



Universidade Federal do Paraná
Programa de Pós-Graduação Lato Sensu
Engenharia Industrial 4.0



DEIVISON SILVA DO NASCIMENTO
MARCOS PAULO DOS SANTOS
TASSIO VINICIUS PETRY
VERIDIANE SERVIENSKI LEPINSKI

REDUÇÃO DE DESPERDÍCIO NA IMPRESSÃO DE EMBALAGENS CARTONADAS

CURITIBA
2023

DEIVISON SILVA DO NASCIMENTO
MARCOS PAULO DOS SANTOS
TASSIO VINICIUS PETRY
VERIDIANE SERVIENSKI LEPINSKI

REDUÇÃO DE DESPERDÍCIO NA IMPRESSÃO DE EMBALAGENS CARTONADAS

Monografia apresentada como resultado parcial à obtenção do grau de Especialista em Engenharia da Qualidade 4.0. Curso de Pós-graduação Lato Sensu, Setor de Tecnologia, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Me. Anderson Donato

**CURITIBA
2023**

AGRADECIMENTOS

Em nome de todos os integrantes da equipe, gostaríamos de agradecer primeiramente a Deus, por nós ter concebido a Santa Graça e nós proporcionar a força para correr atrás dos nossos objetivos.

Ao nosso orientador, Professor Anderson Donato, pelas valiosas contribuições dadas durante todo o processo até hoje.

Aos nossos familiares pelo apoio e incentivo que serviram de alicerce para as nossas realizações.

Ao nosso coordenador do curso, Professor Pablo, que junto com todos os professores precisaram se reinventar devido as dificuldades causadas pós pandemia do coronavírus.

A todos os nossos amigos do curso que compartilharam dos inúmeros desafios que enfrentamos, sempre com o espírito colaborativo.

E por último, mas não menos importante, agradecemos a Universidade Federal do Paraná e o seu corpo docente que demonstraram estar comprometido com a qualidade e excelência do ensino.

RESUMO

O trabalho apresenta a metodologia DMAIC aplicada a um projeto de certificação Black Belt. As metodologias aplicadas foram baseadas nos aprendizados do curso, e toda a sequência de desenvolvimento, foi realizada com base na problemática do projeto, como reduzir o problema de falha de registro na hora da troca de bobina durante a impressão das embalagens. Para o sucesso do projeto, foram desenvolvidas análises estatísticas, além de melhorias obtidas através de benchmarking já realizado em outra planta. Os desperdícios gerados pela falha geravam uma perda financeira grande na planta industrial, visto que o material não pode ser reaproveitado. A meta proposta para a melhoria era para cair de 0,25% para 0,20%, mas a queda registrada foi de 0,11% no último mês do projeto, após as soluções serem aplicadas. Com a finalização do projeto, obtivemos sucesso no atingimento da meta, assim como um retorno financeiro viável para o projeto, comparado ao investimento realizado.

Palavras-chaves: Embalagem, desperdício e impressão.

ABSTRACT

The work presents the DMAIC methodology applied to a Black Belt certification project. The methodologies applied were based on what was learned during the course, and the entire development sequence was based on the project's problem, such as reducing the problem of registration failure when changing the coil during packaging printing. For the success of the project, statistical analyzes were developed, in addition to improvements obtained through benchmarking already carried out in another plant. The *waste* generated by the failure generated a large financial loss in the industrial plant, since the material cannot be reused. The proposed target for improvement was to drop from 0.25% to 0.20%, but the recorded drop was 0.11% in the last month of the project, after the solutions were applied. With the completion of the project, we were successful in achieving the goal, as well as a viable financial return for the project, compared to the investment made.

Keywords: Packaging, *waste* and printing.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Cadeia de geração de valor.....	17
Figura 2 - Muita variação de registro na troca de bobina	19
Figura 3 - Pouca Variação de Registro na troca de bobina	19
Figura 4 - Diagrama de posição do registro	19
Figura 5 - Swift fora de posição durante a variação de registro	19
Figura 6 - Análise mensal de desperdício da empresa	20
Figura 7 - Formato CB1	21
Figura 8 - Formato CB5 (sem furo).....	21
Figura 9 - Formato CB7 sem furo	21
Figura 10 - Formato CB7 com furo	21
Figura 11 - Formato CB8 com furo	21
Figura 12 - Estratificação de <i>Waste</i> entre os meses Junho a Agosto de 2022.....	22
Figura 13 - Alimentação de <i>waste</i> dentro do sistema pelo colaborador	22
Figura 14 - Dados de produção de <i>waste</i> nos formatos CB1, CB5, CB7 e CB8.....	23
Figura 15 – Resultados ANOVA PC01 sem furo.....	25
Figura 16 – Resultados ANOVA PC01 sem furo.....	26
Figura 17– Gráfico de Pareto ANOVA PC01 sem furo.....	26
Figura 18– Gráfico de resíduos ANOVA PC01 sem furo.....	27
Figura 22 – Resultados ANOVA PC07 com furo.....	29
Figura 23 – Gráfico de Pareto ANOVA PC07 com furo.....	29
Figura 24 – Gráfico de resíduos ANOVA PC07 com furo.....	30
Figura 25 – Análise de variância ANOVA PC01 sem furo.....	30
Figura 26 – Gráfico de resíduos ANOVA PC01 sem furo.....	31
Figura 27– Resultados ANOVA PC08 com furo.....	32
Figura 28– Resultados ANOVA PC08 com furo.....	32
Figura 29– Gráfico de Pareto ANOVA PC08 com furo.....	32
Figura 30– Gráfico de resíduos ANOVA PC08 com furo.....	33

Figura 31– Resultados ANOVA PC07 sem furo	33
Figura 32– Resultados ANOVA PC07 sem furo	34
Figura 33– Gráfico de Pareto ANOVA PC07 sem furo	34
Figura 34– Gráfico de resíduos ANOVA PC07 sem furo	35
Figura 35– Análise de variância PC05 com furo	35
Figura 36– Gráfico de resíduos PC05 com furo	36
Figura 37– Análise de variância PC05 sem furo	36
Figura 38– Gráfico de resíduos PC05 sem furo	37
Figura 39– Mapa de processo para máquina de impressão de rotogravura	39
Figura 40– Desbobinador e Mesa de emenda	40
Figura 41 – Digrama de Ishikawa	41
Figura 42– Matriz de Priorização	42
Figura 43 – Causas Priorizadas	43
Figura 44 – Evidência 01: Falta de alinhador em materiais com furo na estação 1	43
Figura 45 – Evidência 02: Falta de parâmetro para inserção de diâmetro manual na unidade fictícia da PP1	44
Figura 46 – Evidência 03: Parâmetros de tipo de controle de cada estação	44
Figura 47 – Evidência 03: Parâmetros de tipo de controle de cada estação	44
Figura 48 – Evidência 04: Falta de alinhador no desbobinador da PP1	45
Figura 49 – Evidência 05: Parâmetro de Diâmetro da Unidade Fictícia pode não ser o ideal	45
Figura 50 –Causas Fundamentais	46
Figura 51 –Antes do alinhador	48
Figura 52 – Depois do alinhador	48
Figura 53 – Gráficos de controle	48
Figura 54 – Antes do alinhador	49
Figura 55 – Depois do alinhador	49
Figura 56 – Ajustes do alinhador	50
Figura 57 – Padrões de Dummy	50
Figura 58 – Resultados melhoria CB7	51

Figura 59 – Resultados melhoria CB5	51
Figura 60 – Resultados melhoria CB1	51
Figura 61 – Resultados melhoria CB08	52
Figura 62 – Resultados melhoria Geral.....	52
Figura 63 – Gráfico Meta	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Descrição da atividade de cada integrante da equipe.....	14
Tabela 2 - Metas específicas para cada um dos grupos	23
Tabela 3 – Parâmetros Dummy	38
Tabela 4 – Variáveis do Processo - Câmera Keyence /Detecção do swift e THL.....	40
Tabela 5 – Meta.....	53

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO.....	11
1.2. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA.....	11
1.3. JUSTIFICATIVA.....	12
1.4. HIPÓTESE.....	12
1.5. OBJETIVO	12
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1. METODOLOGIA SEIS SIGMA.....	13
2.2. HISTÓRICO.....	13
2.3. VANTAGENS EM UTILIZAR A METODOLOGIA SEIS SIGMA	13
2.4. EQUIPE DO PROJETO SEIS SIGMA	14
2.5. MÉTODO DMAIC.....	15
2.5.1. Definir	15
2.5.2. Medir	16
2.5.3. Analisar	16
2.5.4. Melhorar	16
2.5.5. Controlar	17
2.6. SELEÇÃO DO PROJETO	17
3. METODOLOGIA E PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL.....	18
3.1. ETAPA DEFINIR (DEFINE).....	18
3.1.1. Descrição do Problema	18
3.1.2. Definição do indicador e confiabilidade dos dados	19
3.1.3. Descrição do histórico	20
3.1.4. Meta	20
3.1.5. Ganhos.....	21
3.2. ETAPA MEDIR (MEASURE).....	21
3.2.1. Estratificação do problema	22
3.2.2. Confiabilidade dos dados	22
3.2.3. Focos do problema	23
3.2.4. Metas específicas	23
4. METODOLOGIA E PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL.....	25
4.1. ETAPA ANALISAR (ANALYSE).....	38
4.1.1. Entendendo o gerador do problema	38
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	47

5.1.1. Falta de alinhador em materiais com furo.....	47
5.1.2. Falta de alinhador no desbobinador da PP1.....	49
5.1.3. Parâmetro de Diâmetro da Unidade Fictícia.....	50
5.1.4. Retorno financeiro.....	52
6. CONCLUSÕES	54
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55

1. INTRODUÇÃO

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

As embalagens cartonadas estão presentes na vida da maioria dos brasileiros, principalmente quando é consumido leite, suco, iogurte, achocolatado, leite condensado e creme de leite. Atualmente, ela é considerada indispensável na indústria alimentícia, principalmente quando se trata do potencial de conservação do produto. Devido a esse fato, esse tipo embalagem é apelidado de “longa vida” no Brasil ou também chamado de multicamada, pois ele é produzido com muitas camadas de papel, alumínio e polietileno.

As embalagens longa vida são altamente recicláveis e reutilizáveis. Considerando que temas como a preservação do meio ambiente estão cada vez mais em alta, as empresas têm buscado opções e ações que ajudem a promover a sustentabilidade. É por isso que a embalagem cartonada tem ocupado um espaço cada vez maior no acondicionamento de alimentos e bebidas, diminuindo o uso do plástico, que é mais poluente e demora mais para se decompor no ambiente.

Esse crescimento de vendas afeta diretamente na indústria, pois a briga por espaço no mercado se torna ferrenha e cada diminuição nos custos dentro da companhia se torna extremamente importante. Um dos principais gastos ocorre no setor de impressão nas empresas.

Para que a máquina se estabilize e comece a gerar a embalagem cartonada aprovada, é necessário um tempo e com isso é gerado uma grande quantidade de Scrap (material não conforme) dentro da fábrica. Infelizmente, esse produto não conforme não pode ser reutilizado e acaba sendo destinado para os aterros sanitários, uma ideia nada sustentável e que aumenta a pegada carbono a níveis mundiais.

A ideia desse projeto é identificar as principais melhorias a serem calculadas, analisadas e, com isso, colocadas em prática, visto a diminuir a quantidade de material reprovado e atender a meta global da empresa.

1.2. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

A ideia desse projeto é identificar as principais melhorias a serem calculadas, analisadas e, com isso, colocadas em prática, visto a diminuir a quantidade de material reprovado e atender a meta global da empresa. Será utilizado a metodologia DMAIC

(Definir, Medir, Analisar, Melhorar, Controlar), que resumidamente é um roteiro técnico, elaborado a partir da metodologia Lean Six Sigma.

1.3. JUSTIFICATIVA

Os índices de desperdícios (*waste*) no processo de produção de embalagens cartonadas têm diminuído no modo geral, devido a diversos projetos internos dentro da fábrica, mas o tipo DR31 (falha de registro) vem piorando seus índices exponencialmente nos últimos anos, causando impactos financeiros significativos para a empresa Fábrica de Embalagens. A importância desse projeto de conclusão de curso é a diminuição desses *waste* dentro da companhia, através de análises estatísticas e aplicação de ferramentas referente a metodologia Qualidade 4.0.

1.4. HIPÓTESE

A primeiras hipóteses a serem analisadas serão por meio de diferença entre turnos da empresa, o nível de treinamento entre os colaboradores, o plano de calibração dos sensores das duas linhas de produção e o controle de qualidade referente as matérias-primas recebidas na companhia.

1.5. OBJETIVO

O objetivo do presente projeto é a diminuição de *waste* durante a troca de bobina no processo de produção das embalagens cartonadas e atender a meta global (menor que 0,20%).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo apresenta a metodologia Seis Sigma, sua definição e histórico, e os profissionais qualificados para atuar em projetos sobre o tema. Em seguida, o método DMAIC é discutido, as cinco etapas são demonstradas e, finalmente, os recursos das respectivas ferramentas são demonstrados.

2.1. METODOLOGIA SEIS SIGMA

A metodologia Seis Sigma é uma estratégia de negócios rigorosa e altamente quantificável focada em aumentar a lucratividade e melhorar os resultados. Essa abordagem é uma estratégia de gerenciamento de mudanças usada para acelerar a melhoria de processos, produtos e serviços. Pode ser implementado de forma rápida e eficiente, com base em um conjunto coordenado de conceitos, ferramentas e técnicas. Ela beneficia principalmente a indústria reduzindo desperdícios, aumentando a satisfação do cliente e melhorando os processos, com foco em resultados financeiros mensuráveis.

2.2. HISTÓRICO

A origem do padrão seis sigma ocorreu em 1987, quando a Motorola lançou o Six Sigma para competir com produtos estrangeiros com preços mais baratos e melhor qualidade. No final dos anos 80 e início dos anos 90, o lucro chegou a 2,2 bilhões de dólares (americanos). Além da Motorola, a GE (General Electric) também implementou o 6 Sigma na década de 1990, atingindo o patamar de 4 bilhões em 2002 dólares economizados a cada ano (WERKEMA, 2004).

Após a divulgação dos grandes lucros obtidos por essas empresas, que colocaram em prática o programa Seis Sigma, houve assim um grande interesse de outras organizações implementarem a metodologia.

2.3. VANTAGENS EM UTILIZAR A METODOLOGIA SEIS SIGMA

As principais vantagens que a metodologia Seis Sigma pode trazer para a empresa são (WERKEMA, 2004):

- Maior rapidez e probabilidade de sucesso na implementação das iniciativas de aumento de produtividade;

- Expectativa de mudanças e ganhos substanciais;
- Habilidade para alavancar a quantidade de iniciativas;
- Mudanças e otimizações radicais e inovadoras;
- Promover mudança de cultura;
- Força de trabalho mais motivada e capacitada;
- Mapeamento dos processos e atividades existentes;
- Maior satisfação dos clientes;
- Ganhos expressivos também com fornecedores;
- Menor custo de transações (menor necessidade de conferências e reparos);
- Ganhos financeiros bem determinados.

2.4. EQUIPE DO PROJETO SEIS SIGMA

A metodologia Seis Sigma requer integração com todos os departamentos da empresa para funcionar adequadamente. Por isso é necessário formar pessoas que se tornarão patrocinadores do programa ou especialistas na metodologia e suas ferramentas. A descrição da função de cada colaborador no projeto está na Tabela 1.

Tabela 1 - Descrição da atividade de cada integrante da equipe.

Colaborador:	Descrição:
Champion	Responsável pela implantação do Seis Sigma na empresa. A principal responsabilidade é fazer com que equipes multifuncionais se empenhem no desenvolvimento de projetos específicos de melhoria e de redução de custos e também devem ser capazes de pavimentar o caminho para as mudanças necessárias e para a integração de resultados. São os "Champions" que definem as pessoas que irão disseminar os conhecimentos sobre o Seis Sigma por toda a empresa e irão coordenar uma determinada quantidade de projetos.
Master Black Belt	Normalmente presentes em grandes empresas, os "Master Black Belts" assessoram os "Champions" na identificação de projetos de melhoria, além de coordenar todo o trabalho dos demais "Black Belts". O objetivo de longo prazo de qualquer organização que deseja implementar com sucesso o programa Seis Sigma é treinar todos os seus funcionários, de tal forma que eles apliquem integralmente a metodologia Seis Sigma na melhoria de tudo o que fazem.

Black Belt	São os "homens de confiança" do Seis Sigma. Ficam dedicados, em período integral, ao programa. Organizam a revisão mensal do planejamento estratégico, definem metas e determinam prováveis novos membros da equipe de Black Belts. Seu treinamento é voltado para Gerentes, Engenheiros, Estatísticos, Administradores de Empresa, enfim, profissionais responsáveis pela implantação e apoio na metodologia Seis Sigma.
Green Belt	Ao contrário do Black Belt, não fica integralmente dedicado à resolução de problemas da empresa. São designados para uma ou mais equipes, de acordo com o conhecimento que têm do assunto. O curso para a formação de um Green Belt dura um terço do de um Black Belt. Curso superior não é pré-requisito.
Yellow Belt	Muitas empresas usam o Yellow Belt como um curso ministrado aos principais executivos da empresa, que não vão se envolver diretamente nos processos, mas precisam de um conhecimento básico sobre o Seis Sigma. Não desenvolvem projetos práticos.
White Belt	Os White Belts são treinados nos fundamentos do Seis Sigma por meio de cursos de curta duração. Estes treinamentos abordam a utilização das ferramentas básicas que se aplicam às várias fases da estratégia, permitindo que eles tenham uma compreensão mais forte de todo o processo e a necessária preparação para que auxiliem os Green Belts e os Black Belts na implementação de seus projetos.

Fonte: Adaptação Figueiredo, 2006.

2.5. MÉTODO DMAIC

Essa metodologia é dividida em cinco processos críticos (conhecidos pela sigla DMAIC, ou *Define, Measure, Analyze, Improve e Control* – ou em português Definir, Mensurar, Analisar, Melhorar e Controlar).

2.5.1. Definir

Definição do escopo do projeto. Os objetivos são as metas estratégicas da organização, como aumento da participação de mercado, maior retorno sobre o investimento, redução do percentual de defeitos, aumento da produção, melhor qualidade, aumento do giro de estoque, melhor previsão de demanda. Neste momento é muito importante formar um grupo de trabalho corretamente e obter informações claras sobre os objetivos individuais e a tese. você já pode utilizar mapeamento de processos e brainstorming nesta etapa para entender melhor o processo analisado (FIGUEREIDO, 2006).

2.5.2. Medir

As informações sobre a situação atual são reunidas para obter os dados-base do desempenho atual do processo e identificar as áreas com problemas. Faz-se necessário o mapeamento do processo a ser analisado, pois este facilitará as futuras discussões sobre o projeto e englobará todas as atividades importantes desta dinâmica. Destaca-se também a realização do MSA (Análise do Sistema de Medição) que indicará se os dados são confiáveis ou não e como podemos torná-los confiáveis. São estabelecidas métricas válidas e confiáveis para ajudar a monitorar o processo rumo às metas definidas. Utiliza-se a análise de dados exploratória e descritiva para ajudar a entender os dados. Um planejamento é desenvolvido para esboçar a estratégia a ser usada para tirar o processo de seu estado atual e levá-lo a um controle estatístico, de acordo com as metas Seis Sigma da empresa. Faz-se uma análise preliminar das principais variáveis (entrada e saída) do processo, além de outras ferramentas como a matriz FMEA (Análise de Modos e Efeitos de Falha) e análise da capacidade de processo (cpk) (FIGUEREIDO, 2006).

2.5.3. Analisar

Determina as causas de cada problema prioritário. Analisa o sistema para identificar formas de eliminar a lacuna entre o desempenho atual do sistema ou processo e a meta desejada. Os dados relacionados ao processo são coletados a partir de várias fontes, incluindo relatórios de sucatas e defeitos, gráficos de lucros, devolução de produtos, etc. Os dados são então categorizados e estudados em relação às suas tendências. As fontes potenciais de variação são identificadas usando ferramentas como gráficos de Pareto, diagramas de causa e efeito, regressão, análise de variância (ANOVA), testes de hipóteses (WERKEMA, 2004).

2.5.4. Melhorar

Propõe, avalia e implementa soluções para cada problema prioritário. Usa o gerenciamento de projetos e outras ferramentas de planejamento e gerenciamento para implementar a nova abordagem. Emprega métodos estatísticos para validar a melhoria. A avaliação estatística dos dados identifica áreas chave para focar os esforços de melhoria do processo. Causas especiais de variação também podem ser documentadas nesta fase. Técnicas avançadas de solução de problemas e ferramentas, tais como: Planejamento de Experimentos (ANOVA) e Análise de Regressão são usadas para melhorar o processo (WERKEM, 2004).

2.5.5. Controlar

Uma vez que as causas potenciais de variação são identificadas, um plano de ação deve ser selecionado e implementado para trazer o processo para uma situação sob 26 controle. Este passo normalmente envolve uma análise de custo/benefício da ação planejada. As cartas de controle podem ser usadas para mostrar a sustentabilidade do processo. Os limites de controle são determinados e a estabilidade do processo é monitorada. Um plano de controle do processo é desenvolvido de forma que sume todos os elementos usados para controlar a variação dentro do processo. Uma vez que o processo é considerado estável, um estudo de análise de capacidade (Cpk) é realizado para determinar a capacidade do processo (FIGUEREIDO, 2006).

2.6. SELEÇÃO DO PROJETO

Ao aplicar a metodologia 6 Sigma, a seleção de projetos talvez seja o aspecto mais importante do processo, pois projetos criteriosamente selecionados e selecionados e a correta aplicação da metodologia significa resultados mais rápidos e consistentes, ou seja, resultados financeiros tangíveis (FIGUEREIDO, 2006).

Figura 1 - Cadeia de geração de valor



Fonte: FIGUEREIDO, 2006.

Os projetos também são selecionados para apoiar o plano geral de negócios. Eles devem ser cuidadosamente dimensionados para oferecer benefícios significativos aos negócios, mantendo-os em um tamanho gerenciável e em um prazo razoável.

Normalmente, o foco está nas realizações organizacionais tangíveis, como a redução do número de defeitos. Deve-se fornecer os recursos e ferramentas necessárias para atingir as metas. Estes incluem o emprego, treinamento e supervisão de gerentes.

Uma vez que um processo tenha sido selecionado como candidato para melhoria, uma declaração do problema é formulada e as metas ou resultados desejados são definidos.

3. METODOLOGIA E PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL

Nesse capítulo será apresentado as etapas do método DMAIC aplicadas diretamente ao projeto de redução de desperdícios na troca de bobina no processo de rotogravura da empresa Fábrica de Embalagens.

3.1. ETAPA DEFINIR (DEFINE)

A etapa “definir” é a primeira fase do projeto e é de grande importância na definição do escopo do projeto.

3.1.1. Descrição do Problema

Durante a troca de bobina na máquina de rotogravura, o registro de impressão se desloca por alguns segundos ocasionando falha de impressão, gerando perdas no processo por desperdício de matéria-prima, acarretando um alto custo para companhia. Esse deslocamento pode ser observado pelas Figura 2, na qual mostra um resultado ruim para a companhia e a Figura 3, na qual mostra um exemplo bom dentro dos limites especificados.

Figura 2 - Muita variação de registro na troca de bobina



Fonte: Os autores (2022)

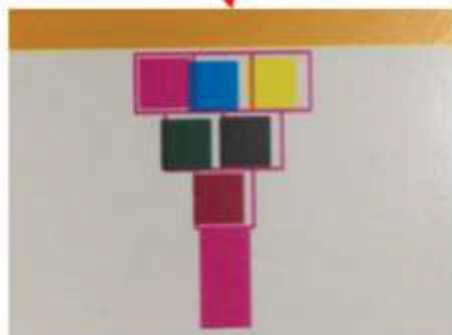
Figura 3 - Pouca Variação de Registro na troca de bobina



Fonte: Os autores (2022)

Esse deslocamento pode ser observado na própria bobina no instante que ocorre esse alinhamento, como exemplificado pelas Figuras 4 e 5.

Figura 4 - Diagrama de posição do registro durante a variação



Fonte: Os autores (2022)

Figura 5 - Swift fora de posição durante a variação de registro



Fonte: Os autores (2022)

3.1.2. Definição do indicador e confiabilidade dos dados

Será usado o sistema próprio da empresa, o qual se comunica com o MES (*Manufacturing Execution System*), onde o operador aponta em quilogramas a quantidade de material defeituoso e o tipo do defeito, que em nosso caso será por falha de impressão devido a troca de bobina. Será feito um acompanhamento mensal do indicador, o qual é a porcentagem em cima do produzido total.

$$Métrica = \frac{Volume\ Refugado}{Volume\ Total} \times 100$$

Já referente aos dados, eles são confiáveis, pois existe um procedimento elaborado descrevendo os processos de lançamento e conferência dos dados lançados no sistema, não sendo possível sua manipulação ou alteração posterior ao lançamento.

3.1.3. Descrição do histórico

A fábrica contabiliza a produção de *waste* desde o início da operação, a partir junho de 2021, mas o problema vem se agravando partindo de 0,20% e chegando em 0,25% março de 2022, tendo seu pico em janeiro de 2022 com 0,28%, como ilustrado na Figura 6.

Figura 6 - Análise mensal de desperdício da empresa



Fonte: Os autores (2022)

3.1.4. Meta

Atualmente a média de *waste* gerado na Fábrica de Embalagens está em 0,25%, não atendendo a média global de todas as fábricas. Devido a isso, a meta desse projeto será de 0,20%, reduzindo cerca 0,05% e atendendo a média global imposta pela companhia.

Os 4 principais produtos formadores de *waste* na planta são ilustrados nas Figuras 7, 8, 9, 10 e 11:

Figura 7 - Formato CB1



Figura 8 - Formato CB5 (sem furo)



Figura 9 - Formato CB7 sem furo



Figura 10 - Formato CB7 com furo



Figura 11 - Formato CB8 com furo



3.1.5. Ganhos

Após definida a meta do projeto, o cálculo de ganho ou *saving* será realizado dentro de um software, utilizando uma formulação com valores já fornecidos pela própria empresa Fábrica de Embalagens.

Atualmente esse tipo de defeito é o líder do pareto de *waste* da planta, com isso, para minimizar a quantidade produzida, há apoio do gerente da área produtiva como também da alta direção para sua redução, com isso, houve a viabilidade do projeto.

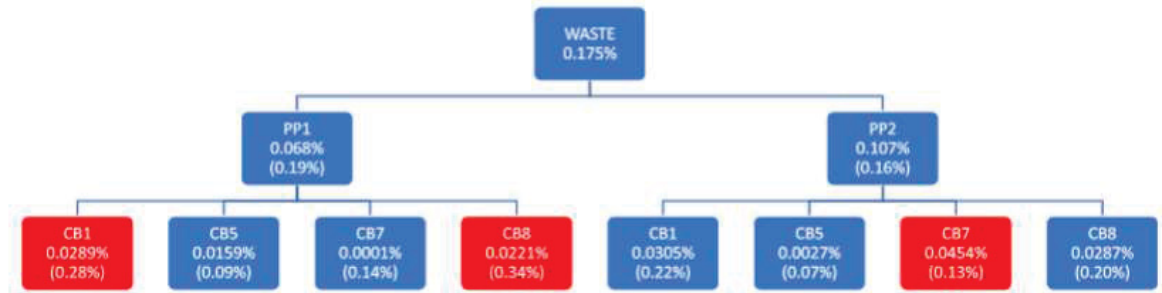
3.2. ETAPA MEDIR (MEASURE)

A etapa medir ou *measure* é a segunda no DMAIC e procura-se realizar um mapeamento geral referente aos recursos empregados, bem como na capacidade de produção e na qualidade da mão de obra disponível para isso.

3.2.1. Estratificação do problema

O problema pode ser estratificado pelas duas máquinas na linha de produção nominadas por PP1 e PP2 e pelos formatos produzidos dos tipos CB1, CB7 e CB8. Essa estratificação pode ser observada na Figura 12.

Figura 12 - Estratificação de *Waste* entre os meses Junho a Agosto de 2022.



Fonte: Os autores (2022)

3.2.2. Confiabilidade dos dados

Será usado o sistema próprio da empresa, o qual se comunica com o MES (*Manufacturing execution system*), onde o operador aponta em quilogramas a quantidade de material defeituoso e o tipo do defeito, que em nosso caso será por falha de impressão devido a troca de bobina e esse apontamento é ilustrado na Figura 13. Será feito um acompanhamento mensal do indicador, o qual é a porcentagem em cima do produzido total.

Figura 13 - Alimentação de *waste* dentro do sistema pelo colaborador

The screenshot shows a software interface for recording waste. Key fields include:

- Máquina:** 9154
- Descrição:** Creaser Cutter 9154
- OP N°:** 24089756
- Nr de material:** 763781100
- Descr material:** PC081000USX BAGGIO Pronto Multifruta 1L
- Período de produção de:** 12/01/2022 17:48:05
- até:** 12/01/2022 18:11:27
- Língua de carta de bobina:** Português (Brasil)
- Imprimir localmente ficha da bobina:** [Botão]
- Ficha da bobina:** [Botão]
- Grupo de falhas:** 08000031
- Causa de defeito:** 0358
- Referência de páginas Y Posição:** De (mm) N01 N02 N03 N04; até (mm) [] [] [] []
- Tratção:** [] [] [] [] [] [] [] []
- Cor Nidescr:** MAGENTA, VIOLETT, CYAN, YELLOW, GREEN, BLACK
- Descrição de utilização:** [] Resíduos, [] Liberação especial, [] Distorção de bobinas, [] para selecionar, [] Selecionado, [] Bloqueio
- Botões:** Lançamento, Fechar tela, Deletar inserção
- Tabela de Defeitos:**

Número original da	Registro de falha de	Descrição de defeito na	15 posição de corte	15 posição até corte	hora	Deletar
9154 22000240	12/01/2022 0354 22 00000000	Erro na pré-fase com mar	6915.0000	6917.0000		
9154 22000240	12/01/2022 0354 22 00000000	Erro na pré-fase com mar	6917.0000	6919.0000		
9154 22000240	12/01/2022 0354 22 00000000	Erro na pré-fase com mar	6908.0000	6915.0000		
9154 22000240	12/01/2022 0354 22 00000000	Erro na pré-fase com mar	6907.0000	6908.0000		
9154 22000240	12/01/2022 0354 22 00000000	Erro na pré-fase com mar	6905.0000	6907.0000		
9154 22000240	12/01/2022 0354 22 00000000	Erro na pré-fase com mar	0.0000	1.0000		

Annotations in the image:

- Posição do Defeito:** Points to the 'Referência de páginas Y Posição' field.
- Colocado a qtd de defeitos em kg:** Points to the 'Peso (kg)' field.
- Lista de defeitos na Bobina:** Points to the table of defects.

Fonte: Os autores (2022)

Os dados são confiáveis, pois existe um procedimento elaborado descrevendo os processos de lançamento e conferência dos dados lançados no sistema, não sendo possível sua manipulação/alteração posterior ao lançamento.

3.2.3. Focos do problema

Com base na estratificação, é visto que os focos do problema estão na máquina PP1 os formatos CB1 e CB8, e na máquina PP2 o formato CB7, sendo estes os formatos, os quais devem ser trabalhados para o atingimento da redução da meta global, conforme mostra Figura 14.

Figura 14 - Dados de produção de waste nos formatos CB1, CB5, CB7 e CB8

Formato	Máquina	Produção	Defeito	Proporção	Waste Meta	Proporção Meta
CB1	9132	105.925,513	234,348	0,22%	234,348	0,22%
	9131	78.953,291	221,953	0,28%	173,697	0,22%
CB5	9132	28.824,317	21,088	0,07%	21,088	0,07%
	9131	138.636,721	122,469	0,09%	122,469	0,09%
CB7	9132	273.389,347	349,083	0,13%	273,000	0,10%
	9131	4.281,541	6,019	0,14%	6,019	0,14%
CB8	9132	108.893,743	220,938	0,20%	220,938	0,20%
	9131	50.523,691	170,225	0,34%	100,000	0,20%
Total		789.428,164	1.346,123	0,17%	1.151,559	0,15%

Com isso, a redução de waste nesse projeto para os três principais formato é identificado através da Tabela 2.

Tabela 2 - Metas específicas para cada um dos grupos

Máquina	Formato	Waste atual	Após melhoria
PP1	CB1	0,28%	0,22%
PP1	CB8	0,34%	0,20%
PP2	CB7	0,13%	0,10%

Fonte: Os autores (2022)

3.2.4. Metas específicas

Após realizada a estratificação dos dados, observamos os valores já atingidos na produção, com isso, sabemos que os valores que são praticados hoje são superiores e geram um custo alto, pois são refugos de produção e descartados sem possibilidade de reaproveitamento, os valores desejáveis para o atingimento da meta

já foram alcançados em mais de uma vez, com isso, entendemos que são metas que podem ser alcançadas e vão refletir numa economia para a empresa.

4. METODOLOGIA E PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL

Para realizar os testes e verificar uma possível relação dos parâmetros medidos pelas máquinas que produzem as embalagens, utilizamos a ANOVA na qual foram testados os modelos com furo e sem furo, considerando os parâmetros que se aplicam a cada modelo, e para cada máquina que produz os tipos das embalagens, entre metros de *waste* gerado, posição Y (furação da bobina), *speed* (velocidade da bobina) e *dummy* (número fictício para ajuste da máquina).

A coleta dos dados é realizada de maneira automática, no momento da produção a leitura dos parâmetros acontece. Foram tratados de maneira a segurar dados válidos, não considerando momentos de testes com dados não confiáveis. A diferença entre as duas máquinas é bem visível, sem nem mesmo realizar análises muito profundas, isso se aplica pelo tempo de operação de cada sistema, uma é mais recente, possibilitando realizar a alteração de alguns parâmetros, e a outra é mais limitada, não possibilitando a inclusão de “dummy”, por exemplo. Tendo essa premissa, os parâmetros foram estipulados a partir da medição disponível.

O valor-p é definido como a probabilidade de se observar um valor da estatística de teste maior ou igual ao encontrado. Tradicionalmente, o valor de corte para rejeitar a hipótese nula é de 0,05, o que significa que, quando não há nenhuma diferença, um valor tão extremo para a estatística de teste é esperado em menos de 5% das vezes.

Os testes para os modelos são apresentados abaixo:

a) Modelo PC01 – sem furo

Figura 15 – Resultados ANOVA PC01 sem furo.

Coeficientes Codificados

Termo	Efeito	EP de		Valor-T	Valor-P	VIF
		Coef	Coef			
Constante		54,7	14,3	3,83	0,006	
Meters		104,3	52,1	20,8	2,50	0,041 2,99
Speed		98,6	49,3	22,3	2,21	0,063 2,99
Meters*Speed		-191,3	-95,6	26,2	-3,65	0,008 2,40

Fonte: Os autores (2023)

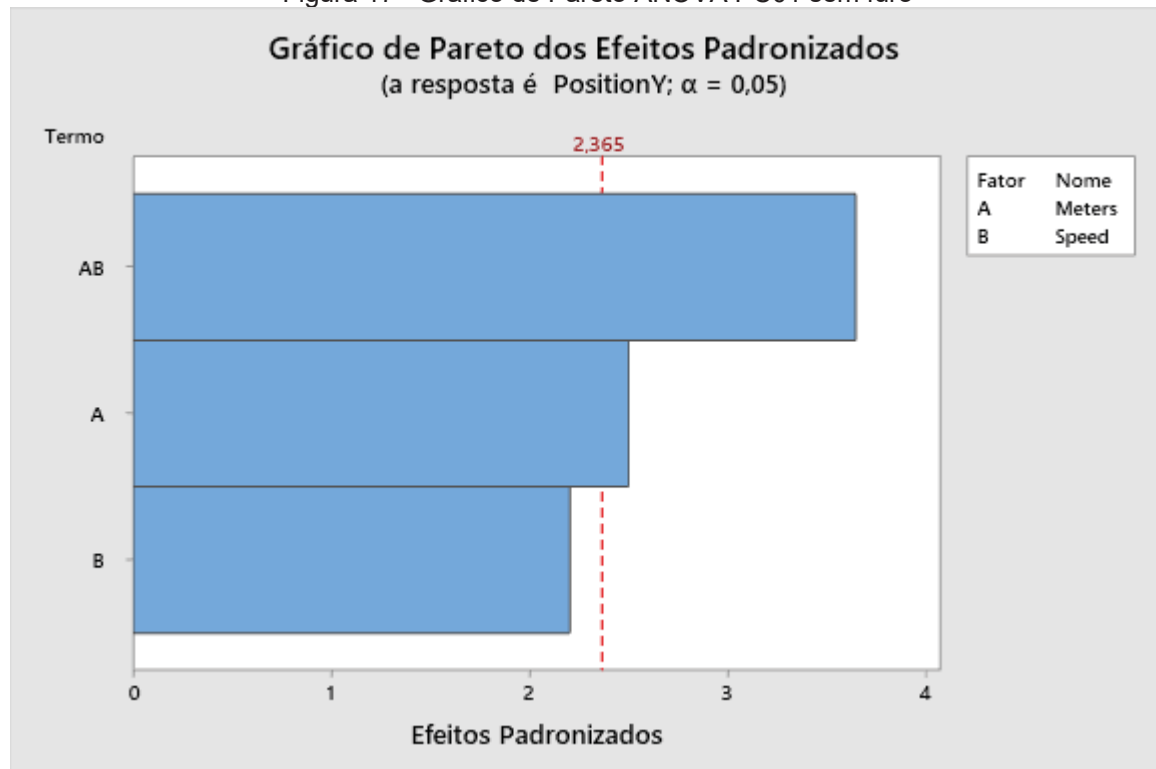
Figura 16 – Resultados ANOVA PC01 sem furo.

Análise de Variância

Fonte	GL	SQ (Aj.)	QM (Aj.)	Valor F	Valor-P
Modelo	3	8540,2	2846,7	4,57	0,045
Linear	2	3993,3	1996,7	3,21	0,103
Meters	1	3897,5	3897,5	6,26	0,041
Speed	1	3028,3	3028,3	4,87	0,063
Interações de 2 fatores	1	8281,7	8281,7	13,31	0,008
Meters*Speed	1	8281,7	8281,7	13,31	0,008
Erro	7	4356,0	622,3		
Falta de ajuste	5	4083,5	816,7	5,99	0,149
Erro Puro	2	272,5	136,3		
Total	10	12896,2			

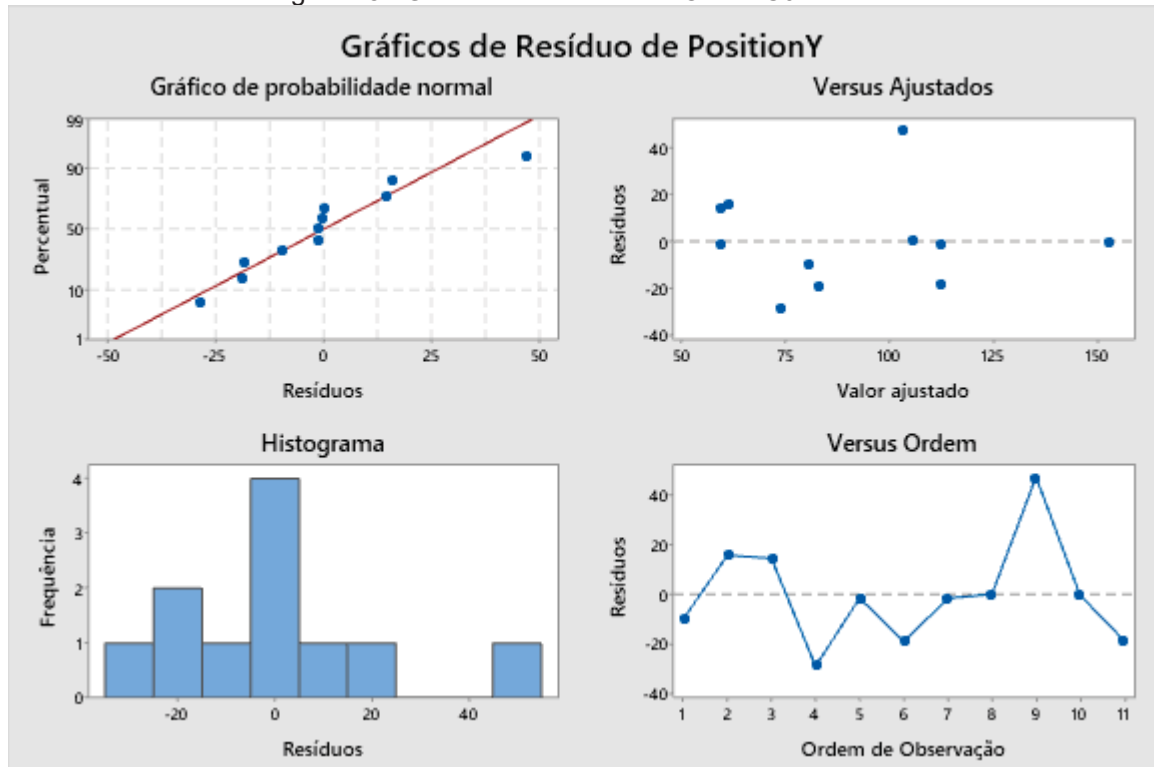
Fonte: Os autores (2023)

Figura 17– Gráfico de Pareto ANOVA PC01 sem furo



Fonte: Os autores (2023)

Figura 18– Gráfico de resíduos ANOVA PC01 sem furo



Fonte: Os autores (2023)

As análises do modelo PC01 sem furo testados foram com os parâmetros *speed* e *meters*, analisando os resultados apresentados nos gráficos e nas análises, considerando o p-valor das amostras, vemos que não há diferença significativa entre os parâmetros, ou seja, não há relação para haver a maior quantidade de *waste* gerado para esse modelo, considerando o gráfico de Pareto os conjuntos de velocidade e metros possuem uma relação e no gráfico de resíduos vemos que há uma correlação entre os dados coletados, mas não impactam para a maior ou menor produção de *waste* gerado.

b) Modelo PC01 – com furo

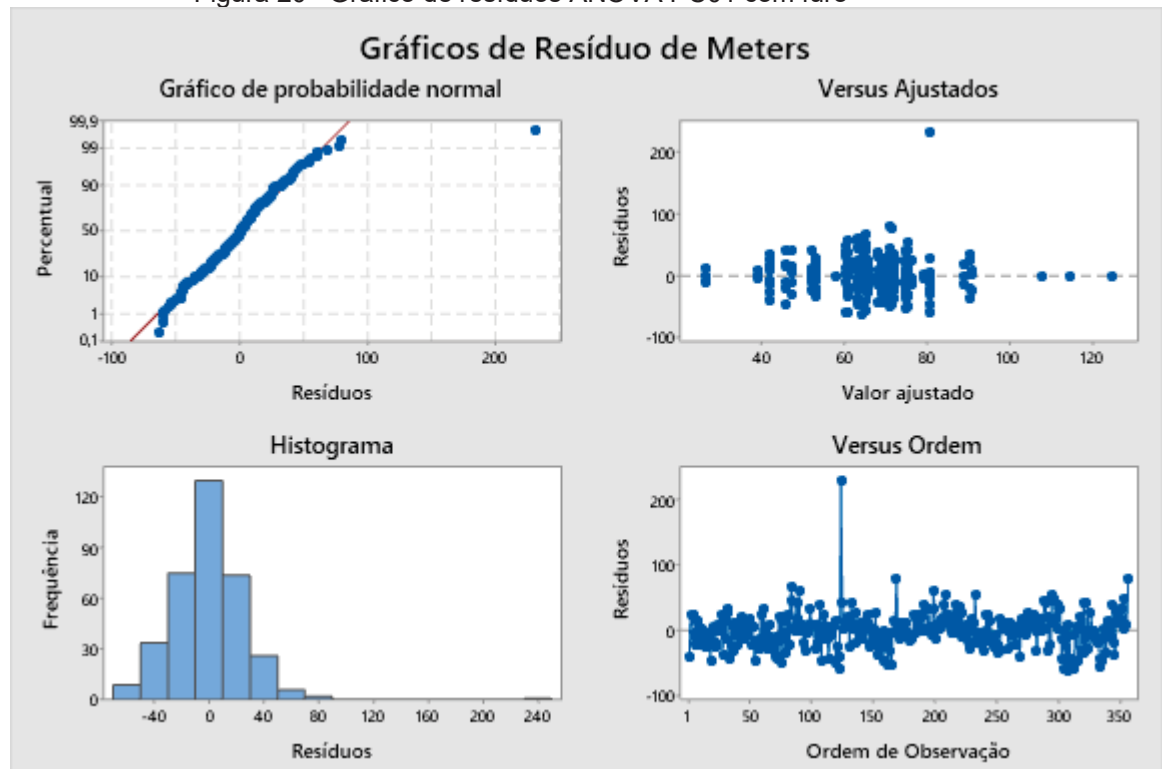
Figura 19– Análise de variância ANOVA PC01 com furo

Análise de Variância

Fonte	GL	SQ (Aj.)	QM (Aj.)	Valor F	Valor-P
PositionY	36	48407	1344,6	1,57	0,024
Erro	320	274443	857,6		
Total	356	322850			

Fonte: Os autores (2023)

Figura 20– Gráfico de resíduos ANOVA PC01 com furo



Fonte: Os autores (2023)

c) Modelo PC07 - com furo

Figura 21– Resultados ANOVA PC07 com furo

Coefficientes Codificados

Termo	Efeito	EP de		Valor-T	Valor-P	VIF
		Coef	Coef			
Constante		24071,2	1,0	24298,56	0,000	
Meters	4,29	2,14	1,61	1,33	0,184	1,34
Speed	-2,66	-1,33	2,83	-0,47	0,638	2,95
Meters*Speed	7,99	4,00	4,69	0,85	0,395	3,37

Fonte: Os autores (2023)

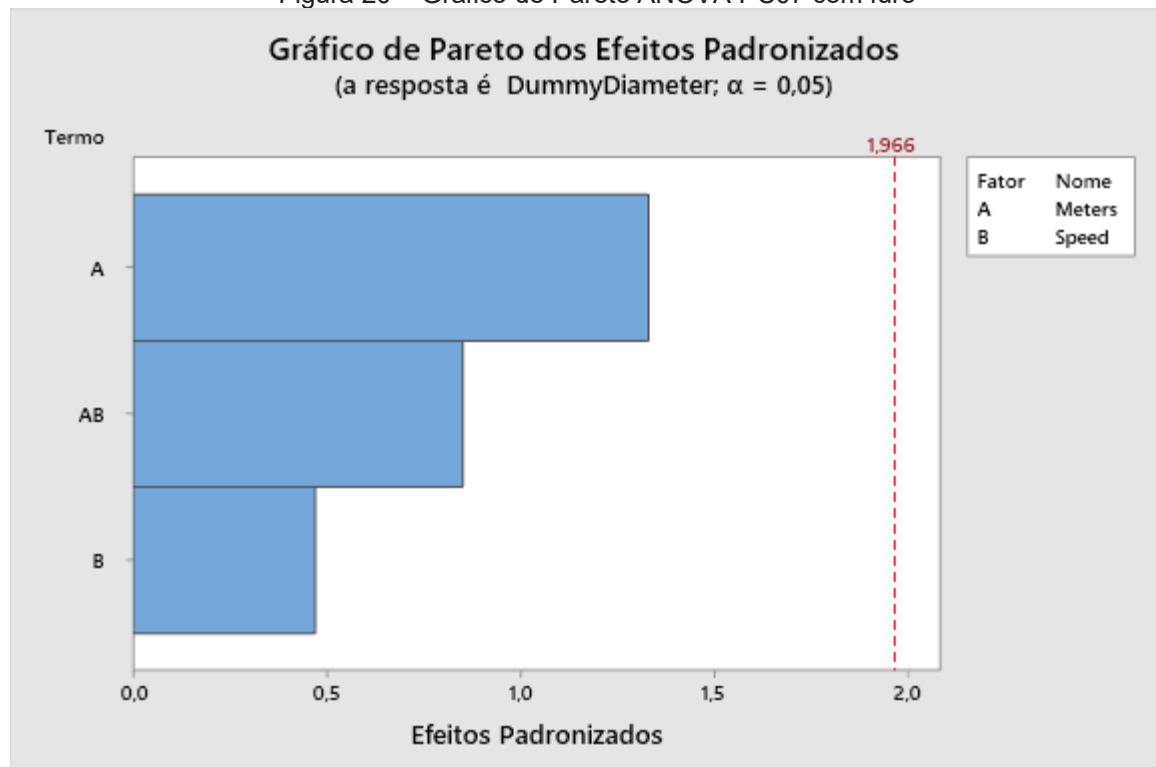
Figura 19 – Resultados ANOVA PC07 com furo

Análise de Variância

Fonte	GL	SQ (Aj.)	QM (Aj.)	Valor F	Valor-P
Modelo	3	590,6	196,86	3,10	0,027
Linear	2	112,6	56,29	0,89	0,413
Meters	1	112,5	112,48	1,77	0,184
Speed	1	14,1	14,06	0,22	0,638
Interações de 2 fatores	1	46,1	46,06	0,73	0,395
Meters*Speed	1	46,1	46,06	0,73	0,395
Erro	401	25455,4	63,48		
Falta de ajuste	162	12154,3	75,03	1,35	0,018
Erro Puro	239	13301,1	55,65		
Total	404	26046,0			

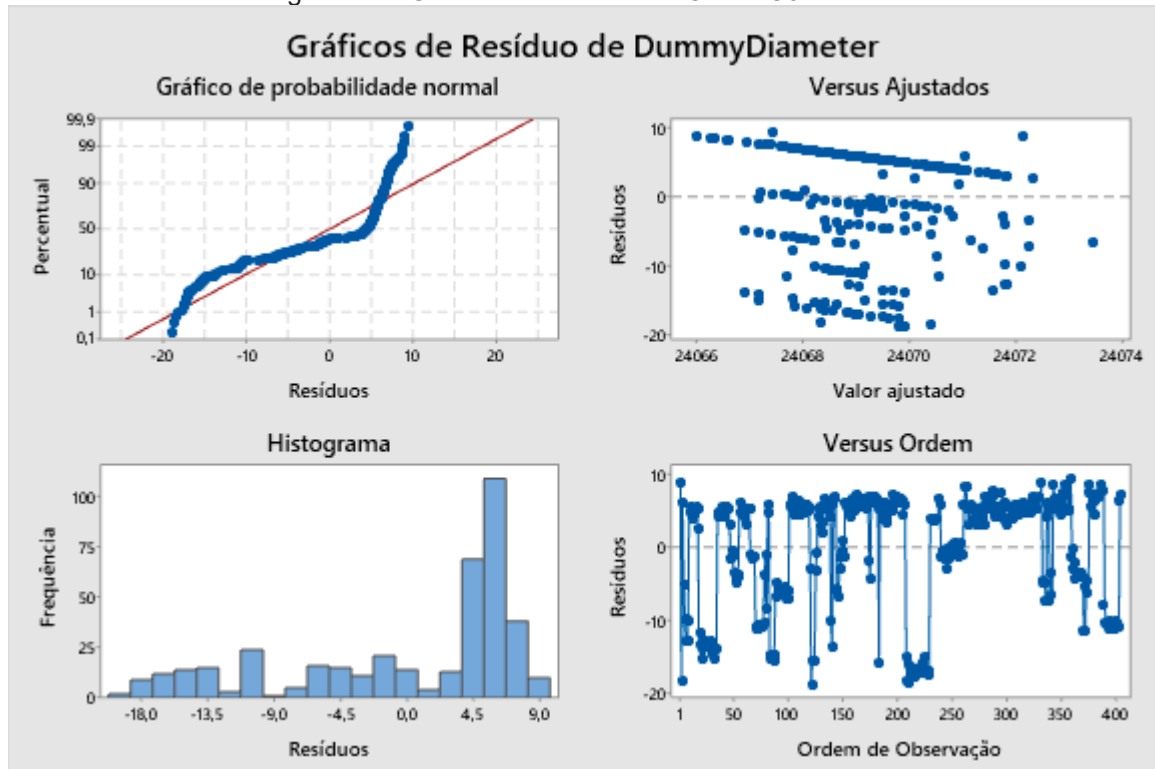
Fonte: Os autores (2023)

Figura 20 – Gráfico de Pareto ANOVA PC07 com furo



Fonte: Os autores (2023)

Figura 21 – Gráfico de resíduos ANOVA PC07 com furo



Fonte: Os autores (2023)

As análises do modelo PC07 com furo testados foram com os parâmetros *speed*, *meters*, *dummy* e *position* Y, analisando os resultados apresentados nos gráficos e nas análises, considerando o p-valor das amostras, vemos que há diferença significativa entre os parâmetros, ou seja, há uma grande probabilidade dos parâmetros testados possuírem relação para haver a maior quantidade de *waste* gerado para esse modelo, considerando o gráfico de Pareto os conjuntos de *speed* e *meter* não possuem uma relação e no gráfico de resíduos vemos que não há uma correlação entre os dados coletados, e há uma disparidade no percentil também, com isso, vemos que os parâmetros podem sim, afetar a produção das embalagens.

d) Modelo PC01 – sem furo

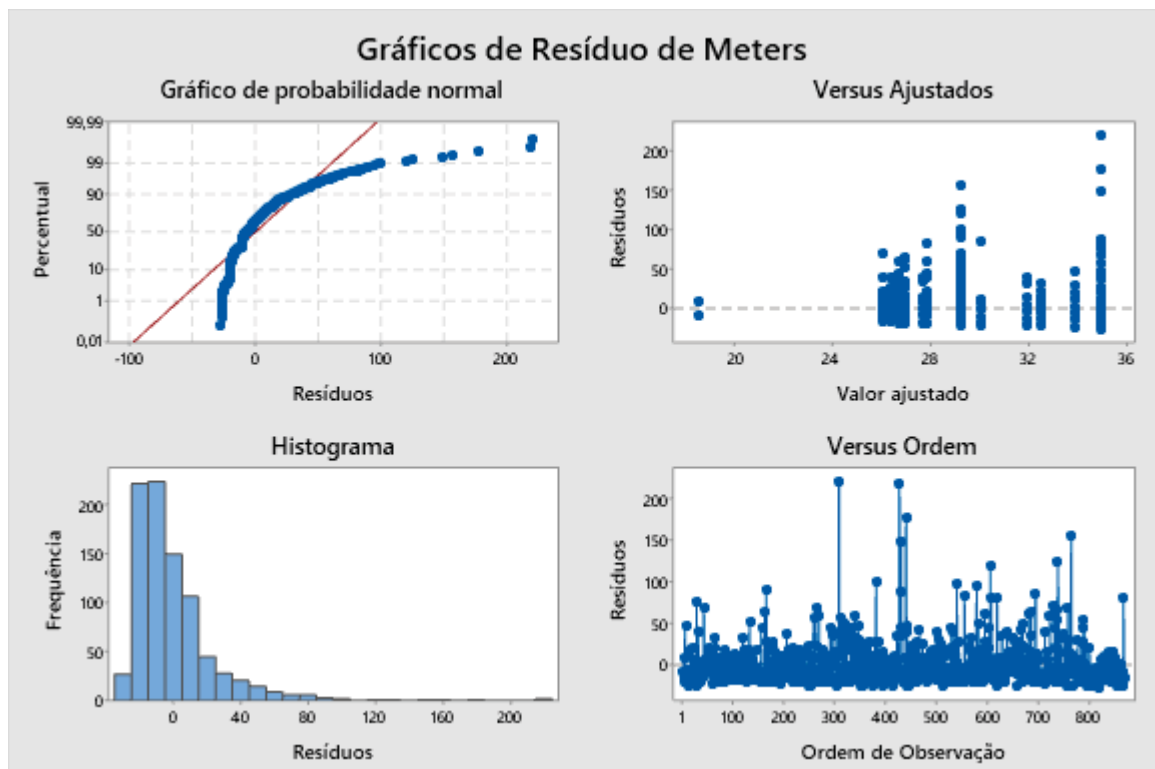
Figura 22 – Análise de variância ANOVA PC01 sem furo

Análise de Variância

Fonte	GL	SQ (Aj.)	QM (Aj.)	Valor F	Valor-P
DummyDiameter	13	6709	516,1	0,74	0,721
Erro	858	595823	694,4		
Total	871	602533			

Fonte: Os autores (2023)

Figura 23 – Gráfico de resíduos ANOVA PC01 sem furo



Fonte: Os autores (2023)

As análises do modelo PC01 sem furo testados foram com os parâmetros *speed*, *meters*, *dummy* e *position* Y, analisando os resultados apresentados nos gráficos e nas análises, considerando o p-valor das amostras, vemos que há diferença significativa entre os parâmetros, ou seja, há uma grande probabilidade dos parâmetros testados possuírem relação para haver a maior quantidade de *waste* gerado para esse modelo, no gráfico de resíduos vemos que não há uma correlação entre os dados coletados, e há uma disparidade no percentil também, com isso, vemos que os parâmetros podem sim, afetar a produção das embalagens.

e) Modelo PC08 – com furo

Figura 247– Resultados ANOVA PC08 com furo

Coefficientes Codificados

Termo	Efeito	EP de		Valor-T	Valor-P	VIF
		Coef	Coef			
Constante		156,4	99,6	1,57	0,177	
Speed	146,5	73,3	97,2	0,75	0,485	96,12
Meters	-216	-108	163	-0,66	0,538	235,70
Speed*Meters	247	123	171	0,72	0,503	217,14

Fonte: Os autores (2023)

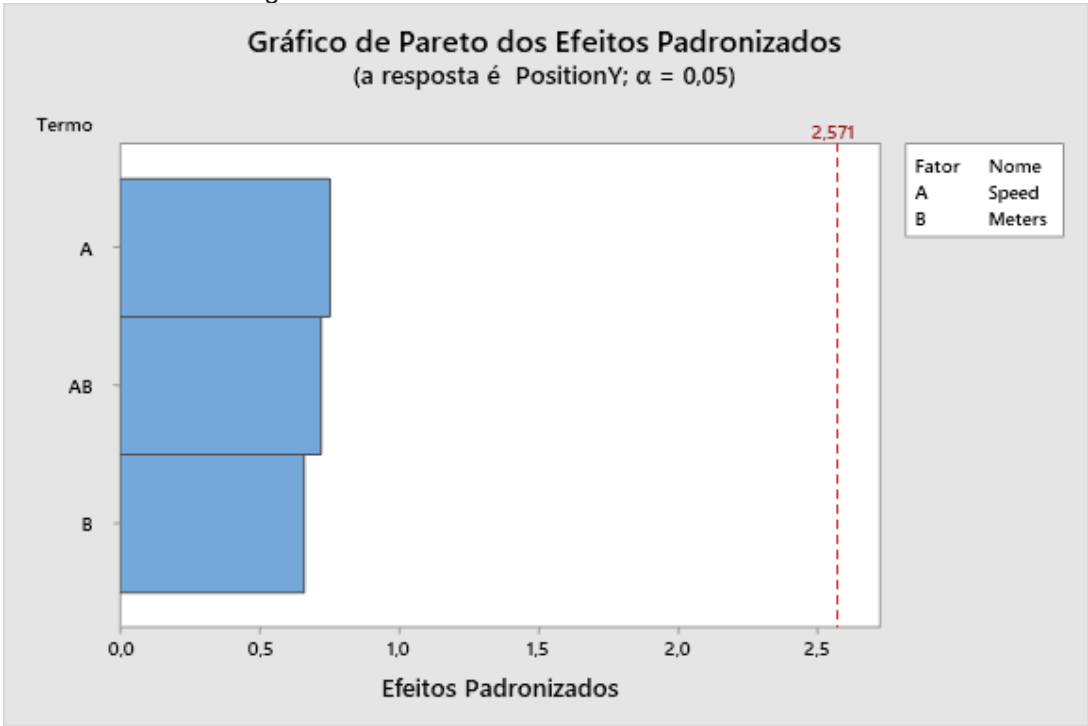
Figura 258– Resultados ANOVA PC08 com furo

Análise de Variância

Fonte	GL	SQ (Aj.)	QM (Aj.)	Valor F	Valor-P
Modelo	3	587,8	195,9	0,57	0,660
Linear	2	436,4	218,2	0,63	0,569
Speed	1	195,8	195,8	0,57	0,485
Meters	1	150,6	150,6	0,44	0,538
Interações de 2 fatores	1	179,4	179,4	0,52	0,503
Speed*Meters	1	179,4	179,4	0,52	0,503
Erro	5	1724,5	344,9		
Falta de ajuste	3	878,0	292,7	0,69	0,637
Erro Puro	2	846,5	423,3		
Total	8	2312,2			

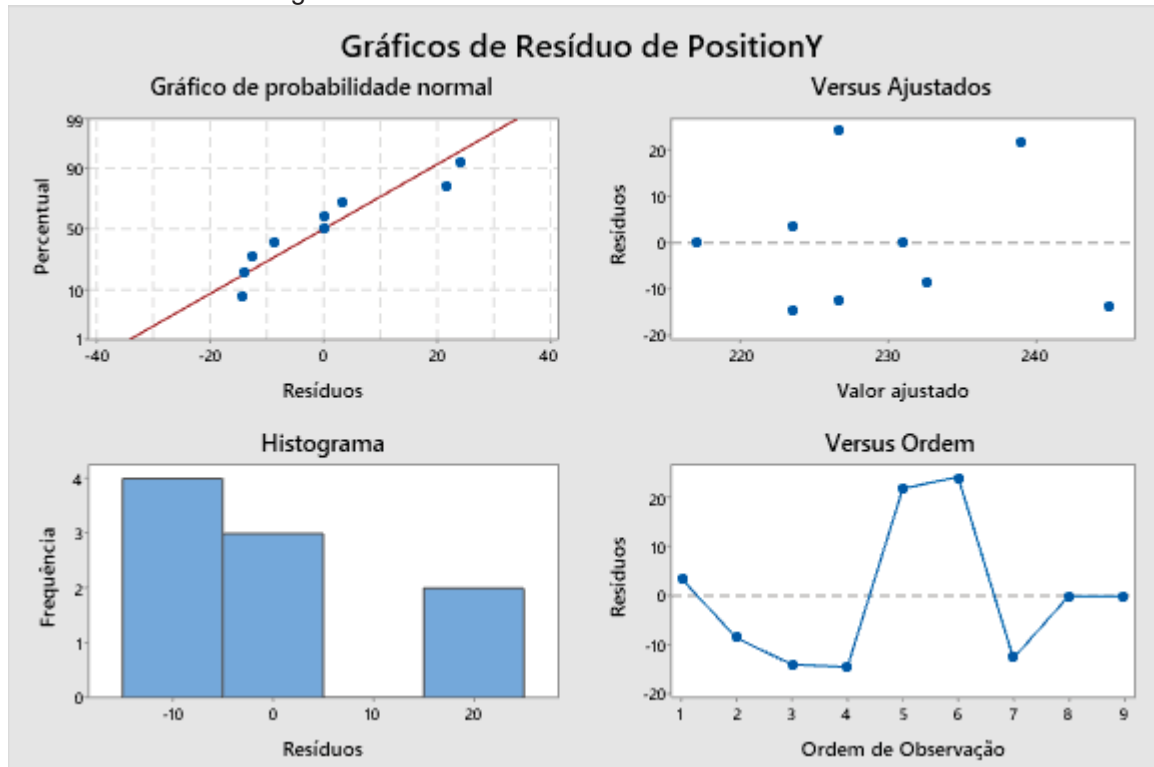
Fonte: Os autores (2023)

Figura 26– Gráfico de Pareto ANOVA PC08 com furo



Fonte: Os autores (2023)

Figura 27– Gráfico de resíduos ANOVA PC08 com furo



Fonte: Os autores (2023)

As análises do modelo PC08 com furo testados foram com os parâmetros *speed*, *meters*, *dummy* e *position Y*, analisando os resultados apresentados nos gráficos e nas análises, considerando o p-valor das amostras, vemos que há diferença significativa entre os parâmetros, ou seja, há uma grande probabilidade dos parâmetros testados possuírem relação para haver a maior quantidade de *waste* gerado para esse modelo, considerando o gráfico de Pareto os conjuntos de *speed* e *meter* não possuem uma relação e no gráfico de resíduos vemos que não há uma correlação entre os dados coletados, no gráfico de percentil vemos uma correlação entre os dados, e nos resíduos uma discrepância que nos indica que os dados possuem muita interferência.

f) Modelo PC07 - sem furo

Figura 28– Resultados ANOVA PC07 sem furo

Coeficientes Codificados

Termo	Efeito	EP de		Valor-T	Valor-P	VIF
		Coef	Coef			
Constante		24059,3	0,7	33762,47	0,000	
Meters	-3,282	-1,641	0,879	-1,87	0,062	1,11
Speed	-4,83	-2,42	1,83	-1,32	0,188	5,37
Meters*Speed	-0,06	-0,03	2,35	-0,01	0,989	5,62

Fonte: Os autores (2023)

Figura 29– Resultados ANOVA PC07 sem furo

Análise de Variância

Fonte	GL	SQ (Aj.)	QM (Aj.)	Valor F	Valor-P
Modelo	3	288,1	96,0343	3,57	0,014
Linear	2	162,4	81,1999	3,02	0,049
Meters	1	93,6	93,6119	3,48	0,062
Speed	1	46,7	46,6648	1,74	0,188
Interações de 2 fatores	1	0,0	0,0048	0,00	0,989
Meters*Speed	1	0,0	0,0048	0,00	0,989
Erro	868	23333,6	26,8821		
Falta de ajuste	239	11480,1	48,0339	2,55	0,000
Erro Puro	629	11853,5	18,8450		
Total	871	23621,7			

Fonte: Os autores (2023)

Figura 30– Gráfico de Pareto ANOVA PC07 sem furo

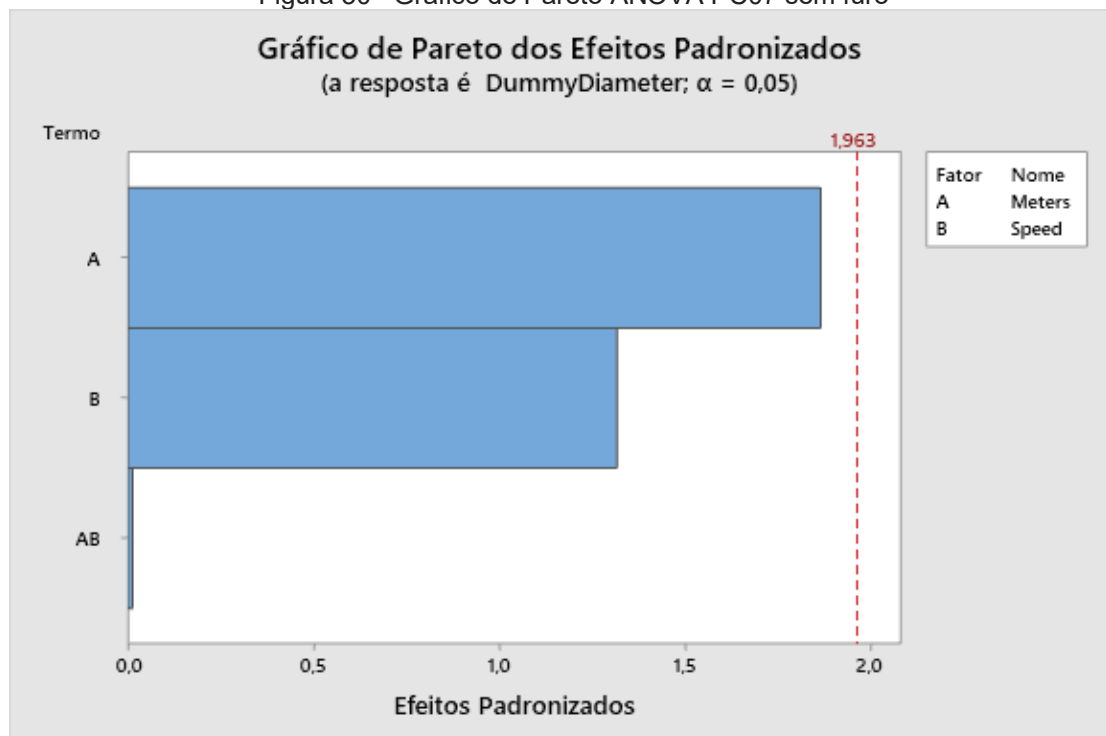
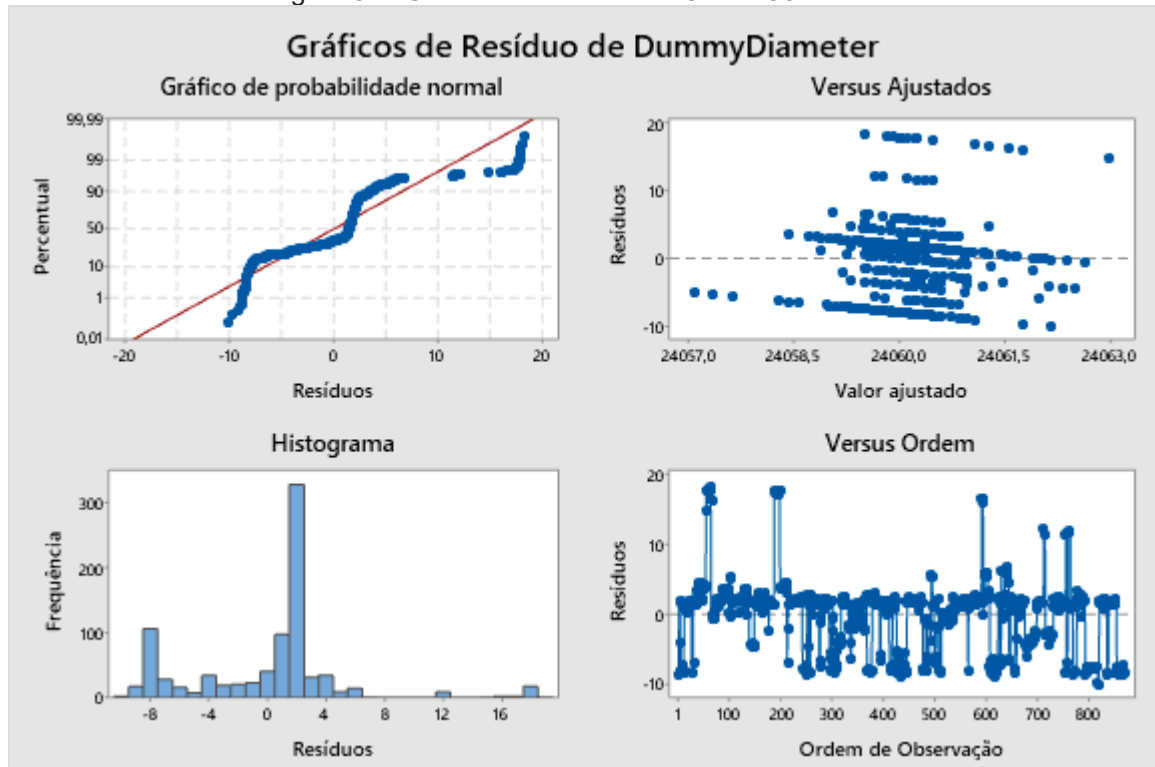


Figura 31– Gráfico de resíduos ANOVA PC07 sem furo



Fonte: Os autores (2023)

As análises do modelo PC07 sem furo testados foram com os parâmetros *speed*, *meters* e *dummy*, analisando os resultados apresentados nos gráficos e nas análises, considerando o p-valor das amostras, vemos que há diferença significativa entre os parâmetros, ou seja, há uma grande probabilidade dos parâmetros testados possuírem relação para haver a maior quantidade de *waste* gerado para esse modelo, considerando o gráfico de Pareto os conjuntos de *speed* e *meter* não possuem uma relação e no gráfico de resíduos vemos que há uma correlação entre os dados coletados, e há uma disparidade no percentil também, com isso, vemos que os parâmetros podem sim, afetar a produção das embalagens.

g) Modelo PC05 – com furo

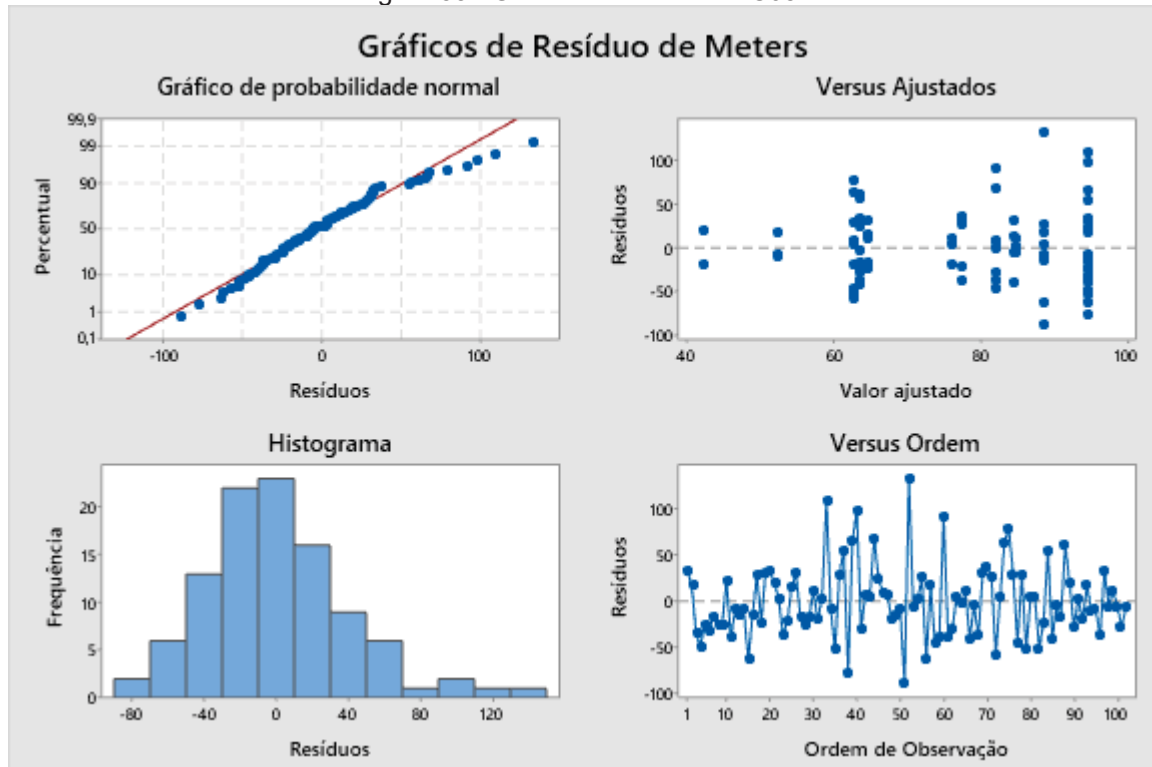
Figura 32– Análise de variância PC05 com furo

Análise de Variância

Fonte	GL	SQ (Aj.)	QM (Aj.)	Valor F	Valor-P
DummyDiameter	11	20437	1858	1,04	0,416
Erro	90	160298	1781		
Total	101	180735			

Fonte: Os autores (2023)

Figura 33– Gráfico de resíduos PC05 com furo



Fonte: Os autores (2023)

As análises do modelo PC05 com furo testados foram com os parâmetros *speed*, *meters*, *dummy* e *position* Y, analisando os resultados apresentados nos gráficos e nas análises, considerando o p-valor das amostras, vemos que há diferença significativa entre os parâmetros, ou seja, há uma grande probabilidade dos parâmetros testados possuírem relação para haver a maior quantidade de *waste* gerado para esse modelo, no gráfico de resíduos vemos que não há uma correlação entre os dados coletados, e há uma disparidade no percentil também, com isso, vemos que os parâmetros podem sim, afetar a produção das embalagens.

h) Modelo PC05 sem furo

Figura 34– Análise de variância PC05 sem furo

Análise de Variância

Fonte	GL	SQ (Aj.)	QM (Aj.)	Valor F	Valor-P
DummyDiameter	11	18046	1641	0,72	0,719
Erro	475	1080824	2275		
Total	486	1098870			

Fonte: Os autores (2023)

Figura 35– Gráfico de resíduos PC05 sem furo



Fonte: Os autores (2023)

As análises do modelo PC05 sem furo testados foram com os parâmetros *speed*, *meters*, *dummy* e *position* Y, analisando os resultados apresentados nos gráficos e nas análises, considerando o p-valor das amostras, vemos que há diferença significativa entre os parâmetros, ou seja, há uma grande probabilidade dos parâmetros testados possuírem relação para haver a maior quantidade de *waste* gerado para esse modelo, no gráfico de resíduos vemos que não há uma correlação entre os dados coletados, e há uma disparidade no percentil também, com isso, vemos que os parâmetros podem sim, afetar a produção das embalagens.

i) Definição Dummy

Após as análises realizadas para os modelos citados, foram especificados alguns testes para o dummy ideal, que é um número fictício inserido na máquina no momento da impressão das embalagens, esse número, consiste em minimizar a quantidade de *waste* gerado. Como padrão, adotaremos os seguintes valores para os testes durante a produção:

Tabela 3 – Parâmetros Dummy

Modelo	Tipo	Dummy
CB05	C/furo	24056
	S/furo	24056
CB08	C/furo	24058
	S/furo	24066
CB01	C/furo	24070
	S/furo	-
CB07	C/furo	24053
	S/furo	24066

Fonte: Os autores (2023)

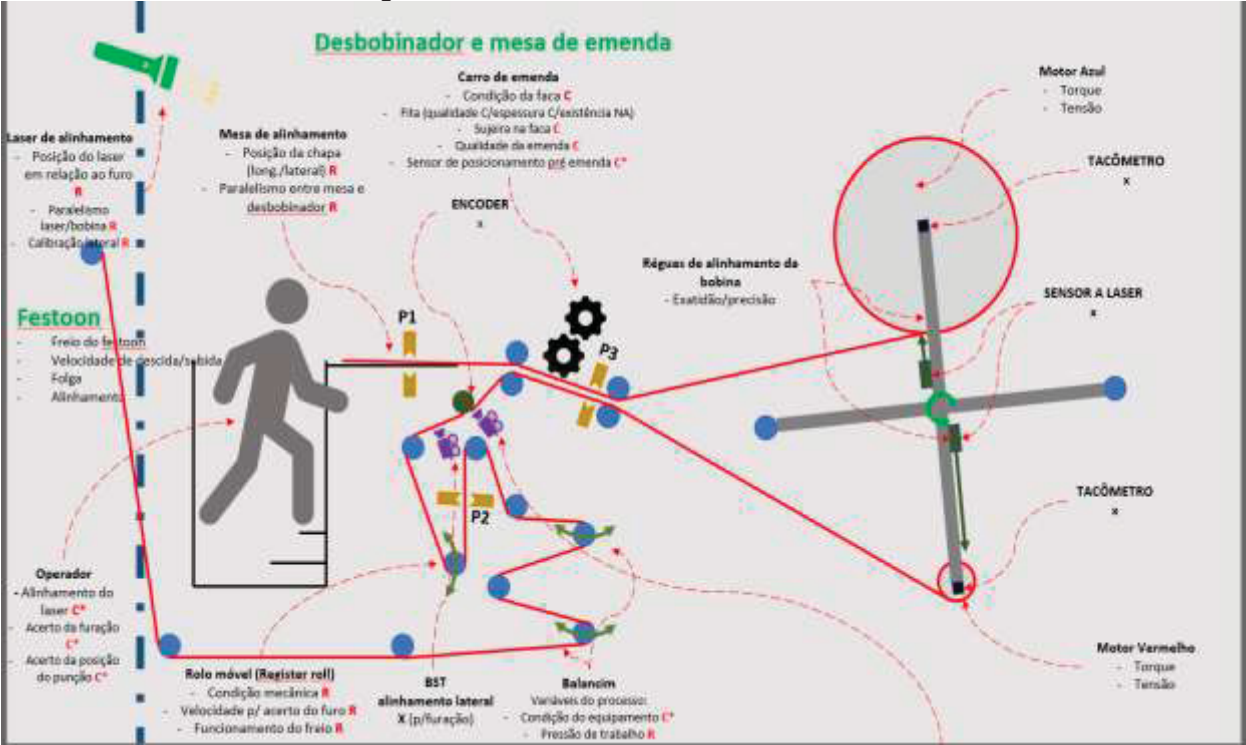
4.1. ETAPA ANALISAR (ANALYSE)

4.1.1. Entendendo o gerador do problema

Para entender melhor o problema, analisamos os desenhos apresentados abaixo que são o mapa de processo e um fluxo da atividade realizada no processo de impressão. No Mapa de processo, já temos as variáveis para cada etapa, que podem auxiliar a entender como o problema pode ocorrer.

Na Figura Abaixo podemos ver como funciona a mesa de emenda da bobina rotogravura.

Figura 37– Desbobinador e Mesa de emenda



Fonte: Os autores (2023)

Tabela 4 – Variáveis do Processo - Câmera Keyence /Detecção do swift e THL

- Regulagem da câmera para Swift / THL (receita) - *C
- Iluminação da câmera/qualidade do furo *R (existe o controle, mas não existe um padrão)
- Calibração do encoder para movimentação lateral da câmera *R (SW e padrão do ponto zero)
-Limpeza da lente *R
-Fixação da câmera *R
-Necessidade de ajuste manual no painel *R (criação de padrão e controle DSP)
-Calibração da câmera -> papel que entra VS padrão da câmera *R
*Observação: Vide *C e *R na Imagem Acima

Fonte: Os autores (2023)

Com o mapeamento e entendimento do processo, foi analisado quais são as causas potenciais que podem influenciar na ocorrência do Problemas através do diagrama de Ishikawa, desenvolvido junto com todos os *stakeholders*.

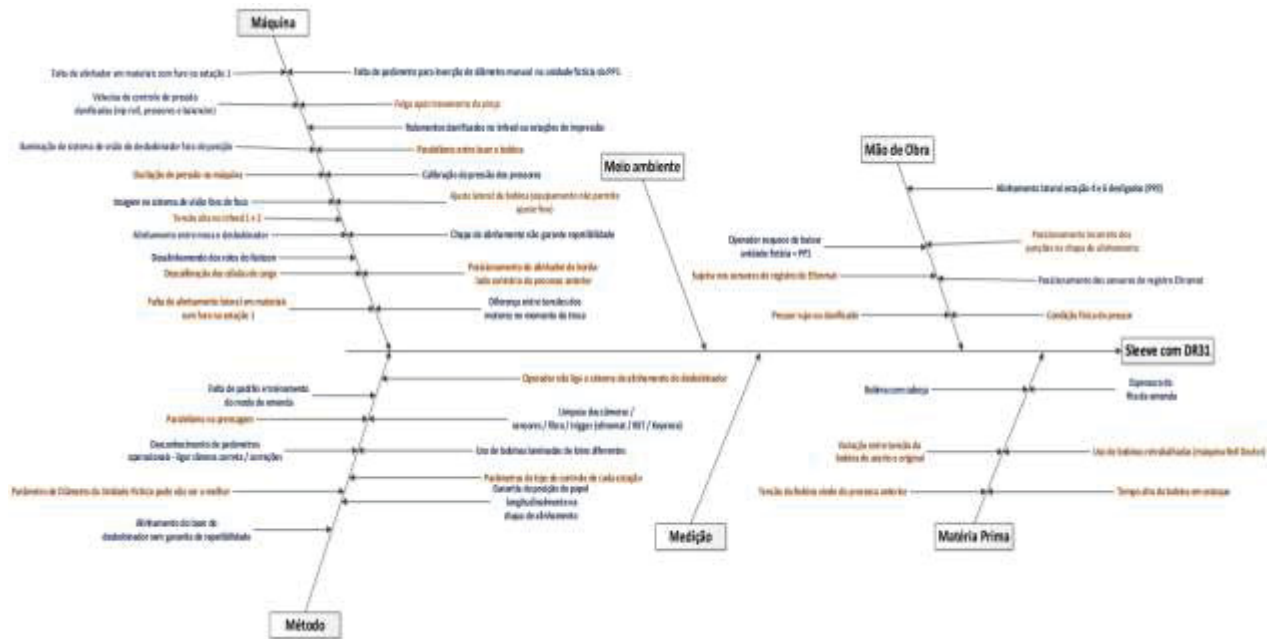


Figura 38 – Diagrama de Ishikawa

Fonte: Os autores (2023)

Após estas análises foi criada uma Matriz de Priorização, onde os *Stakeholders* deram notas entre 1, 3, e 9 para as causas que os mesmos acreditam ser prioritárias, considerando a frequência com que acontecem o impacto que causam.

Figura 39– Matriz de Priorização

Item	Possível Causa	Classificação dos M's	Nota	Ari	Tassi	William	Total	%	Pareto
							0		
1	Falta de alinhador em materiais com furo na estação 1	Máquina		9	9	9	27	900,00%	900,00%
10	Falta de parâmetro para inserção de diâmetro manual na unidade fictícia da PP1	Máquina		9	9	9	27	900,00%	900,00%
21	Parâmetro de Diâmetro da Unidade Fictícia pode não ser o melhor	Método		9	9	9	27	900,00%	900,00%
28	Parâmetros de tipo de controle de cada estação	Método		9	9	9	27	900,00%	900,00%
29	Operador esquece de baixar unidade fictícia - PP1	Mão de Obra		9	9	9	27	900,00%	900,00%
3	Iluminação do sistema de visão do desbobinador fora de posição	Máquina		6	3	9	18	600,00%	600,00%
5	Imagem no sistema de visão fora de foco	Máquina		6	3	9	18	600,00%	600,00%
20	Falta do Alinhador no Desbobinador da PP1	Máquina		6	6	6	18	600,00%	600,00%
30	Sujeira nos sensores de registro de Eltromat	Mão de Obra		1	6	9	16	533,33%	533,33%
33	Alinhamento lateral estação 4 e 6 desligados (PP2)	Mão de Obra		3	3	9	15	500,00%	500,00%
13	Paralelismo entre laser e bobina	Máquina		1	3	9	13	433,33%	433,33%
37	Tensão da Bobina vindo do processo anterior	Matéria-Prima		1	3	9	13	433,33%	433,33%
2	Válvulas de controle de pressão danificadas (nip roll, pressores e balancim)	Máquina		3	3	3	9	300,00%	300,00%
6	Tensão alta no infeed 1 e 2	Máquina		3	3	3	9	300,00%	300,00%
14	Calibração da pressão dos pressores	Máquina		3	3	3	9	300,00%	300,00%
19	Conjunto Mecânico da Calandra (posição, altura, pressão e contra pressão, válvula)	Máquina		3	3	3	9	300,00%	300,00%
22	Falta de padrão e treinamento do modo de emenda	Método		3	3	3	9	300,00%	300,00%
8	Desalinhamento dos rolos do festoon	Máquina		3	1	3	7	233,33%	233,33%
12	Rolamentos danificados no infeed ou estações de impressão	Máquina		1	3	3	7	233,33%	233,33%
15	Ajuste lateral da bobina (equipamento não permite ajuste fino)	Máquina		1	3	3	7	233,33%	233,33%
16	Chapa de alinhamento não garante repetibilidade	Máquina		1	3	3	7	233,33%	233,33%
17	Posicionamento do alinhador de borda- lado contrário do processo anterior	Máquina		1	3	3	7	233,33%	233,33%
23	Paralelismo na prensagem	Método		1	3	3	7	233,33%	233,33%
32	Posicionamento incorreto dos punções na chapa de alinhamento	Mão de Obra		1	3	3	7	233,33%	233,33%
7	Alinhamento entre mesa e desbobinador	Máquina		1	1	3	5	166,67%	166,67%
18	Diferença entre tensões dos motores no momento da troca	Máquina		3	1	1	5	166,67%	166,67%
27	Uso de bobinas laminadas de lotes diferentes	Método		1	3	1	5	166,67%	166,67%
31	Pressor sujo ou danificado	Mão de Obra		3	1	1	5	166,67%	166,67%
4	Oscilação de pressão na máquina	Máquina		1	1	1	3	100,00%	100,00%
9	Descalibração das células de carga	Máquina		1	1	1	3	100,00%	100,00%
11	Folga após travamento da pinça	Máquina		1	1	1	3	100,00%	100,00%
24	Desconhecimento de parâmetros operacionais - ligar câmera correta / correções	Método		1	1	1	3	100,00%	100,00%
25	Garantia da posição do papel longitudinalmente na chapa de alinhamento	Método		1	1	1	3	100,00%	100,00%
26	Limpeza das câmeras / sensores / fibra / trigger (eltromat / BST / Keyence)	Método		1	1	1	3	100,00%	100,00%
34	Posicionamento dos sensores de registro Eltromat	Mão de Obra		1	1	1	3	100,00%	100,00%
35	Variação entre tensão da bobina de acerto e original	Matéria-Prima		1	1	1	3	100,00%	100,00%
36	Bobina com cabeça	Matéria-Prima		1	1	1	3	100,00%	100,00%
38	Tempo alto da bobina em estoque	Matéria-Prima		1	1	1	3	100,00%	100,00%
39	Espessura da fita da emenda	Matéria-Prima		1	1	1	3	100,00%	100,00%
40	Uso de bobinas retrabalhadas (máquina Reli Doctor)	Matéria-Prima		1	1	1	3	100,00%	100,00%

Fonte: Os autores (2023)

Com o estudo desta Matriz de Priorização chegamos a esta 05 principais Causas:

Figura 40 – Causas Priorizadas

PP1 - CB1	PP1 CB8	PP2 - CB7	CAUSA PRIORIZADA	DESCRIÇÃO DA CAUSA
x	x	x	Falta de alinhador em materiais com furo na estação 1	o sistema de registro não foi concebido com alinhamento automático na primeira estação de impressão, isso é um problema quando se trata em materiais com furo, pois a arte necessita se referenciar com o furo, nesse caso o operador austa manualmente através de um joystick olhando numa câmera
x	x		Falta de parâmetro para inserção de diâmetro manual na unidade fictícia da PP1	Na PP2 onde tem esse parâmetro é possível controlar a tensão do papel na unidade fictícia, quando a tensão sobe muito devido ao material, o operador corrige através desse parâmetro, caso não corrija qualquer variação com tensão alta, causa uma grande perda
x	x	x	Parâmetros de tipo de controle de cada estação	Cada unidade de impressão existe o parâmetro que controla a agressividade do controle do registro, os parâmetro que rodam em sua maioria são os que vieram como padrão com a máquina, nunca foi feito um estudo para otimizar esse controle para cada tipo de formato
x	x		Operador esquece de baixar unidade fictícia - PP1	Por vezes, o operador esquece de baixar a unidade fictícia da PP1, com isso a variação de registro aumenta, principalmente em formatos com volume de 500ml
x	x	x	Parâmetro de Diâmetro da Unidade Fictícia pode não ser o ideal	Esse parâmetro influencia diretamente na tensão da máquina, consequentemente um impacto direto no DR31, saber o parâmetro ideal para cada tipo de produto é essencial para redução do waste

Fonte: Os autores (2023)

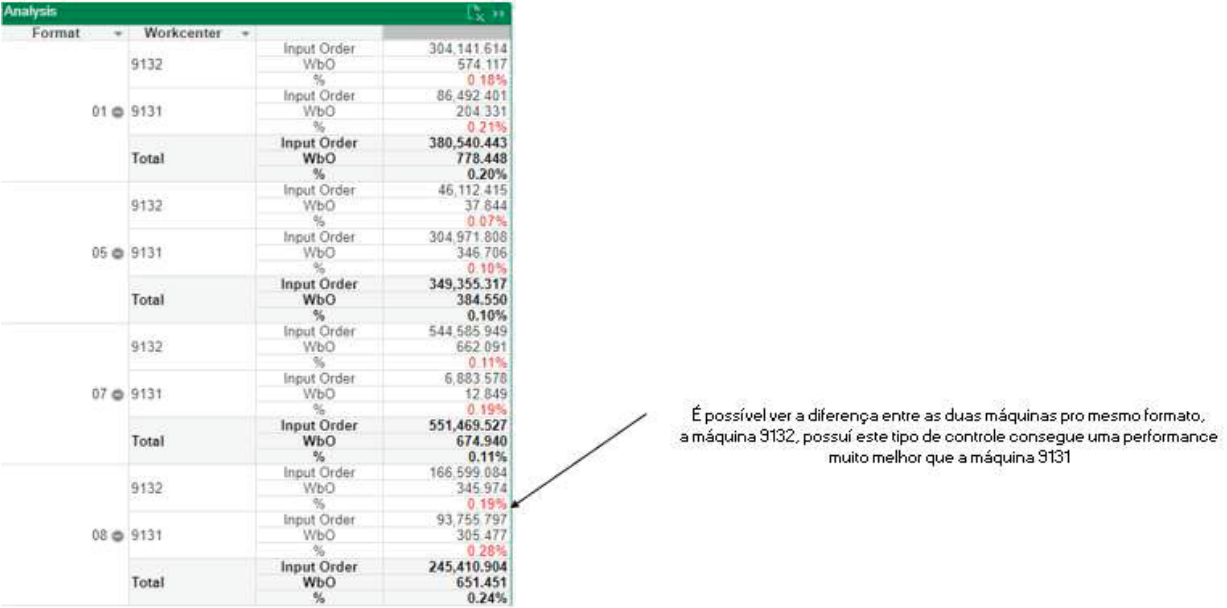
Em seguida buscou-se as Evidências para cada uma das causas priorizadas, confirmando o resultado obtido na Matriz de Priorização.

Figura 41 – Evidência 01: Falta de alinhador em materiais com furo na estação 1



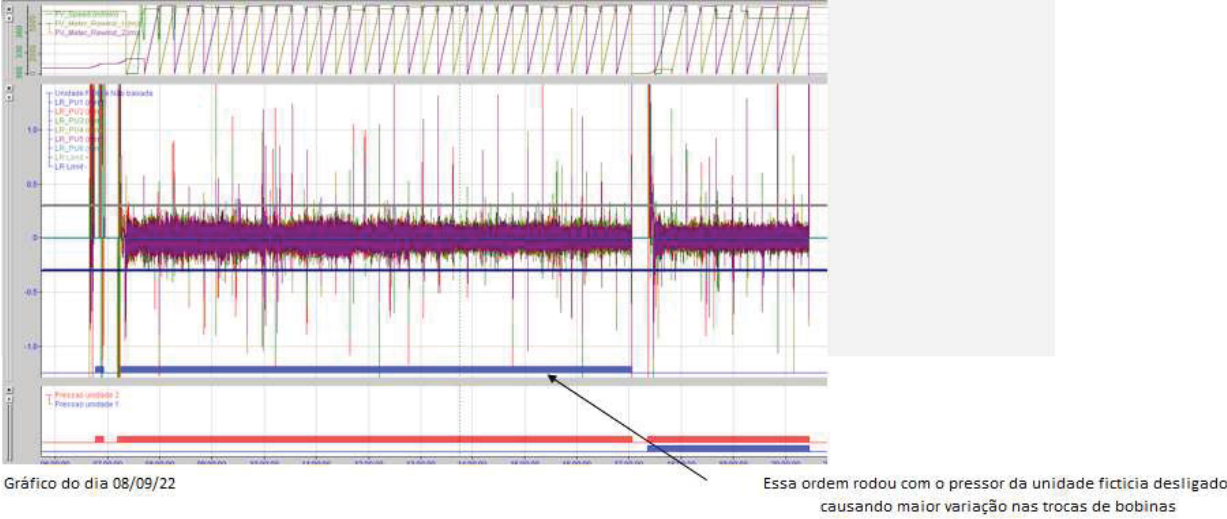
Fonte: Os autores (2023)

Figura 42 – Evidência 02: Falta de parâmetro para inserção de diâmetro manual na unidade fictícia da PP1



Fonte: Os autores, 2023

Figura 43 – Evidência 03: Parâmetros de tipo de controle de cada estação



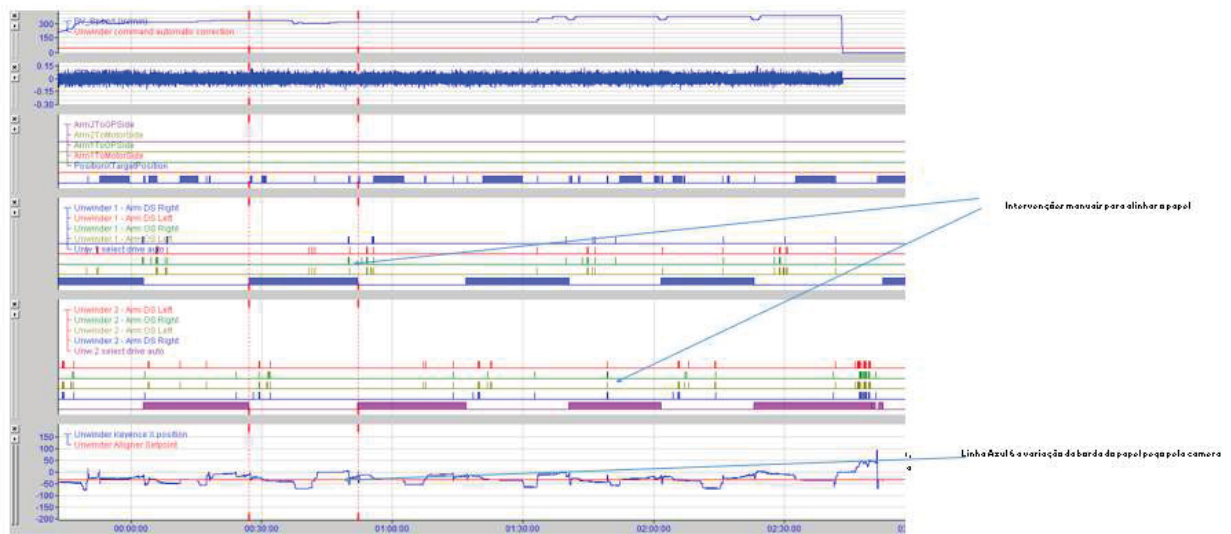
Fonte: Os autores (2023)

Figura 44 – Evidência 03: Parâmetros de tipo de controle de cada estação



Fonte: Os autores (2023)

Figura 45 – Evidência 04: Falta de alinhador no desbobinador da PP1



Fonte: Os autores (2023)

Realizando uma consulta no banco de dados onde são armazenados os parâmetros, tem-se para o mesmo formato como o do exemplo "PC081000J" diversas parametrizações, o que nos indica não haver uma padronização do parâmetro ideal.

Figura 46 – Evidência 05: Parâmetro de Diâmetro da Unidade Fictícia pode não ser o ideal

```
SELECT DISTINCT Format, DummyDiameter FROM thingware_data.dbo.DR31_Register where Machine = 'E132' and DummyDiameter is not NULL and Format LIKE 'PC081000J'
```

Format	DummyDiameter
PC081000J	24.041
PC081000J	24.057
PC081000J	24.055
PC081000J	24.054
PC081000J	24.049
PC081000J	24.044
PC081000J	24.059
PC081000J	24.051
PC081000J	24.052
PC081000J	24.067
PC081000J	24.063
PC081000J	24.058
PC081000J	24.065
PC081000J	24.066
PC081000J	24.047
PC081000J	24.068
PC081000J	24.060
PC081000J	24.062
PC081000J	24.076
PC081000J	24.040
PC081000J	24.056
PC081000J	24.053
PC081000J	24.070
PC081000J	24.072
PC081000J	24.045
PC081000J	24.080
PC081000J	24.048
PC081000J	24.064
PC081000J	24.050

Fonte: Os autores (2023)

Com essas evidências, foi elencado quais seriam as causas fundamentais e quais os tipos de embalagem que mais geram percas de produção.

Figura 47 –Causas Fundamentais

PP1 - CB1	PP1 CB8	PP2 - CB7	CAUSA FUNDAMENTAIS	DESCRIÇÃO DA CAUSA
x	x	x	Falta de alinhador em materiais com furo na estação 1	A falta do alinhador com material com furo é um dos maiores motivos para o DR31 quando a variação é lateral, afeta principalmente o CB8, devido a pouca tolerância, toda troca de bobina o operador necessita fazer a movimentação manual para colocar o furo no lugar correto novamente
x	x		Falta de parâmetro para inserção de diâmetro manual na unidade fictícia da PP1	Esse parâmetro na PP2 a qual é uma máquina mais moderna, possibilita um controle maior de tensão do papel para cada receita, melhorando muito o desempenho em DR31
x	x	x	Parâmetros de tipo de controle de cada estação	Cada estação tem 5 parâmetro de controle, os quais não são alterados pelo operador, seria uma oportunidade para verificar se há parâmetros melhores que geram menos perda de material na troca
x	x		Falta de alinhador no desbobinador da PP1	O Alinhador é um recurso importante na hora da troca, pois faz o alinhamento da bobina em relação a máquina, a falta dele contribui para o DR31, pois o operador necessita fazer uma emenda perfeita além de se ter que corrigir, ser um método visual
x	x	x	Parâmetro de Diâmetro da Unidade Fictícia pode não ser o ideal	Esse parâmetro influencia na tensão da máquina, o qual é fundamental para o controle do registro, a alteração faz que há uma melhora ou piora no desempenho do DR31, porém não sabemos qual o ideal, pois os operadores acabam mudando dependendo da ordem e de seu "feeling"

Fonte: Os autores (2023)

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados apresentados foram realizados nos estudos durante a execução do projeto, algumas das soluções propostas estão em fase de implementação, e não serão mostradas nesse trabalho, por não haver tempo hábil para executar e registrar os resultados.

Durante a coleta de dados, houve algumas suposições para haver uma quantidade de *waste* gerado de maneira muito variável, pois em alguns meses anteriores havia um número alto, em outro, esse número caía, mesmo a produção estando numa constante.

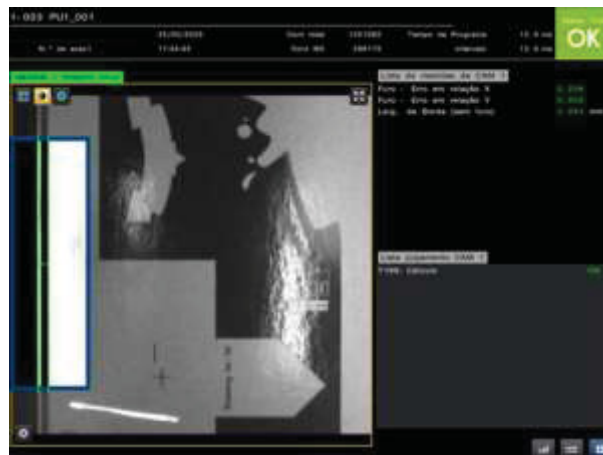
5.1.1. Falta de alinhador em materiais com furo

A primeira melhoria aplicada, foi observada pela falta do alinhador na máquina para quando iria realizar a impressão de matéria com furo que era um dos maiores motivos para o DR31 (código para o *waste* gerado) quando a variação era lateral, afetava principalmente a embalagem de modelo CB8, devido a pouca tolerância, em toda troca de bobina o operador necessitava fazer a movimentação manual para colocar o furo no lugar correto, ou seja uma regulagem toda manual para começar a impressão novamente, esse processo era demorado e com uma possibilidade de erro, pois não havia um alinhador para otimizar e minimizar a chance de erro durante esse processo.

Para essa solução, utilizamos um benchmarking de uma planta de outra filial da empresa, optando por realizar a instalação de uma câmera de monitoramento na estação, onde o ajuste do furo ou da borda, é direcionado para o CLP que irá receber o aviso da diferença da posição, e atuar automaticamente no cilindro, de forma a corrigir lateralmente essa falha.

Para comprovação da eficiência da alteração, seguem os gráficos abaixo com a indicação de como era antes da aplicação da melhora, e como está agora, após a inclusão do alinhador.

Figura 48 –Antes do alinhador



Fonte: Os autores (2023)

Figura 49 – Depois do alinhador



Fonte: Os autores (2023)

O gráfico abaixo mostra o controle e efetividade do controle da alteração, mostrando uma produção estável, sem muitas oscilações durante o término e início de uma nova bobina:

Figura 50 – Gráficos de controle



Fonte: Os autores (2023)

5.1.2. Falta de alinhador no desbobinador da PP1

O alinhador é um recurso importante na hora da troca, pois faz o alinhamento da bobina em relação a máquina, a falta dele contribui para o DR31, pois o operador necessita realizar uma emenda perfeita, sem falhas, pois a impressora, com imperfeições, realiza a impressão de maneira incorreta, aumentando a quantidade de refugo. Para o alinhamento, era necessário um método visual para o ajuste, com a implementação do alinhador, essa correção é realizada de maneira mais segura.

Figura 51 – Antes do alinhador



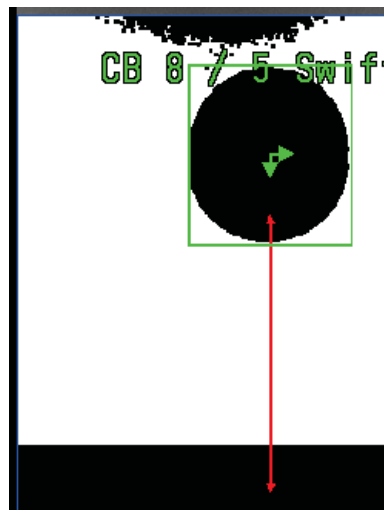
Fonte: Os autores (2023)

Figura 52 – Depois do alinhador



Fonte: Os autores (2023)

Figura 53 – Ajustes do alinhador



Fonte: Os autores (2023)

5.1.3. Parâmetro de Diâmetro da Unidade Fictícia

Foram realizados estudos para verificar quais padrões de dummy poderiam ser utilizados durante a produção.

Após os resultados dos testes descritos nos experimentos, foram retirados alguns valores para serem considerados os valores para serem aplicados durante a produção, com isso, temos as bases abaixo, faltando o CB01 sem furo pois a produção não foi assertiva com os valores coletados, com isso, serão realizados novos testes para extrair esse parâmetro.

Figura 54 – Padrões de Dummy

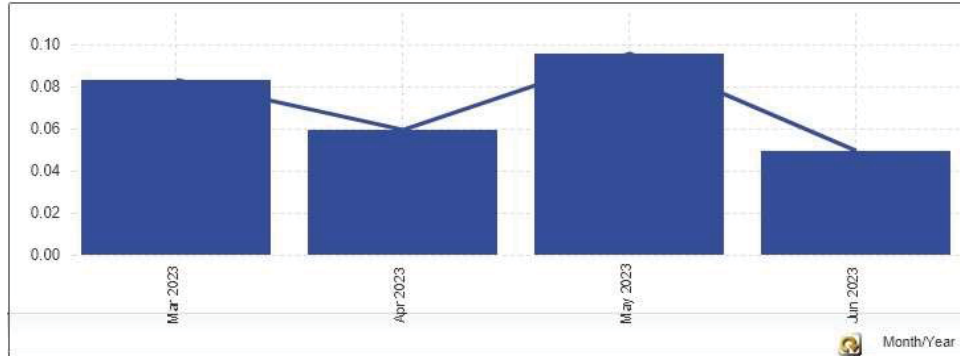
Modelo	Tipo	Dummy
CB05	C/furo	24056
	S/furo	24056
CB08	C/furo	24058
	S/furo	24066
CB01	C/furo	24070
	S/furo	-
CB07	C/furo	24053
	S/furo	24066

Fonte: Os autores (2023)

Após definidos os parâmetros, temos os resultados da produção, observando a efetividade da mudança e redução de *waste* gerado com essa mudança do *Dummy*.

O primeiro resultado é para o modelo CB7, como um total, obtivemos uma redução do último mês medido, maio, para junho, que foi quando realizados as mudanças.

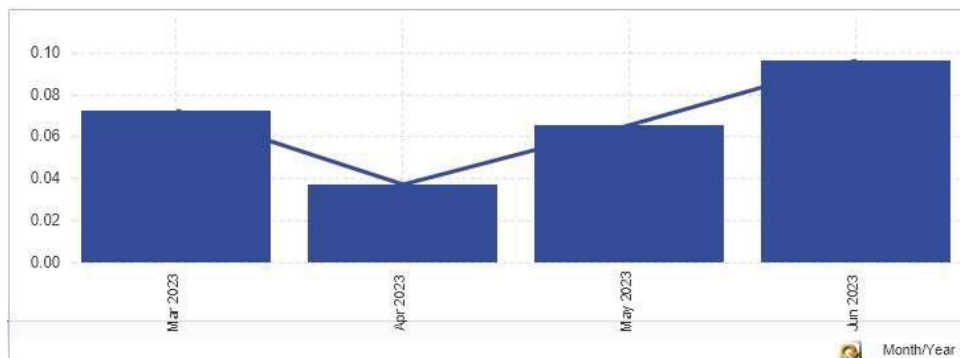
Figura 55 – Resultados melhoria CB7



Fonte: Os autores (2023)

Para o grupo CB5, os resultados estudados não foram efetivos, com isso, estarão sendo realizados novos testes para chegar em resultados efetivamente baixos para a alteração dessa unidade fictícia.

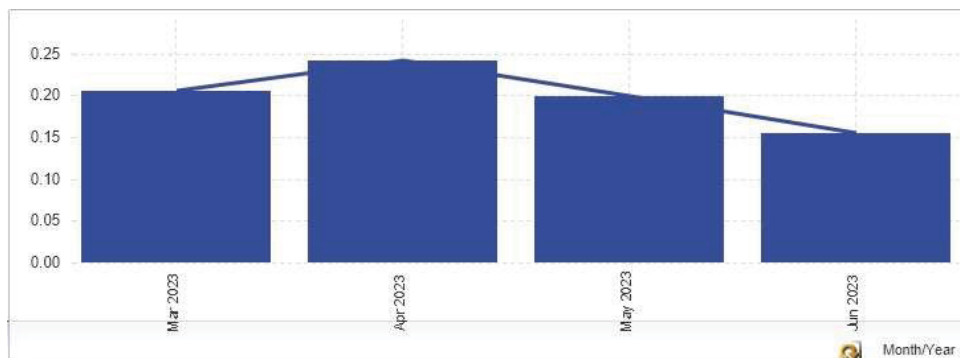
Figura 56 – Resultados melhoria CB5



Fonte: Os autores (2023)

O grupo CB1, mesmo sem a análise do modelo sem furo, teve uma redução de *waste* na produção após os testes.

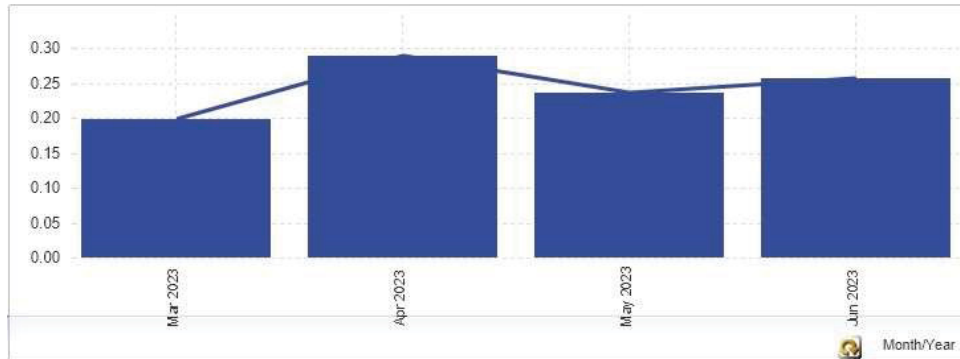
Figura 57 – Resultados melhoria CB1



Fonte: Os autores (2023)

O grupo CB08 teve um aumento, pequeno, mas ainda assim, não causou um grande impacto.

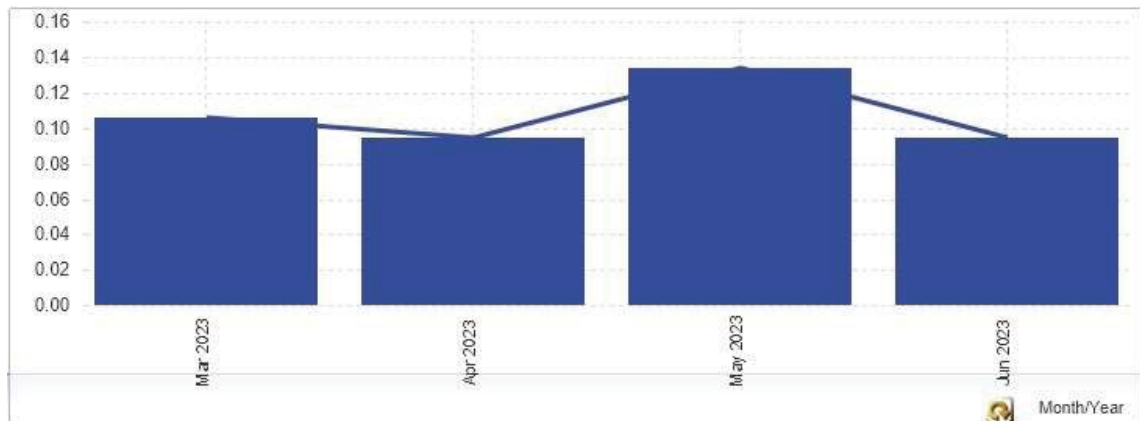
Figura 58 – Resultados melhoria CB08



Fonte: Os autores (2023)

Analisando todos os modelos, comparando os meses de maio e junho, obtivemos uma queda na quantidade de *waste* gerado de ~0,13% para ~0,8%, uma queda de 0,5% que potencializam o retorno financeiro para o projeto.

Figura 59 – Resultados melhoria Geral



Fonte: Os autores (2023)

5.1.4. Retorno financeiro

A meta inicial do projeto era de uma redução de *waste* de 0,25% para 0,20%, para o cálculo do *saving*, foram considerados os resultados de queda de *waste* na produção, e utilizada os dados do controle financeiro para consolidar e comprovar esses resultados.

Comprovados os valores de todas as etapas produtivas, foram inseridas nessa planilha e também, acrescidos a redução de cada grupo, com isso, o retorno financeiro do projeto está exposto abaixo:

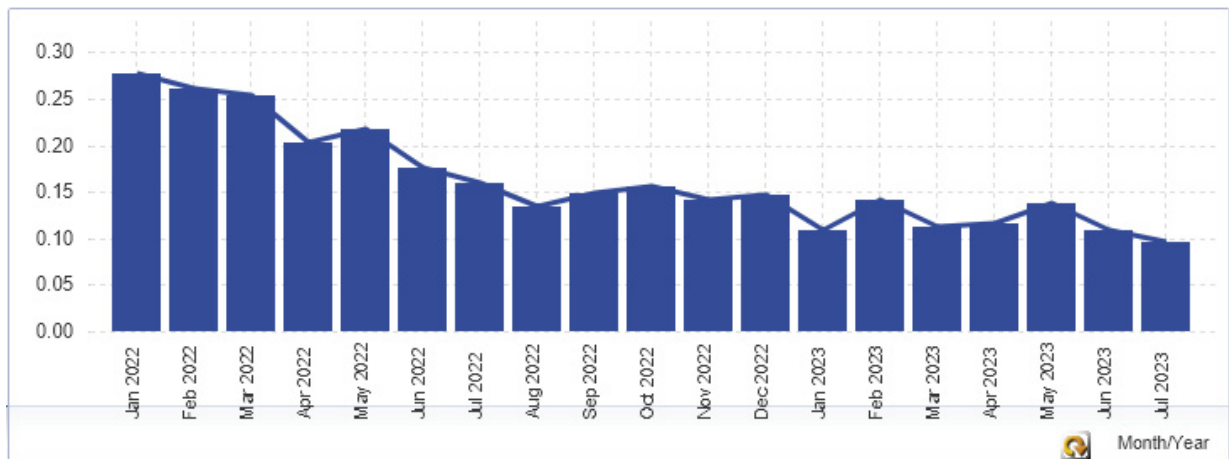
A redução de *waste* tipo DR31 de 0,25% para 0,20%, e ainda no último mês medido, a redução caiu para 0,11%, muito abaixo do planejado, com isso, os resultados obtidos foram de:

Tabela 5 – Meta

Analysis					
Format	Workcenter	Input Order	WbO	%	
		423.025.956	482.684		0.11%
	01 9131	31.236.156	62.109		0.18%
	01 9132	57.325.034	82.811		0.14%
	05 9132	40.884.846	35.182		0.08%
	05 9131	72.483.670	52.926		0.07%
	07 9131	7.245.691	6.002		0.08%
	07 9132	167.710.199	86.735		0.05%
	08 9131	23.653.089	64.807		0.21%
	08 9132	36.456.919	92.112		0.24%

Fonte: Os autores, 2023.

Figura 60 – Gráfico Meta



Fonte: Os autores, 2023.

O retorno financeiro estimado por mês com a redução do *waste* DR31 calculado é de R\$ 74.215,00 no mês, totalizando no ano um ganho de aproximadamente R\$ 890.600,00.

6. CONCLUSÕES

As análises estatísticas em uma operação que possui um sistema controlado facilitam a extração de dados e assim, facilita a realização de testes, pois as bases são confiáveis, e os números foram extremamente necessários para algumas preposições e validação das melhorias implantadas, os resultados da aplicação das melhorias foram significativos, obtendo uma redução de produção de *waste* na meta global prevista de 0,20%, para um resultado real de 0,11%, baixando além do que era previsto com soluções implementadas durante o desenvolvimento do projeto, que nos remetem a uma economia para a empresa de aproximadamente R\$ 890 mil reais no ano.

As soluções aplicadas foram baseadas nos estudos e em benchmarking de outras plantas, e foram consideradas para a aplicação visto o sucesso e a necessidade de economia e redução de *waste* gerado, o apoio da empresa foi fundamental para a execução e sucesso no projeto. Os resultados observados são o resultado da colaboração de várias pessoas envolvidas no processo, e a redução dos custos minimizados pela redução do *waste* será um case de sucesso levado para a empresa, que hoje, está no ranking das filiais com a menor produção de *waste*.

O trabalho desta magnitude é um desafio, pois foram vários dados, várias análises, várias propostas, as escolhidas foram, assertivas para a redução, mas algumas sugeridas, podem vir a ser adaptadas no futuro para uma redução maior de *waste* nessa planta, assim como, pode ser desenvolvida para as outras plantas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FIGUEIREDO, Thiago Gomes. **Metodologia Seis Sigma como Estratégia para Redução de Custos**. Faculdade de Engenharia, UFJF, Engenharia de Produção. Juiz de Fora, Minas Gerais, 2006.

WERKEMA, C. Criando a cultura Seis Sigma. Nova Lima: Werkema, 2004.