

MELHORIA DE PROCESSO: Um estudo de caso sobre a utilização de ferramentas da engenharia para redução do nível de refugo

Raphael Pio Curi Vilela¹
Eduardo Emanuel Vieira Guedes²

RESUMO

O objetivo do trabalho é realizar um estudo de caso visando a melhoria de um sistema produtivo, que apresenta alto nível de refugo no corte de uma determinada peça produzida em uma empresa do ramo automobilístico. O mercado atual se mostra cada vez mais competitivo, a otimização de processos a fim de gerar o mínimo de refugo e desperdício possível e conseqüentemente reduzir o custo final da peça, faz com que as empresas se mantenham nesse mercado. A metodologia utilizada para o desenvolvimento deste estudo foi o levantamento bibliográfico sobre o tema engenharia de processo e suas ferramentas, com ênfase em melhorias para suportar o estudo de caso, além de analisar aspectos relacionados ao equipamento de corte e dados estatísticos utilizando cartas de controle para análise da peça estudada. Foram aplicados conceitos utilizados na engenharia de processo como a filosofia *Kaizen*, auxiliada por outras ferramentas como o ciclo PDCA, o 5W1H, CEP e o *5whys*. O resultado obtido e demonstrado é a economia de matéria prima utilizada no processo de fabricação e conseqüentemente a redução de refugo, resultando na redução de custos de produção da peça analisada, garantindo maior lucratividade para a empresa.

Palavras-chave: Melhoria de processos. *Kaizen*. Refugo. PDCA.

PROCESS IMPROVEMENT: A case study on the use of engineering tools to reduce the level off scrap

The objective of this paper is to conduct a case study aiming at the improvement of a production system, which presents high level of scrap in the cutting of a certain part produced in a company of the automobile industry. The current market is becoming increasingly competitive, the optimization of processes in order to generate as little waste and waste as possible and consequently reduce the final cost of the part, keeps companies in this market. The methodology used for the development of this study was the bibliographic survey on the theme process engineering and its tools, with emphasis on improvement to support the case study, besides analyzing aspects related to the cutting equipment and statistical data using charts. control for analysis of the studied part. Concepts used in process engineering were applied such as the Kaizen philosophy, aided by other tools such as the PDCA cycle, 5W1H, CEP and 5whys. The result obtained and demonstrated is the saving of raw material used in the manufacturing process and consequently the reduction of scrap, resulting in reduced production costs of the analyzed part, ensuring greater profitability for the company.

Keywords: *Process Improvement. Kaizen. Scrap. PDCA.*

¹ Graduando do Curso de Bacharelado em Engenharia de Produção do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS/MG. Email: raphael.vilela_eng@outlook.com

² Professor Mestre, Coordenador do Curso de Bacharelado em Engenharia de Produção do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS/MG. Email: eduardo.guedes@.unis.edu.br

1 INTRODUÇÃO

Devido às rápidas mudanças tecnológicas, geopolíticas e condições de mercado, as empresas devem ser capazes de adaptarem-se rapidamente e facilmente as transformações. Para encarar a disputa competitiva, a maioria das empresas deve reestruturar seus processos (sejam eles administrativos, técnicos ou processos de suporte), e encontrar uma forma de torná-los mais integrados (VERADAT, 1996).

Este artigo tem como objetivo apresentar um estudo de caso, aplicando ferramentas de análises de melhorias de processos em uma empresa do ramo automobilístico, localizada na cidade de Varginha-MG. A melhoria requisitada seria a redução do nível do refugo gerado no processo de corte de uma pestana (peça montada horizontalmente na porta do veículo, próximo ao vidro com função primária de vedação de poeira, ruído e água). As ferramentas da engenharia de processo podem ser aplicadas em diversas situações, com o objetivo de auxiliar a empresa a tomar as melhores decisões em relação aos seus processos. Utilizou-se a filosofia Kaizen, com ênfase no ciclo PDCA, 5W1H, *5whys* e CEP, como base para a realização da melhoria, tendo como princípio organizar, definir, analisar as ideias e encontrar a causa raiz do problema, colocando em prática medidas mais eficazes.

Com a utilização das ferramentas é possível implementar melhorias contínuas, neste caso, visando uma redução de material dentro do setor produtivo da empresa, evitando o desperdício, mas não alterando o produto final. Desta forma, este estudo pode ser referência para aplicação em outras áreas dentro do mesmo setor, mostrando que é possível fazer mais com menos, conceito almejado pelas empresas nos dias de hoje. Em outra seção, tem-se o método de pesquisa utilizado, e em seguida a descrição e a discussão do caso estudado, por fim, abordam-se aspectos relativos às conclusões e os valores de redução alcançados através da melhoria.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este tópico aborda os conceitos da Engenharia de processos, como *kayzen*, ciclo PDCA, 5W1H, *5whys* e CEP.

2.1 Engenharia de Processos

Segundo Davenport (1994) “Um processo é definido como uma específica ordenação de atividades de trabalho através do tempo e do espaço, com início, fim e um conjunto, claramente definido como entradas e saídas”. Pode ser relacionado como uma estrutura lógica de recursos e ações para gerar mais produtos para a organização.

A engenharia de processo pode ser entendida como uma estrutura para a compreensão da melhoria contínua, particularmente no que se refere aos fluxos horizontais ou transversais de atividades e informações em um dado ambiente empresarial. A engenharia de processo busca construir uma visão sistêmica de como as unidades de uma organização se integram, com vistas a gerar os resultados e agregar valor para os seus clientes finais (PARANHOS, 2012).

Para Paim, Cameira e Clemente (2002), “a engenharia de processo tem muitas aplicações, contudo, as ferramentas utilizadas estão relacionadas com o modelo do processo, a partir de um referencial uni-integrado, com métodos baseados na lógica de processo”.

Dentro das organizações a aplicação de conceitos de engenharia de processos é essencial para a obtenção de resultados, visando uma análise crítica com intuito de melhorar continuamente as operações. A grande aplicação das ferramentas gera flexibilidade para a

empresa coordenar suas atividades, com o objetivo de alcançar resultados satisfatórios e diminuir os riscos de aspectos negativos relacionados aos projetos.

2.2 Ferramentas de melhoria de processos

Mesmo com a existência de diferentes ferramentas de aplicação para melhoria, a engenharia de processos é de suma importância para a realização de uma melhoria bem planejada. Assim, pode ser visualizada como uma ferramenta poderosa para o desenvolvimento de boa parte das ações voltadas à melhoria do desempenho organizacional, uma vez que habilita e estrutura o desdobramento de diferentes iniciativas gerenciais, tais como: a padronização das atividades e formalização dos procedimentos organizacionais, o projeto ou reprojeto da organização (SHIGUNOV NETO; CAMPOS, 2016).

Para avaliar a ferramenta a ser utilizada, deve-se levar em consideração o fluxo de atividade e qual o objetivo a se buscar para a obtenção dos resultados, possibilitando trabalhar de acordo com a metodologia adequada.

Dentre os principais benefícios da implantação das ferramentas, algumas delas podem ser destacadas, como racionalização dos dados, implementação de melhorias de processos onde organiza os dados relacionados dentro do contexto da ferramenta, ‘acerto’ das interfaces entre áreas, minimização de custos de manutenção de sistemas, aperfeiçoamento dos serviços aos clientes da organização, geração de informações gerenciais (DAVENPORT, 1994). Instrumentos que ajudam o processo produtivo a atingir maiores lucros.

As principais ferramentas da engenharia de processo estão relacionadas com uma melhoria dentro da operação, existem vários tipos de ferramentas dentro da mesma, neste artigo as ferramentas utilizadas para elaborar o estudo de caso são: *Kaizen*, PDCA, 5W1H e os 5whys.

2.2.1 Kaizen

Segundo Costa Junior e Eudes Luiz (2012) “*Kaizen* é uma palavra com origem japonesa, “mudança” (*Kai*) e “bom para/melhor” (*zen*), este pensamento é mais que uma ferramenta de gestão, tanto na área administrativa e empresarial”. *Kaizen* é um processo de aprimoramento contínuo que consiste na busca de melhorias pela inovação dos processos, dos métodos, produtos, regras e procedimentos, identificando potenciais melhorias o que faz desta ferramenta ser definida também como melhoramento contínuo (COSTA JUNIOR; EUDES LUIZ, 2012).

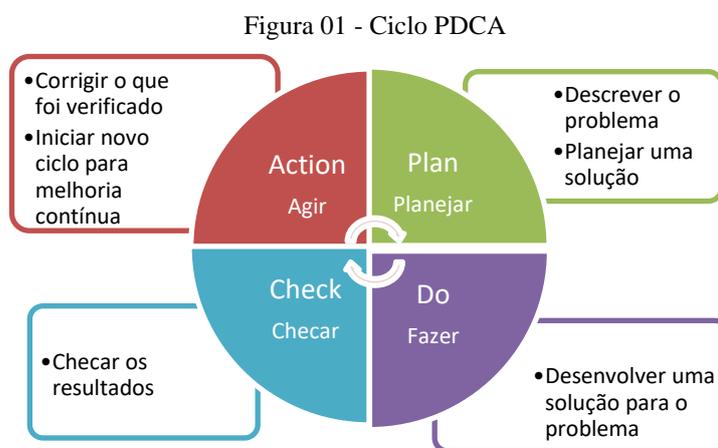
No melhoramento contínuo, não é a taxa de melhoramento que é importante, é o momento de sua aplicação. Não importa se os melhoramentos sucessivos são pequenos, o que importa de fato é que a cada mês (ou semana, ou trimestre ou qualquer que seja o período adequado) algum melhoramento tenha de fato ocorrido (OHNO, 1997).

Os objetivos da melhoria contínua têm uma abordagem na filosofia enxuta que são normalmente expressos como ideais: atender à demanda no momento exato, com qualidade perfeita e sem desperdício exigindo um total sincronismo entre todos. Ainda que o desempenho de qualquer organização possa estar bem longe desses ideais, uma crença fundamenta dessa abordagem é a de que é possível aproximar-se deles ao longo do tempo. Se seus objetivos são estabelecidos em termos de ideais, os quais as organizações individuais podem nunca alcançar, a ênfase então deve estar na forma com a qual a organização aproxima-se desse estado de sincronismo e objetivo (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009).

2.2.2 Ciclo PDCA

O Ciclo PDCA é umas das ferramentas mais importantes dentro do conceito de melhoramento contínuo, na qual pode ser representado como um processo, literalmente sem fim, de questionamentos repetidos sobre o trabalho detalhado de um processo ou atividade. A natureza cíclica, e repetida do melhoramento contínuo é geralmente resumida pela ideia de ciclo de melhoramento (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009).

Para Lu (2015) "O ciclo PDCA é o método utilizado para controle de processos, no qual essa ferramenta gerencial é composta de quatro etapas básicas por sequência, formando assim o ciclo fechado, nas quais são: planejar, executar, verificar e agir corretivamente". Na Figura 01, se ilustra toda a composição do ciclo PDCA, onde é possível identificar os principais passos do ciclo.



Fonte: Paranhos Filho (2012), adaptado pelo autor.

Conforme Slack, Chambers e Johnston (2009) "O ciclo PDCA tem em seu início a primeira etapa (de planejar), que envolve o exame do atual método ou da área problema estudada. Isso envolve coletar e analisar dados de modo a formular um plano de ação que se pretende melhorar o desempenho".

Após a aprovação do plano de ação, o próximo passo é o de executar, esse é o estágio de implementação, onde o plano é testado na operação. Também nessa etapa pode envolver um miniciclo PDCA que tem a possibilidade de resolver os problemas encontrados. Em seguida, vem à etapa de Checar, onde se avalia a solução, para analisar se os resultados esperados foram alcançados. Finalmente chega-se a fase de Agir, a mudança foi consolidada ou padronizada, e se foi bem-sucedida. Com alternativa, se a mudança não foi bem-sucedida, as lições na tentativa são formalizadas antes que o ciclo se inicie novamente. (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009).

2.2.3 A técnica dos cinco porquês (5whys)

Segundo Seleme e Stadler (2012) a ferramenta dos cinco porquês – *5whys*, está inserida no processo de realização da análise do problema com o intuito de identificar sua causa, a técnica é relativamente fácil de ser aplicada e propõe sistematicamente a pergunta (por quê?) em busca da verdadeira causa do problema". Ao repetir estes porquês, é possível ajudar a descobrir a raiz do problema e corrigi-lo. Responder cinco vezes a mesma pergunta pode-se chegar à verdadeira causa do problema, que geralmente está escondida atrás de

sintomas muito óbvios, e que facilmente se passa por despercebido ou é então ignorado pelo fato de ser simples de se resolver (OHNO, 1997).

2.2.4 A técnica do 5W1H

Na perspectiva de Lu (2015) “Trata-se de uma ferramenta utilizada para diagnóstico de problemas e planejamentos de soluções e planos de ação”. Permite considerar todas as tarefas a serem executadas ou selecionadas de forma cuidadosa e objetiva, assegurando sua implementação de forma organizada, as perguntas têm como objetivo gerar respostas que esclareçam o problema a ser resolvido ou que organizem as ideias (SELEME E STADLER, 2012). Na tabela 01, é possível visualizar quais as perguntas necessárias para a resolução de determinado problema.

Tabela 01- Modelo conceitual 5W1H

Pergunta	Pergunta Instigadora
O que (<i>What</i>)?	O que deve ser feito?
Onde (<i>Where</i>)?	Onde deve ser feito?
Quando (<i>When</i>)?	Quando deve ser feito?
Quem (<i>Who</i>)?	Quem é o responsável?
Por que (<i>Why</i>)?	Por que é necessário?
Como (<i>How</i>)?	Como será feito?

Fonte: Seleme e Stadler (2012), adaptada pelo autor.

Ainda segundo Seleme e Stadler (2012) “Para que a utilização desta ferramenta traga os resultados esperados, todas as etapas devem ser rigorosamente conhecidas, sob a pena de se tornar a análise ineficaz”.

2.2.5 CEP (Controle estático do processo)

O principal elemento do CEP é a carta de controle de processo, que permite identificar o comportamento do processo ao longo do tempo e detectar a incidência de causas especiais, permitindo delinear ações que previnam sua reincidência. O CEP encontra-se fundamentado na utilização de métodos e técnicas de natureza estatística. Alguns métodos estatísticos surgiram em busca de soluções para problemas relacionados à qualidade, entendimento e previsibilidade dos processos e melhorias dos mesmos, desta forma parece evidente que o CEP compartilha destes mesmos objetivos, o que justifica sua base estatística (Campos 1992).

CEP é parte integrante dos programas de qualidade total, adotados por inúmeras empresas como estratégia habilitadora de sua permanência e expansão nos mercados globalizados, conforme Campos (1992).

O CEP fornece uma descrição detalhada do comportamento do processo, identificando sua variabilidade e possibilitando seu controle ao longo do tempo, através da coleta continuada de dados e da análise e bloqueio de possíveis causas especiais, responsáveis pela instabilidade do processo em estudo.

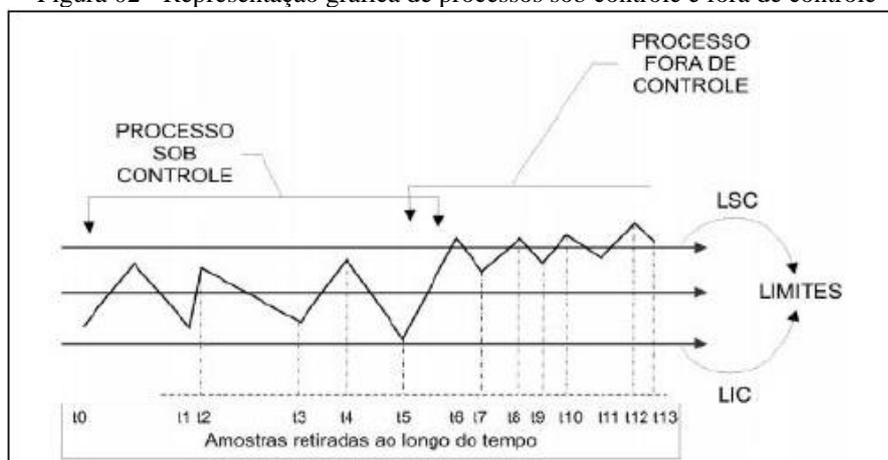
2.2.6 Cartas de controle

Um dos principais objetivos do controle estatístico e das cartas de controle é possibilitar uma avaliação da estabilidade do processo, em outras palavras, o CEP prevê subsídios à tomada de decisões gerenciais relacionadas à eliminação de causas especiais.

Além disso, a utilização de cartas de controle de processo apresenta vantagens como prevenir a incidência de defeitos, evitar ajustes desnecessários no processo, proporcionar aumentos de produtividade e fornecer um diagnóstico da situação atual dos processos (MONTGOMERY 2011).

Conforme Montgomery (2011) as cartas de controle geralmente utilizam como dados de entrada, as medições realizadas de uma característica de qualidade da peça, ou parâmetro de processo que influencie na qualidade dos produtos manufaturados. Estas medições são realizadas em pontos espaçados de tempo ou não, em caso de estudos sequenciais, em seguida, são plotadas graficamente nas cartas, sendo então comparadas contra limites de controle. A carta de controle possui uma linha central, denominada como (LC), que representa o valor médio obtido através da medição da característica do produto, as outras linhas horizontais são chamadas de limite superior de controle (LSC) e de limite inferior de controle (LIC).

Figura 02 - Representação gráfica de processos sob controle e fora de controle



Fonte: Montgomery (2011), adaptado pelo autor.

Utilizando os gráficos no controle estatístico de processos, é possível encontrar as causas especiais e comuns de uma variação. As causas especiais de variação em um processo podem ser classificadas como aquelas que não fazem parte do processo ou sistema, podendo incluir um problema de uma máquina ou irregularidades em uma matéria-prima. Causas especiais são indesejáveis ao processo, podendo ser prejudiciais à qualidade do produto manufaturado. É necessário que se faça um monitoramento para encontrar a correta ação corretiva sobre as causas especiais, na qual são de responsabilidade da área operacional da empresa. Após a identificação das causas especiais, pode-se atuar sobre elas, buscando a normalização do processo, através de ações corretivas.

As causas comuns são aquelas que atuam continuamente sobre o processo, sendo inerentes e aleatórias e de difícil controle. Para resolver os problemas de causas comuns, normalmente é necessário investir na melhoria de equipamentos, troca de matérias-primas ou treinamento de operadores. Quando as causas comuns não são mantidas em níveis toleráveis, elas afetam de maneira nociva a qualidade dos itens manufaturados (GRANT 1996).

3 METODOLOGIA

A elaboração deste estudo baseou-se em uma pesquisa de cunho bibliográfico, exploratório e descritivo, podendo proporcionar melhor entendimento sobre o tema estudado, tornando-o mais evidente, permitindo desta forma, a construção de um modelo proposto para melhorar o processo, através da redução do nível de refugo desta peça, podendo enquadrar-se

em um estudo de caso, pois consiste em avaliações detalhadas e em longo prazo desenvolvidas em uma empresa (Gil 2010).

Na composição do estudo, foi realizada uma investigação acerca da produção da pestana, suas etapas de produção, sua descrição e levantamento da sobra do processo, a fim de diminuir o desperdício da matéria prima na hora do corte da pestana através da implementação das ferramentas da engenharia.

Como suporte para calcular as cartas de controle, foi utilizado o software MINITAB 17.0®, 2017, não sendo necessário detalhar a base de cálculo, pois o sistema gera os resultados automaticamente. Tal iniciativa de utilizar sistemas automatizados para cálculos se deu em função da praticidade encontrada no dia a dia do engenheiro, desta forma é possível gerar informações com confiabilidade e rapidez. Por fim, foi realizada uma estimativa de economia de recursos após a implantação da melhoria proposta, que será mostrado de forma detalhada no estudo de caso.

4 ESTUDO DE CASO

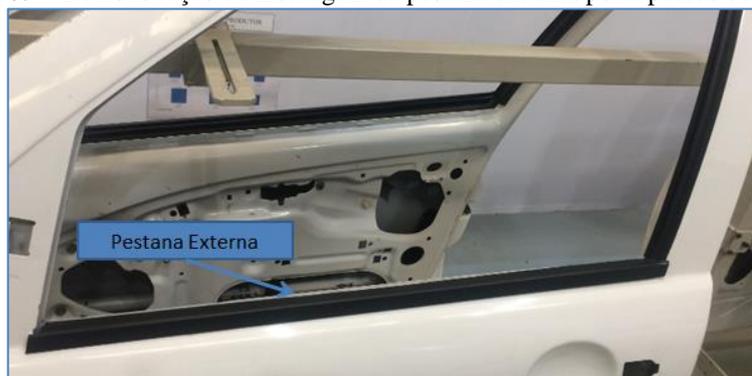
Neste tópico serão informadas as características do estudo de caso, demonstrando todo o processo de produção da pestana bem como sua função, e também a aplicação das ferramentas da engenharia, que demonstram como é possível identificar o problema e desenvolver uma proposta de melhoria.

4.1 Descrições do processo

O processo explicitado a seguir, refere-se a um estudo com o objetivo de reduzir a sobra de material proveniente de uma operação de recorte na fase de acabamento da peça pestana externa, componente de um determinado modelo de automóvel. A pestana tem em sua composição primária, três tipos diferentes de termoplásticos, na qual não serão abordados no trabalho por questões relacionadas a política interna da empresa, que fala sobre as restrições de informações acerca da matéria prima utilizada em seus produtos. Esta peça é montada horizontalmente na parte superior da porta entre o vidro e a lataria. A sua principal função é vedar externamente para impedir a entrada de água, poeira e ruído, por exemplo, além de ter em seu design compatibilidade com o desenho da porta, causando um efeito visual agradável para o consumidor final.

No exemplo observado na figura 03, é possível ver a pestana montada em um gabarito, que corresponde a uma porta com geometria padrão para conferência e montagem da peça, com o intuito de assegurar a comparação de qualidade das peças produzidas, prática comum adotada pelas indústrias de alto desempenho.

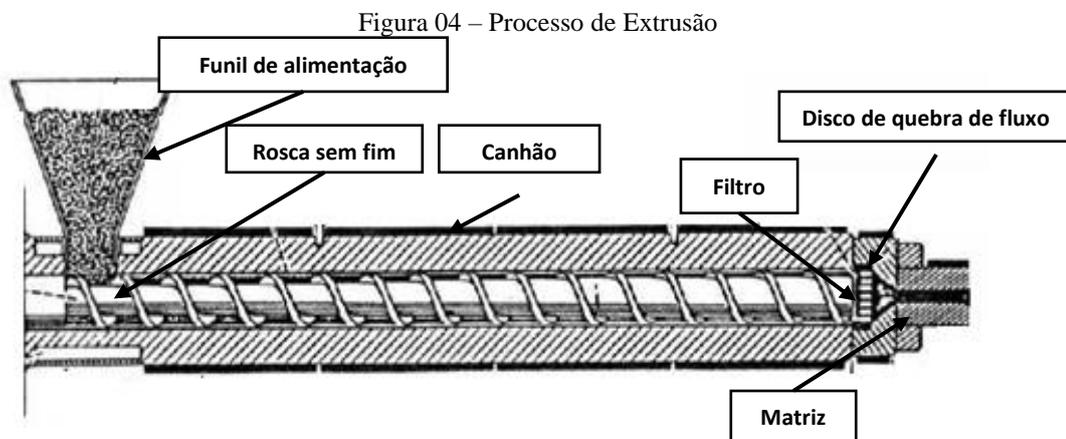
Figura 03 – Demonstração da montagem da pestana em uma porta padrão de veículo



Fonte: O autor.

O processo de fabricação da pestana começa na linha de extrusão da fábrica, na qual se inicia ao receber a matéria prima (grãos de polímeros termoplásticos) e abastecer o silo da máquina para retirada da humidade, em seguida, alimenta-se por gravidade ou sucção, um funil que recebe os grãos dos polímeros, que caem em uma rosca sem fim, responsável por transportar e misturar os grãos ao longo de um tubo cilíndrico (canhão) em alta temperatura, transformando o material em uma massa viscosa.

No final do cilindro o material é pressionado contra um filtro a fim de remover todas as impurezas do processo. Em seguida, essa massa passa pelo disco de quebra de fluxo, que possui menor diâmetro do que o cilindro, conseqüentemente o material será comprimido e pressionado até a matriz. A matriz é responsável por dar a forma geométrica desejada à peça. Após a saída da matriz, o material se torna um perfil e é imediatamente resfriado por jatos de pressão a ar e água, e recebe tratamento térmico ao longo da linha com o objetivo de melhorar o desempenho funcional da peça. Na figura 04, observa-se a disposição dos componentes descritos referente ao processo de extrusão.



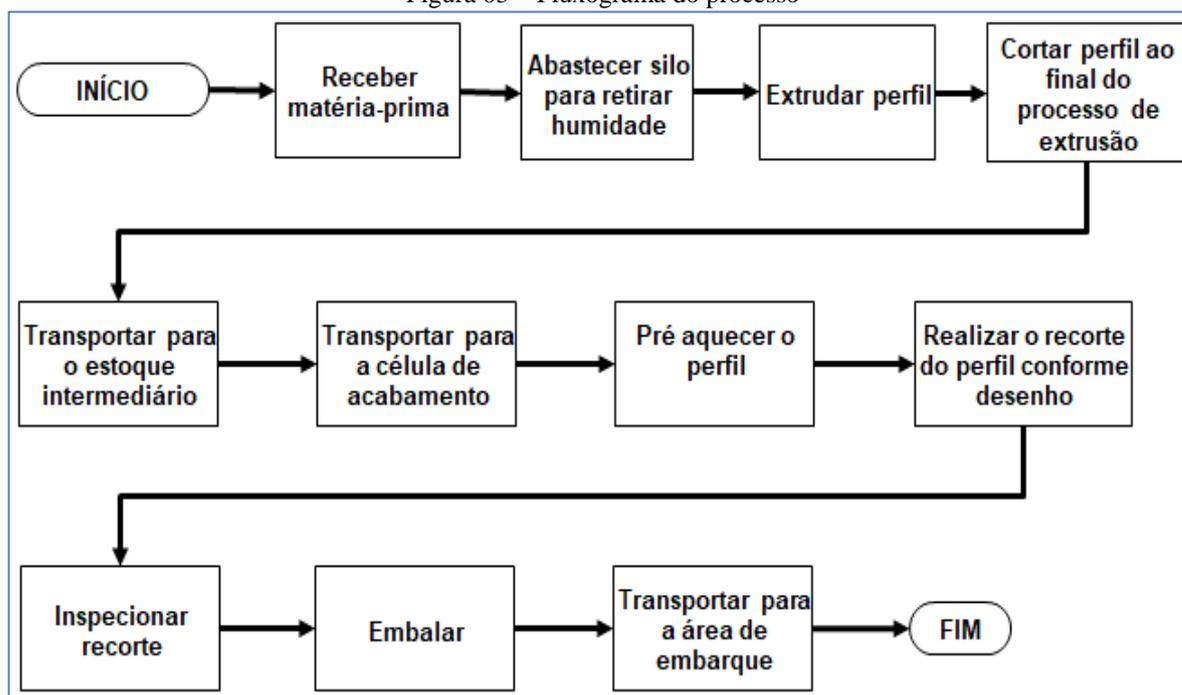
Fonte: O Autor.

Ao final da linha de extrusão, tem-se uma cortadeira que é responsável por cortar o perfil de acordo com o comprimento desejado, o que neste caso, segundo a documentação consultada no setor de processos (ficha de controle) é de 910 a 920 mm. Pós o corte do perfil em barra, o mesmo é embalado e encaminhado a um estoque intermediário para aguardar o tempo de descanso, ou seja, tempo em que o material sofre contração devido ao seu processo de fabricação. Ao passar este tempo de espera no estoque intermediário, o perfil é transportado à célula de acabamento, onde será recortado para originar a peça final, que neste caso é a pestana.

A operação de recorte no acabamento inicia-se posicionando o perfil em um aquecedor com o intuito de reduzir sua dureza e garantir qualidade no corte, logo após, posiciona-se o perfil no guia de corte da cortadeira, em seguida realiza-se o acionamento do corte através do bi-comando manual (dispositivo auxiliar de acionamento, onde o operador utiliza as duas mãos, com o objetivo de evitar acidentes de trabalho). As facas devem estar devidamente posicionadas para se obter exatamente a geometria de corte especificada pelo cliente. Nesta operação é gerado um refugo conseqüente do recorte da peça, denominado sobra de processo. Após o corte, a peça é inspecionada, em seguida é embalada e transportada para a área de embarque.

A figura 05 relata todo o fluxo descrito acima através de um modelo de fluxograma de processos.

Figura 05 – Fluxograma do processo



Fonte: O autor.

4.2 Aplicações das ferramentas da engenharia

Inicialmente, para identificar e solucionar o problema, parte-se da utilização da metodologia *Kayzen*, que visa a melhoria contínua de processos, desta forma, para realizar qualquer mudança com o objetivo de otimizar a operação em questão, é necessário ter a iniciativa de melhorar constantemente, só assim as outras ferramentas vão alcançar os resultados esperados ao utiliza-las. Os próximos tópicos trataram das aplicações das ferramentas 5W1H, 5Whys, Ciclo PDCA e CEP, utilizadas para realizar a modificação do processo de corte da peça pestana, com o intuito de reduzir o nível de refugo gerado.

4.2.1 O 5W1H

Tabela 02- Aplicação da ferramenta 5W1H

Pergunta	Pergunta Instigadora
O que (<i>What</i>)?	Sobra excessiva na operação de recorte da pestana interna
Onde (<i>Where</i>)?	Na célula de acabamento da pestana, durante a operação de recorte
Quando (<i>When</i>)?	Ocorre constantemente
Quem (<i>Who</i>)?	Documentação de processo da peça
Por que (<i>Why</i>)?	Problema que ocorre de maneira contínua
Como (<i>How</i>)?	Quando é realizado o recorte resultando em uma sobra excessiva de 14 mm

Fonte: Seleme e Stadler (2012), adaptada pelo autor.

O método 5W1H consiste em responder seis perguntas destinada a identificar à causa raiz do problema e encontrar uma solução adequada a realidade, conforme podemos verificar na tabela 02.

4.2.2 Os cinco porquês (5whys)

Neste caso, somente quatro porquês foram suficientes para determinar a causa raiz do problema.

1º *why* – Por que tem uma sobra de corte excessiva no processo de acabamento?
Porque a barra do perfil que vem da linha de extrusão apresenta comprimento excessivo.

2º *why* – Por que a barra do perfil apresenta comprimento excessivo?
Porque o perfil é cortado na linha de extrusão conforme valores da ficha de controle.

3º *why* – Por que a ficha de controle permite o corte com comprimento excessivo?
Porque foi adotada esta concepção de valores conforme início de projeto.

4º *why* – Por que foi previsto o comprimento do perfil correto no início de projeto?
Porque houve erro de cálculo na concepção do projeto ao definir o correto comprimento do perfil sem que gere sobra excessiva no processo de acabamento.

4.2.3 O ciclo PDCA

Utilizando o ciclo PDCA, é possível agir da seguinte maneira:

P - Descrever o problema e planejar uma solução - Identificado à sobra excessiva no processo de corte ao avaliar o refugo gerado na cortadeira do acabamento, na qual é responsável por realizar o corte do produto final. Logo em seguida montagem do plano de ação;

D - Desenvolver uma solução para o problema – Mudança no valor de corte na documentação do processo da ficha de extrusão, baseado nas considerações do processo de corte e dados estatísticos acerca da variabilidade de corte e contração do perfil, para que a redução desejada seja feita;

C - Checar os resultados durante a solução do problema – Resultado observado é a redução do comprimento do perfil sem alteração das especificações da peça acabada;

A - Agir a partir da descrição, desenvolvimento e checagem do problema para resolvê-lo de forma efetiva - Alteração definitiva de acordo com a mudança no valor de corte na documentação do processo para que a redução desejada seja feita.

4.3 Estudos para a redução das sobras do processo

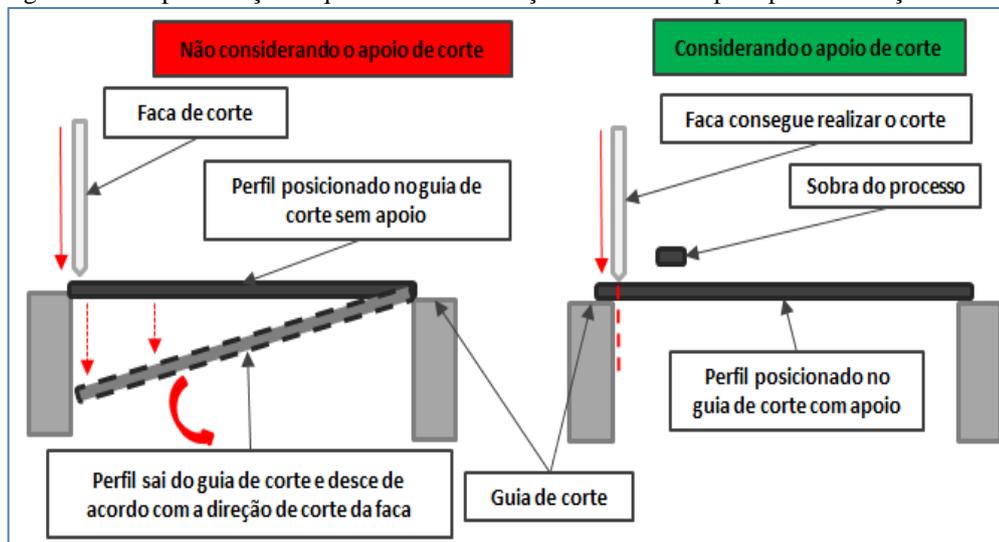
Para realizar a redução nas sobras de material provenientes desse processo, alguns fatores devem ser considerados, como a ferramenta de corte em geral (posição das facas e apoio de corte), estudo de contração do perfil (estudo de encolhimento) e a variação de corte nas cortadeiras (cortadeiras das linhas de extrusão e de acabamento das peças).

4.3.1 Condições de corte da cortadeira no acabamento

Segundo a documentação de controle, após a operação de recorte, a peça acabada deve ter um comprimento total (extremidade a extremidade) de 865 mm a 870 mm para atender os requisitos especificados no desenho do cliente, sendo que a barra do perfil utilizado nesta operação tem um comprimento de 910 mm a 920 mm, gerando uma sobra mínima de 40 mm. Considera-se 10 mm como apoio de corte para cada extremidade da barra, com o objetivo de manter o perfil em sua posição ideal, para que a faca consiga realizar o corte. Consequentemente o valor de 20 mm de apoio de corte irá se tornar um refugio proveniente desse processo, que não pode ser alterado, pois não seria possível realizar o recorte.

É possível observar na Figura 06 que se não considerarmos o apoio, o perfil sai da guia de corte quando a faca é acionada e a operação não é realizada.

Figura 06 – Representação esquemática das situações com e sem apoio para realização do corte



Fonte: O autor.

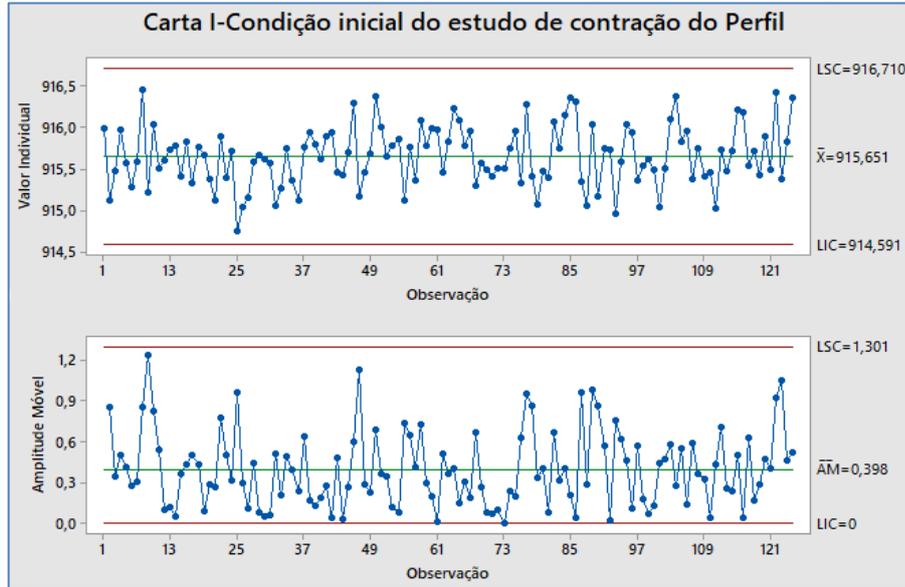
4.3.2 Estudo de contração (encolhimento) do perfil após extrusão

Com base nas condições de corte da cortadeira do processo de acabamento, o valor considerado de 20 mm referente ao apoio de corte citado não pode ser reduzido. Sobrando o valor de 20 mm restante sendo possível a redução da sobra de processo com base nesse novo valor. Neste processo todo perfil feito de termoplásticos sofre uma variação de contração (encolhimento) após o processo de extrusão, devido aos tratamentos térmicos realizados que irão alterar a estrutura do material através da adição de calor de acordo com o suportado pela peça (conforme especificações do material utilizado em sua composição), e pela estrutura atômica-molecular dos polímeros serem amorfas (átomos dispersos entre si na estrutura do material), dificultando um controle exato no comprimento após a extrusão, esse material sofre contração de no máximo 24 horas a partir da sua fabricação.

De acordo com estas informações, o estudo de encolhimento do perfil tem como intuito descobrir o valor máximo de encolhimento para considerar no cálculo de sobra de processos. O estudo consiste basicamente em medir o comprimento das peças em seu estado inicial e depois medir novamente em seu estado estabilizado (após 24 horas). Para desenvolvimento do estudo, foram coletadas 125 amostras (quantidade do número de amostra padrão pelos procedimentos da empresa) no momento em que foram produzidas, e realizado a marcação com uma caneta enumerando-as de 1 a 125, em seguida realizou-se a medição do comprimento total (extremidade a extremidade) de cada uma delas, e os valores encontrados

foram inseridos no software Minitab (versão 17.0®, 2017), para gerar uma carta de controle e observar qual seria o valor inicial referente ao corte do perfil no processo de extrusão, na qual foram encontrados conforme figura 07, o valor médio de 915,65 mm, LSC igual a 916,71 mm e LIC igual a 914,59 mm. O software Minitab é utilizado para cálculos estatísticos, e toda a base de cálculo utilizada para gerar a carte de controle pode ser encontrada no sistema.

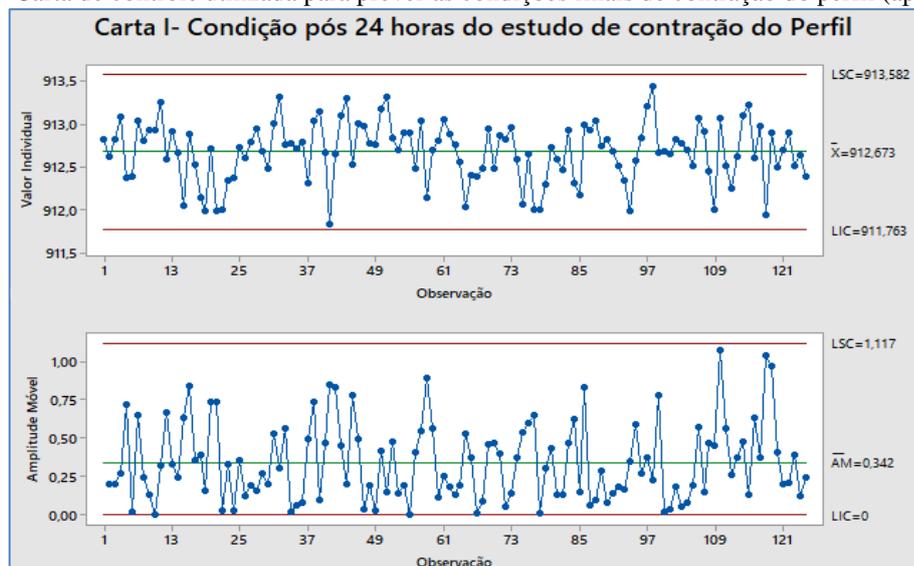
Figura 07 – Carta de controle utilizada para prever as condições iniciais de contração do perfil.



Fonte: SOFTWARE MINITAB 17.0®, 2017.

Após 24 horas, realizou-se outra medição de acordo com as marcações de cada peça para obter o valor referente a peça estabilizada e que não apresenta mais taxa de contração, desta forma é possível prever o valor de encolhimento realizando a comparação do valor encontrado no estudo inicial menos o valor do estudo final. Nesta etapa, realiza-se praticamente o mesmo processo anterior, utilizando os valores encontrados para inserir no software Minitab gerando a segunda carta de controle para fins comparativos, conforme figura 08, foi encontrado o valor médio de 912,67 mm, LSC 913,58 mm e LIC 911,76 mm.

Figura 08 – Carta de controle utilizada para prever as condições finais de contração do perfil (após 24 horas).



Fonte: SOFTWARE MINITAB 17.0®, 2017.

É possível observar a diferença de valores obtidos entre as figuras 06 (carta de controle utilizada para prever as condições iniciais de contrações do perfil) e 07 (carta de controle utilizada para prever o valor final de contração do perfil após 24 horas), na qual se pode observar de acordo com o quadro 01, a redução média de 2,98 mm. Também foi realizada uma análise prevendo situação crítica que irá resultar na taxa máxima de encolhimento do perfil pelo valor de LSC do estudo inicial correspondente a 916,71 menos o valor de LIC do estudo final 911,76 mm, desta forma, o valor máximo de contração que possa existir neste processo é de 4,95 mm, arredondando para 5 mm para efeitos do cálculo de redução de sobra de processos que será mostrado a seguir.

Quadro 01 – Condição inicial menos a condição final no processo de contração do perfil após extrusão

Condição inicial - final (em milímetros)			
	Condição Inicial de processo	Condição pós-contração	Resultado
LSC	916,71	913,58	3,13
X (média)	915,65	912,67	2,98
LIC	914,59	911,76	2,83
Condição de maior valor de encolhimento (em milímetros)			
	LSC Inicial	LIC Final	Resultado
	916,71	911,76	4,95

Fonte: O Autor

4.3.3 Valor de variabilidade de corte na cortadeira da linha de extrusão

A cortadeira da linha de extrusão possui uma variação no corte, podendo variar para mais ou para menos em relação ao corte efetuado. Utilizando a figura 06 (carta de controle utilizada para prever as condições iniciais de contrações do perfil), também é possível prever a variação do perfil pela diferença entre o valor encontrado LSC 916,71 mm e o valor de LIC 914,59 mm, que corresponde a 2,12 mm conforme quadro 02.

Quadro 02 – Variabilidade de recorte na cortadeira do processo de extrusão.

Variabilidade de recorte na cortadeira da extrusão (em milímetros)		
LSC Inicial	LIC Inicial	Resultado
916,71	914,59	2,12

Fonte: O Autor.

É possível observar no quadro 02 uma variação máxima de 2,12 mm arredondando para 3 mm para efeitos do cálculo de redução de sobra de processo que será mostrado a seguir.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a realização dos estudos necessários, é possível mensurar o quanto poderá ser reduzido no processo. Neste caso, deve-se prever a situação mais crítica que pode ocorrer durante a produção da peça. Considerando o valor máximo da peça acabada que é de 870 mm e o valor mínimo cortado na cortadeira da extrusão que é de 910 mm tem-se uma sobra de 40 mm, na qual deve-se retirar 20 mm de apoio de corte, 5 mm da taxa máxima de encolhimento do perfil e mais 3 mm da variação máxima de corte na cortadeira da linha de extrusão, obtendo um resultado de 12 mm. Nota-se que os valores da taxa máxima de encolhimento e variabilidade de corte foram arredondados de 4,95 e 2,12 mm respectivamente para 5 e 3 mm, devido aos procedimentos internos da empresa que permite que somente números inteiros

estejam na ficha de controle do processo com o intuito de facilitar a leitura e preenchimento do documento, desta forma, para garantir maior segurança na redução, os valores foram arredondados para cima. O resultado de 12 mm obtido mostra o valor a ser reduzido na documentação do processo, que deverá ser de 910 a 920 mm (atual) para 898 a 908 mm (proposto). O quadro 03 mostra o resumo das considerações críticas para a redução da sobra de processos.

Quadro 03 – Variabilidade de recorte na cortadeira do processo de extrusão.

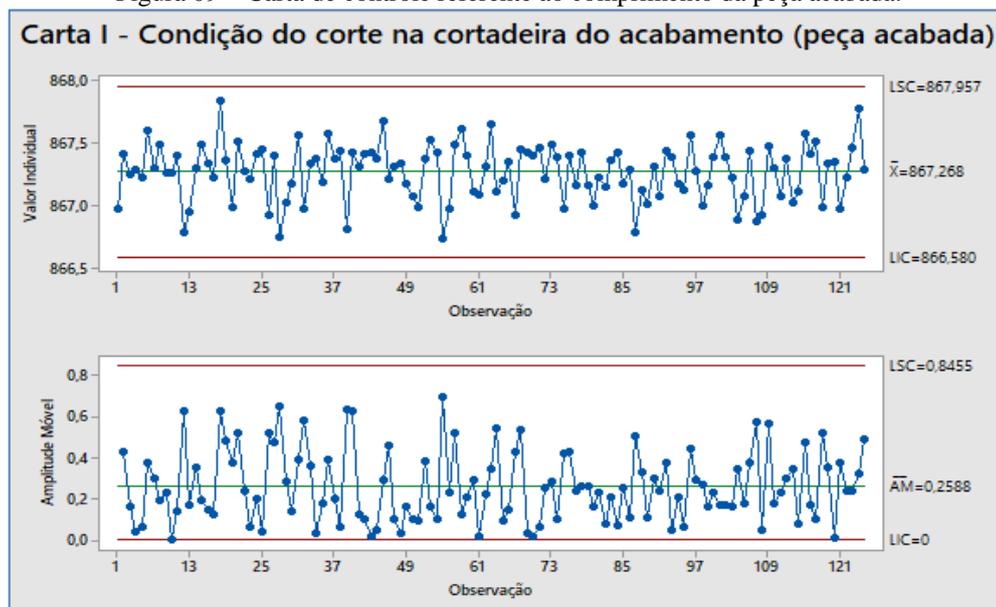
Considerações Críticas para a redução (em milímetros)		
Corte na linha no mínimo	910	
Encolhimento máximo	5	905
Variabilidade máxima no corte	3	902
Apoio de corte na cortadeira	20	882
Valor máximo da peça conforme desenho do cliente	870	12

Fonte: O Autor.

Para efeitos de comprovação das hipóteses levantadas, foi solicitado a produção de 125 barras de perfis cortadas no processo de extrusão com média de 898 mm, em seguida, foi aguardado o tempo de 24 horas referente a contração do perfil, e posteriormente foi realizado o corte na cortadeira de acabamento da peça.

Ao final de todos os recortes realizados na cortadeira de acabamento com as amostras disponibilizadas, cada uma delas foi medida para avaliar se todas seriam capazes de atender o processo sem afetar a qualidade da peça acabada, logo em seguida os valores referente ao comprimento da peça pós recorte no acabamento foram inseridos no software Minitab para gerar a carta de controle conforme figura 09.

Figura 09 – Carta de controle referente ao comprimento da peça acabada.



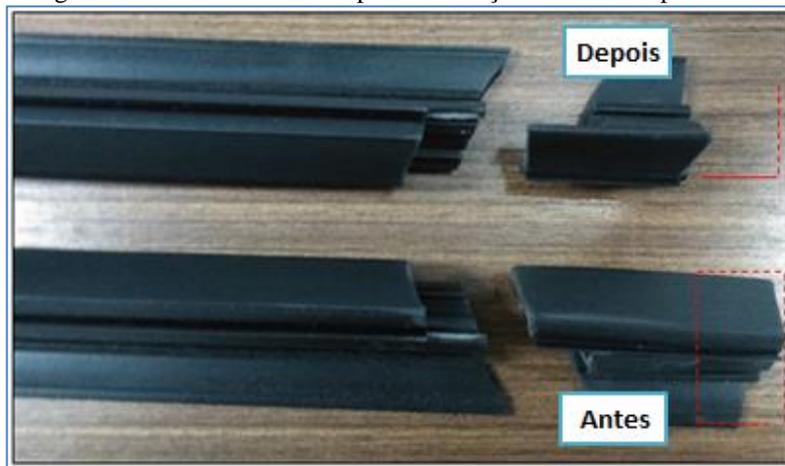
Fonte: SOFTWARE MINITAB 17.0®, 2017.

Conforme valor encontrado na carta de controle observada na figura 09, podemos ver que a peça atende as especificações do cliente referente a condição de desenho 865 a 870 mm, pois a média encontrada na carta foi de 867,26. A redução de 12 mm no ajuste da cortadeira

da extrusão poderá gerar um ganho de 12 mm a cada barra de perfil produzido. O custo de produção por barra de perfil cortado na linha com valor nominal da ficha de controle é de R\$11,02, desta forma após a redução dos 12 mm, este custo passaria a ser R\$10,88, obtendo uma redução de R\$0,14 por peça. Utilizando a média de volume anual contratado desta peça que é 167.000 peças, temos uma redução de R\$23.380,00 ao ano. Redução de grande importância e expressividade, pois este valor estava sendo contemplado como refugo pela empresa, desta forma, pode-se utiliza-lo para novos investimentos e projetos de melhoria.

Com o intuito de demonstrar a redução de sobra de processos realizada, a figura 10 mostra uma imagem real da pestana externa, mostrando peça e sobra de processo após o corte na operação de acabamento que gera o produto final, desta forma é possível observar o tamanho da sobra de processos antes e depois da redução.

Figura 10 – Pestana antes e depois da redução da sobra de processos.



Fonte: O autor.

6 CONCLUSÃO

Neste trabalho foi possível constatar o uso de importantes ferramentas utilizadas pela engenharia, como o 5W1H, o 5Whys, Ciclo PDCA e CEP, que foram aplicadas com o objetivo único de reduzir a sobra de processos da operação de recorte da pestana externa.

O resultado de redução do refugo referente a esse estudo, foi alcançado através da identificação do problema e realização de análises com base nas cartas de controle geradas pelo software Minitab e também características críticas do processo como considerações variabilidade na operação de recorte e nível de contração do perfil, que por fim possibilitou na alteração da especificação do comprimento de corte da barra de perfil na linha de extrusão, fazendo com o nível do refugo gerado no corte do acabamento fosse reduzido sem comprometer a qualidade do produto final, garantido a entrega conforme especificações de desenho da peça.

A redução de custos alcançado referente à redução de 12 mm por peça foi de R\$23.380,00 ao ano, ou seja, a empresa deixou de perder este dinheiro como refugo, mostrando uma melhoria de processos significativa. Ter a oportunidade de desenvolver este trabalho nesta empresa foi muito satisfatório, não só pelo aprendizado obtido, mas também pela possibilidade de aplicação dessas ferramentas em outros perfis com situações similares, o que irá promover a melhoria continua na empresa mantendo viva a metodologia *Kayzen*.

REFERÊNCIAS

- CAMPOS, V. F. **TQC- Controle da qualidade total (No estilo japonês)**. 2. ed. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1992.
- COSTA J.; EUDES L. **Gestão em processos produtivos**. 1. ed. Curitiba: InterSaberes, 2012.
- DAVENPORT, T. H. **Reengenharia de processos**. 1. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1994.
- GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2010.
- GRANT, E. L.; LEAVENWORTH, R. S. **Quality Control**. 7. ed. New York: McGraw-Hill, 1996.
- LU, L. S. **Prevenção de não conformidades**. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2015.
- MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C.; HUBELE, N. F. **Estatística aplicada à engenharia**. 2. ed. LTC, 2011.
- OHNO, T. **O sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala**. Porto Alegre: Bookman, 1997.
- PAIM, R.; CAMEIRA, R.; CLEMENTE, A. Engenharia de Processos de Negócios: Aplicações e Metodologias. Grupo de Produção Integrada/COPPE-EE/UFRJ. **Enegep**. Curitiba, 2002.
- PARANHOS FILHO, M. **Gestão da produção industrial**. Curitiba: InterSaberes, 2012.
- SELEME, R.; STADLER, H. **Controle de qualidade: as ferramentas essenciais**. Curitiba: InterSaberes, 2012.
- SHIGUNOV NETO, A.; CAMPOS, L. M. F. **Introdução à gestão da qualidade e produtividade: conceitos, histórias e ferramentas**. Curitiba: InterSaberes, 2016.
- SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção** 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009.
- VERADAT, F. B. **Enterprise Modeling and integration: principles and applications**. 1. ed. London: Chapman & Hall, 1996.