, reforçando o impacto negativo no processo produtivo.

Essa visualização gráfica corrobora o resultado obtido na análise de variância (ANOVA), que indicou uma diferença estatisticamente significativa entre as médias de tempo de parada das duas marcas, com a marca B contribuindo de forma mais crítica para a perda de eficiência da linha.

4.7 Plano de Ação

Nesta etapa do trabalho, são apresentadas as propostas de melhoria com foco na principal causa identificada na análise: o impacto negativo das pré-formas da marca B sobre o desempenho da linha de envase. Para estruturar essas ações de forma clara e objetiva, foi utilizado o plano de ação com base na ferramenta de gestão 5W2H.

Segundo Corrêa (2019), a matriz 5W2H é uma metodologia prática que auxilia na elaboração de planos de ação bem definidos, organizando as atividades em etapas diretas e executáveis. Como explica Nakagawa (2017), o nome 5W2H corresponde às iniciais de sete perguntas estratégicas, que orientam a implementação das melhorias.

Quadro 7 - Matriz 5W2H

5W2H						
What (O quê?)	When (Quando?)	Where (Onde?)	Who (Quem?)	Why (Por quê?)	How (Como?)	How much (Quanto custa?)
define a ação ou o problema a ser resolvido;	apresenta o cronograma da atividade;	determina o local onde será implementada;	indica os responsáveis pela execução;	justifica a importância da ação;	descreve o modo de execução;	estima os custos envolvidos.

Fonte: Adaptado de Nakagawa, 2017

Com base nesse modelo, foi elaborado um plano de ação voltado à substituição do fornecedor de pré-formas, visando à melhoria da qualidade e à redução das perdas operacionais causadas pelas falhas recorrentes identificadas na sopradora.

Quadro 8 - 5W2H da compra de pré-formas

5W2H						
What (O quê?)	When (Quando?)	Where (Onde?)	Who (Quem?)	Why (Por quê?)	How (Como?)	How much (Quanto custa?)
Reduzir o número de pedidos da marca B, encontrar outro fornecedor que atenda as necessidades da linha e estabelecer novo acordo de compra.	Início do semestre subsequente, término até final de 2025.	Setor administrativo e supervisão da linha de envase de óleo.	Equipe de Compras de suprimentos e Supervisor da operação.	Para diminuir as não conformidades na inspeção de pré-formas que impactam na produtividade e geram paradas não programadas na máquina sopradora.	Selecionando novo fornecedor adequado com as especificações técnicas da linha e realizando testes de qualidade e no desempenho da linha.	Custo de homologação de novo contrato, custo dos testes da linha.

Fonte: Autor, 2025

Os próximos passos para implementação da melhoria, se inicia com o setor de Compras e Contratos que entrará em contato com novos fornecedores e em seguida os testes se iniciam na linha de produção com novas coletas de dados e negociação para seguir com a homologação. Os dados continuarão sendo monitorados para analisar o comportamento do material a longo prazo pelo setor da Qualidade juntamente com a supervisão da produção. Dessa forma será possível garantir a melhoria proposta de forma sustentável.

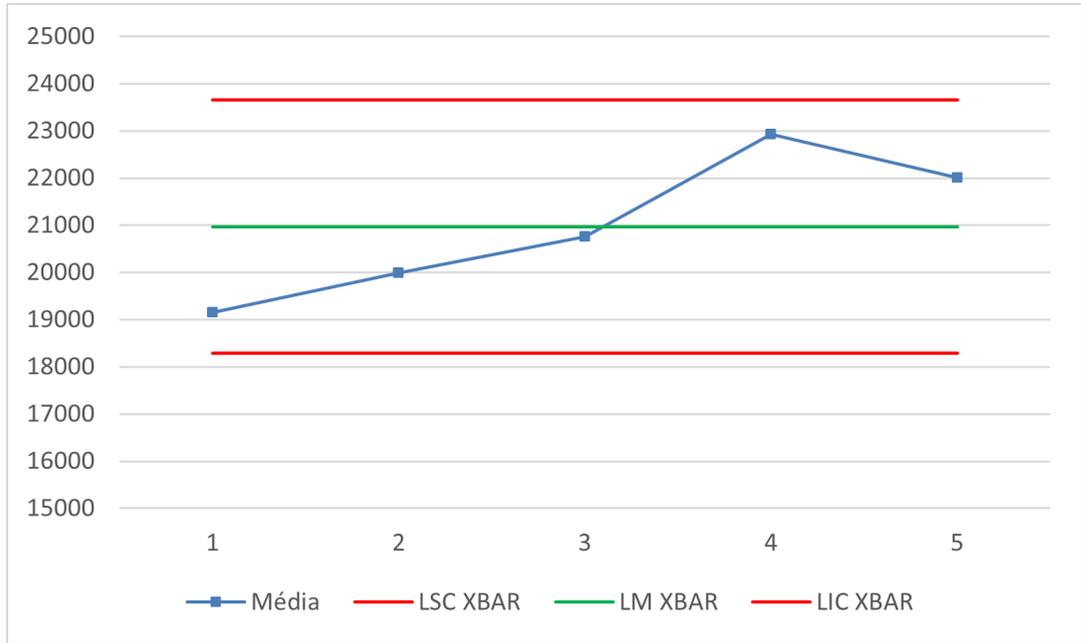
4.8 Resposta do resultado

Como etapa final da análise, o plano de ação proposto foi colocado em prática com a redução gradual do uso das pré-formas da marca B, priorizando o fornecimento de materiais com melhor desempenho.

Após a implementação da ação corretiva, uma nova coleta de dados foi realizada entre os meses de janeiro a maio de 2025, considerando os volumes de produção diária de caixas. A partir desses dados, foram desenvolvidas novas cartas de controle de médias e amplitudes, que evidenciaram uma melhoria significativa na estabilidade do processo.

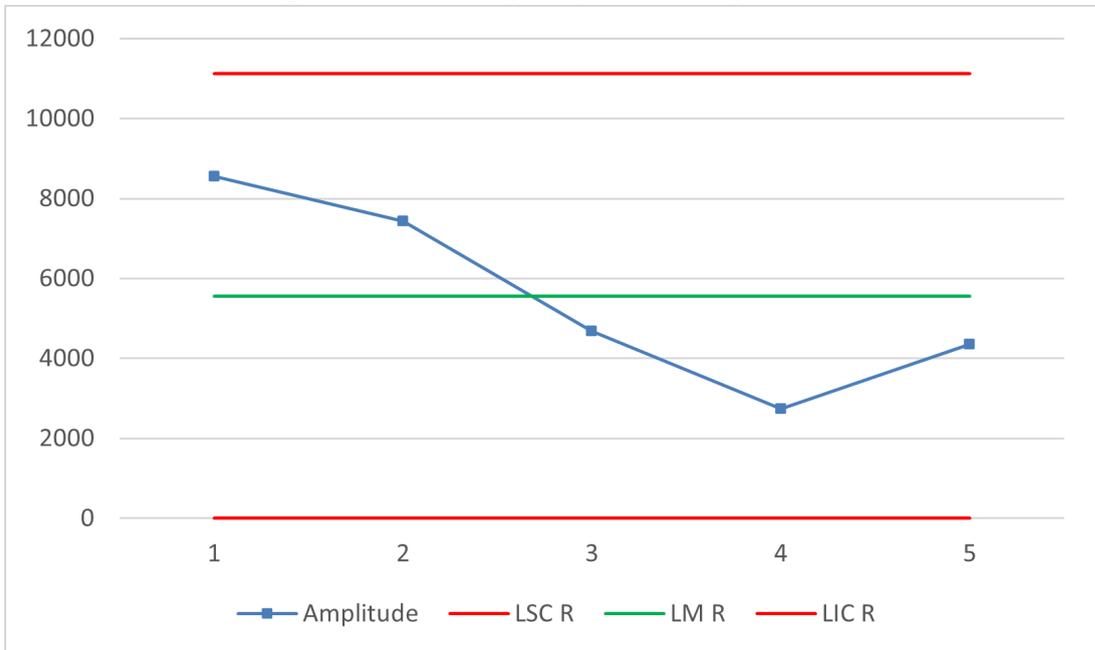
Observa-se que os pontos permanecem dentro dos limites de controle, com menor variabilidade, indicando um comportamento mais consistente e previsível na linha de produção. Além disso, a média de produção em 2024 foi de 16.685,26 caixas por dia, enquanto em 2025, com o início das tratativas, esse número aumentou em 4.280 caixas, alcançando uma média de 20.966 caixas por dia.

Figura 22 - Carta X-barra da produção de caixas após tratativa



Fonte: Autor, 2025

Figura 23 - Carta R da produção de caixas após tratativa



Fonte: Autor, 2025

5. CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo analisar os impactos da qualidade de pré-formas PET na produção de óleo envasado por meio de cartas de controle estatístico e análises de variância em uma indústria processadora de soja em Mato Grosso do Sul. A partir da coleta e análise dos dados de produção e falhas operacionais registrados ao longo de 2024, identificou-se que a marca B concentrou o maior número de paradas e tempo de inatividade, afetando diretamente o desempenho da linha.

Ao longo do estudo, foi possível cumprir todos os objetivos propostos: o processo de envase foi mapeado em detalhe, identificando-se os principais gargalos da produção; os impactos da não conformidade das pré-formas foram avaliados por meio de ferramentas estatísticas; e, por fim, realizou-se um comparativo entre as marcas fornecedoras, embasando uma tomada de decisão voltada à melhoria contínua do processo.

A aplicação de ferramentas do Controle Estatístico de Processos, como cartas de controle por variáveis e atributos, permitiu monitorar a estabilidade do processo e visualizar as variações ao longo do tempo. A marca B apresentou comportamento mais instável e maior dispersão nos tempos de parada, conforme evidenciado nas cartas \bar{X} e R, além de apresentar maior número de amostras fora dos limites de controle na carta p. A análise de variância (ANOVA) confirmou que há diferença estatisticamente significativa entre as médias de tempo de parada das duas marcas, reforçando o impacto negativo da marca B no processo produtivo.

Como resposta a esses resultados, foi desenvolvido um plano de ação estruturado pela metodologia 5W2H, com foco na redução do uso das pré-formas da marca B. A nova coleta de dados entre janeiro e maio de 2025 demonstrou resultados expressivos: a média de produção diária aumentou de 16.685,26 caixas para 20.966 caixas, representando uma elevação de aproximadamente 4.280 caixas por dia. As novas cartas de controle indicaram maior estabilidade do processo, tanto na média quanto na amplitude.

Dessa forma, a substituição parcial do fornecedor contribuiu para o aumento da produtividade, a redução das perdas operacionais e uma melhoria significativa no desempenho da linha. A análise estatística aplicada neste estudo demonstrou ser uma ferramenta eficaz para a tomada de decisão baseada em dados e pode ser replicada para outros processos industriais com foco em qualidade e eficiência operacional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABEPRO – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. **A profissão: Engenharia da Qualidade**. Disponível em:

<https://portal.abepro.org.br/abepro2025/profissao/>. Acesso em: 13 abr. 2025.

ABIOVE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE ÓLEOS VEGETAIS.

Capacidade instalada da indústria de óleos vegetais. Disponível em:

<https://abiove.org.br/capacidade-instalada-da-industria-de-oleos-vegetais/>. Acesso em: 13 abr. 2025.

ABIOVE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE ÓLEOS VEGETAIS.

Panorama do setor de soja no Brasil. Disponível em: <https://abiove.org.br>. Acesso em: abr. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5426: planos de**

amostragem e procedimentos na inspeção por atributos. Rio de Janeiro: ABNT, 1985.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Safra – Série Histórica de Grãos**. Disponível em:

<https://portaldeinformacoes.conab.gov.br/safra-serie-historica-graos.html>. Acesso em: 13 abr. 2025.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Soja: dados econômicos**. Disponível em:

<https://www.embrapa.br/web/portal/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>. Acesso em: 13 abr. 2025.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. **Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros**. Rio de Janeiro: LTC, 2003.

NAKAGAWA, Marcelo. **5W2H – Plano de ação para empreendedores**. SEBRAE, [S. l.], p. 1-3, 6 nov. 2017. Disponível em:

<https://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/Anexos/5W2H.pdf>. Acesso em: 13 abr. 2025.

OPTIMAL. **Gestão de qualidade para indústrias de óleos vegetais**. Disponível em: <https://optimal.com.br/pt/recursos/gestao-de-qualidade-para-industrias-de-oleos-vegetais/>. Acesso em: 13 abr. 2025.

PALADINI, Edson Pacheco. **Gestão da qualidade: teoria e prática**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2024. Livro digital. ISBN 9786559776436.

RIBEIRO, José Luis Duarte; CATEN, T. S. C. **Série monográfica qualidade: projeto de experimentos**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2011.

ROCHA, Henrique. **Controle estatístico de qualidade: volume único**. [S. l.]: [s. n.], [s. d.].

SILVA MARINHO BATISTA, José Eduardo; SENHORINHO GONÇALVES, Eva Wilma; FONTANA, Marcele Elisa. **Controle estatístico de processo no desenvolvimento de plano de ações corretivas e rotinas de trabalho**. Zeiki - Revista Interdisciplinar da Unemat Barra do Bugres, [S. l.], v. 3, n. 2, p. 41–61, 2022. Disponível em: <https://periodicos.unemat.br/index.php/zeiki/article/view/5965>. Acesso em: 20 abr. 2025.

WERKEMA, C. **Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos**. Belo Horizonte: Werkema Editora, 2006.

WERKEMA, M. C. C. **Planejamento de experimentos**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1995.