

APLICAÇÃO DO CÍRCULO DE CONTROLE DE QUALIDADE NO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE UMA EMPRESA METALÚRGICA

APPLICATION OF THE QUALITY CONTROL CIRCLE IN THE MANUFACTURING PROCESS OF A METALLURGICAL COMPANY

Alexandre Francisco de Jesus Mantovani¹; Gustavo Ferreira Rabelo Garcia².

RESUMO

No cenário atual das indústrias, a busca por melhorias no processo produtivo é contínua. E uma das funções do engenheiro de produção é otimizar esse sistema em busca de melhorias, a fim de aumentar a produtividade do processo garantindo um produto final com qualidade e que atenda às necessidades do cliente. Esse projeto visa apresentar o desenvolvimento de uma melhoria no processo de produção do fio circular de alumínio isolado com fita de poliéster, aplicando a metodologia Círculo de Controle de Qualidade (CCQ) com intuito de identificar possíveis melhorias no processo de fabricação do produto, resultando em um aumento de produtividade. O objetivo deste estudo é demonstrar como a metodologia CCQ pode impactar no aumento da produtividade no processo de produção do fio circular de alumínio isolado com fita de poliéster, mantendo a qualidade do produto, isento de falhas no isolamento, deformações, riscos, rebarbas e fissuras. O trabalho foi elaborado a partir de uma pesquisa bibliográfica, seguida de uma pesquisa-ação, que visou levantar as informações da produção, os problemas que geram a baixa produtividade de máquina, como também, a implantação de melhorias para solução dos problemas. O estudo demonstrou que ao analisar o processo e obter as causas dos problemas, foi possível implementar ações de melhoria, as quais geraram resultados positivos para empresa, entre eles, maior lucro, maior capacidade produtiva e a padronização do processo.

Palavras-chave: Círculo de Controle da Qualidade. Ferramentas da Qualidade. Produtividade.

ABSTRACT

In the current scenario of industries, the search for improvements in the production process is continuous. And one of the functions of the production engineer is to optimize this system in search of improvements, in order to increase the productivity of the process, ensuring a final product with quality and that meets the customer's needs. This project aims to present the development of an improvement in the production process of the circular aluminum wire insulated with polyester tape, applying the Quality Control Circle (CCQ) methodology in order to identify possible improvements in the product manufacturing process, resulting in an increase in productivity. The objective of this study is to demonstrate how the CCQ methodology can impact on increasing productivity in the production process of aluminum circular wire insulated with polyester tape, maintaining product quality, free from insulation failures, deformations, scratches, burrs and cracks. The work was elaborated from bibliographical research, followed by action research, which aimed to raise production information, the problems that generate low machine productivity, as well as the implementation of improvements to solve the problems. The study showed that by analyzing

¹ Graduando em Engenharia de Produção no Centro Universitário do Sul de Minas. E-mail: alexandre.mantovani@alunos.unis.edu.br.

² Professor Orientador do Centro Universitário do Sul de Minas. E-mail: gustavo.garcia@unis.edu.br.

the process and obtaining the causes of the problems, it was possible to implement improvement actions, which generated positive results for the company, including greater profit, greater production capacity and standardization of the process.

Keywords: *Quality Control Circle. Quality tools. Productivity.*

Data de conclusão: 07/11/2021

1 INTRODUÇÃO

No cenário atual das indústrias, a busca por melhorias no processo produtivo é constante e contínua. E uma das funções do engenheiro de produção é otimizar esse sistema em busca de melhorias, a fim de aumentar a produtividade do processo garantindo um produto final com qualidade e que atenda às necessidades do cliente.

Esse projeto visa apresentar o desenvolvimento de uma melhoria do processo de produção do fio circular de alumínio isolado com fita de poliéster, aplicando a metodologia Círculo de Controle de Qualidade (CCQ) com intuito de identificar possíveis melhorias no processo de fabricação do produto, resultando em um aumento de produtividade.

Objeto de estudo deste trabalho, o fio circular de alumínio isolado com fita de poliéster, é recomendado para uso em equipamentos elétricos com classe térmica de até 130°C, para obter um produto acabado com qualidade e que atenda o prazo de entrega planejado, é necessário um processo de fabricação eficiente.

O projeto se justifica pela busca constante por melhorias no processo produtivo, a fim de aumentar a produtividade das máquinas, proporcionando um aumento dos recursos financeiros da empresa.

Este trabalho pretende atingir, estudantes e profissionais da área de engenharia, como também, colaboradores que visam aplicar essa metodologia em outras áreas. Através dessa pesquisa é possível reduzir o *lead time* para os clientes, como também, desenvolver futuros clientes.

O projeto partiu da questão de como a metodologia CCQ pode promover um aumento de produtividade no processo de produção do fio circular de alumínio isolado com fita de poliéster em uma metalúrgica. Também, tem como objetivo demonstrar como a metodologia CCQ pode impactar no aumento da produtividade no processo de produção, mantendo a qualidade do produto: isento de falhas no isolamento, deformações, riscos, rebarbas e fissuras.

O trabalho foi elaborado a partir de uma pesquisa bibliográfica, seguido de uma pesquisa-ação, que visou levantar as informações da produção, os problemas que geram a baixa produtividade de máquina, como também as melhorias para solução dos problemas.

Para obtenção desses dados, foi necessária a aplicação da metodologia CCQ, assim foi possível levantar os dados de produção do produto, através de relatórios do sistema ERP (*Enterprise Resource Planning*) com auxílio de planilhas eletrônicas. Com os problemas encontrados, foi possível identificar as melhorias para solução das causas raízes identificadas no processo, através das ferramentas de qualidade utilizadas, são elas: brainstorming, 5W2H, 5 porquês e diagrama e matriz de causa-efeito.

A partir dos dados coletados e dos problemas encontrados, foram propostas ações para melhorar o processo produtivo, através de comparações de antes e depois. Também foi considerada a análise de desempenho do processo, com as ações consolidadas, a partir das quais o processo foi padronizado, com o objetivo de fabricar o produto com qualidade e gastando menos tempo e dinheiro.

A pesquisa se inicia com a conceituação do círculo de controle da qualidade, objetivos e as ferramentas da qualidade. Logo depois, a pesquisa aborda a estrutura da fita de poliéster,

como também as funções do fio circular de alumínio isolado com a fita de poliéster e todo seu processo de fabricação, desde início no processo de extrusão até o produto acabado. Em seguida, é realizada a aplicação da metodologia, análises e ferramentas utilizadas. E por fim, apresenta-se a conclusão da pesquisa, expondo os resultados obtidos e sugestões de trabalhos futuros.

2 CÍRCULOS DE CONTROLE DE QUALIDADE

Segundo Oakland (1994), o Círculo de Controle de Qualidade – CCQ pode ser definido como um grupo de pessoas que se propõem voluntariamente, durante seu tempo de trabalho a buscar melhorias no processo produtivo. Os membros da equipe, sob a orientação de seu líder, devem identificar, analisar e resolver os problemas relacionados com seus setores, a fim de implementar soluções, com o intuito de manter o processo padronizado e adequado com as necessidades dos clientes.

De acordo com Oakland (1994), o Círculo de Controle de Qualidade nasceu no Japão por volta da década de 60, após um período de reconstrução no pós-guerra. Nesse período, os japoneses focaram muito na melhoria contínua e no aperfeiçoamento de suas técnicas de controle de qualidade. Dessa forma, com os treinamentos que eram realizados na época, surgiram os primeiros Círculos de Controle de Qualidade.

Um dos objetivos dessa metodologia é compreender as necessidades dos clientes internos, isto é, envolver todas as pessoas que estão relacionadas com o processo produtivo, a fim de apresentar soluções de melhorias para o melhor aproveitamento das atividades de rotina (MARTINELLI, 2009).

As ferramentas da qualidade são recursos utilizados para elaboração dos projetos CCQs. Segundo Carvalho et al. (2005), Ishikawa foi fundamental na difusão das técnicas de análise e soluções de problemas, em especial as ferramentas da qualidade, que viriam a ser utilizadas pelo CCQ.

2.1 Ferramentas da qualidade

Segundo Magalhães (2009), as ferramentas da qualidade são técnicas que se tem por objetivo definir, mensurar, analisar e propor meios para solucionar problemas no processo produtivo. Corretamente aplicadas, é possível aumentar o nível de qualidade da empresa, reduzir os custos, desenvolver melhores projetos, identificar problemas no processo e suas potenciais causas raízes, afim de revolve-las de forma eficaz. Desta forma, dentre as ferramentas da qualidade destacam-se: *Brainstorming*, 5W2H, 5 porquês e diagrama e matriz de causa-efeito

O *Brainstorming* ou tempestade de ideias é uma ferramenta utilizada nas reuniões realizadas pelo grupo onde os participantes apresentam suas ideias, sem questionamentos dos outros integrantes. O intuito dessa ferramenta é dar liberdade para todos exporem suas ideias, afim de solucionar os problemas das empresas. Na aplicação do *Brainstorming* são levadas em consideração três fases: na primeira é onde todos expõem suas ideias, na segunda são discutidas as informações relativas ao processo produtivo e na terceira e última fase, as ideias propostas são avaliadas pelos participantes (SELEME, 2010).

O 5W2H é a ferramenta que é aplicada através de perguntas elaboradas na língua inglesa que se iniciam com as letras W e H. No primeiro W – *What?* (o quê?) – o que deve ser feito? No segundo W – *Who?* (quem) – quem é o responsável? No terceiro W - *Where?* (onde) – onde deve ser feito? No quarto W – *When?* (quando) – quando deve ser feito? No quinto W – *Why?* (por quê) – por que é necessário fazer? No primeiro H – *How?* (como) – como será feito? No segundo H - *How much?* (quanto custa) – quanto vai custar? As

perguntas são realizadas com o intuito de gerar respostas que esclareçam o problema a ser solucionado ou organizar as ideias solução dos problemas (SELEME, 2010).

De acordo com Fernandes (2016), a ferramenta dos 5 porquês resume-se em realizar a pergunta “por que?” cinco vezes para analisar o problema, para que assim possa encontrar a causa raiz, todavia não é uma regra específica, a causa raiz pode ser identificada antes da realização das 5 perguntas ou até mesmo depois.

O Diagrama e matriz de causa-efeito é uma representação gráfica onde é possível organizar as causas através dos 6M (mão de obra, materiais, medição, método, meio ambiente e máquina), assim é possível correlacionar o efeito com as causas que podem estar ocasionando o problema. O diagrama não identifica as causas do problema, ele organiza de forma prática a busca das causas raízes, atuando como um meio para intensificar o desenvolvimento das possíveis causas que contribuíram para o efeito (DANIEL, 2014).

A Matriz de Causa e Efeito, de acordo com Barbosa (2017), é uma ferramenta que busca através da definição de variáveis de entrada chave – causas, identificar quais destas estão impactando mais diretamente no problema – efeito. Dessa maneira é possível identificar as principais causas e atuar de forma, consistente e eficiente sobre o problema.

3 ESTRUTURA E FUNÇÕES DO FIO CIRCULAR DE ALUMÍNIO ISOLADO COM FITA DE POLIÉSTER

De acordo com o *datasheet* (informações técnicas, do fornecedor) do filme de poliéster, este filme é flexível, forte e duradouro, tornando-se uma boa opção de isolamento para as mais variáveis aplicações industriais. A excelente rigidez dielétrica, resistência à umidade e robustez física tornam o filme de poliéster um material isolante muito versátil e funcional (DUPONT TEIJIN FILMS, 2017).

O fio magneto pode ser fabricado nos formatos retangulares e circulares de cobre ou alumínio, isolado com um filme poliéster. O isolamento do filme de poliéster permite que este produto seja usado em aplicações de altas temperaturas, excelente rigidez dielétrica e resistência mecânica. Este produto está especialmente desenvolvido para aplicação em bobinas de bloqueio, filtros de harmônico, transformadores a seco e eletroímãs, operando em equipamentos elétricos com classe térmica de até 130°C (Informação verbal³).

4 PROCESSO DE FABRICAÇÃO DO FIO CIRCULAR DE ALUMÍNIO ISOLADO COM FITA DE POLIÉSTER

Para obtenção do fio circular de alumínio, é utilizado o processo de extrusora rotativa, utilizando o vergalhão de alumínio liga 1350 de alto padrão. Para este processo através da extrusão obtém-se o fio circular de alumínio recozido, tendo dureza uniforme, superfície isenta de escamas, farpas ou outras irregularidades que prejudiquem o seu desempenho nos equipamentos (Informação verbal³).

Para a obtenção do produto acabado, o fio circular de alumínio deve primeiramente passar pelo processo de extrusão e após esse processo isolar com o filme de poliéster.

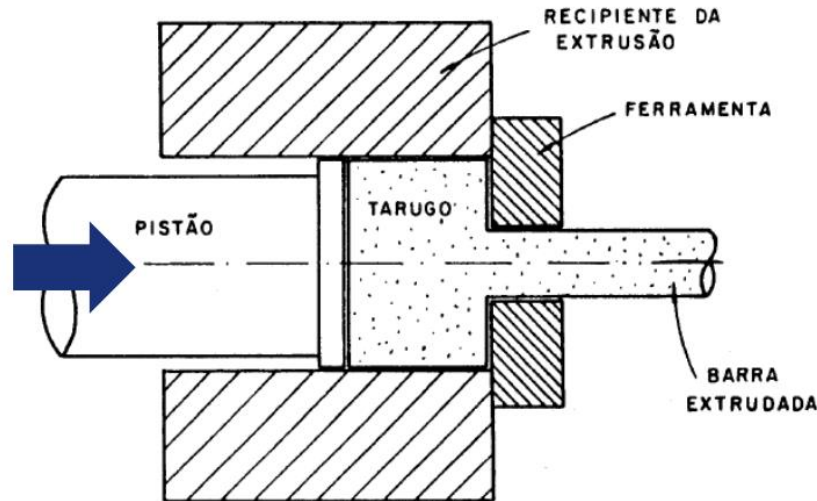
4.1 Processo de extrusão

De acordo com Faria (2019), é um processo de conformação plástica, onde uma peça metálica é pressionada a passar por um canal de matriz por ação de compressão.

³ Informação fornecida por Paulo José de Souza – Ex-Gerente técnico e atual consultor técnico de empresa especializada na fabricação de fio de cobre e alumínio circular ou retangular.

Por meio de altas pressões aplicadas o pistão é acionado pneumáticamente ou hidráulicamente, obtendo a confecção de barras, tubos e até mesmo perfis de geometria complexos, a partir do material fundido ou laminado, normalmente produzido a altas temperaturas, sem processo de encruamento do material (FARIA, 2019).

Figura 1: Processo de extrusão.



Fonte: Faria (2019).

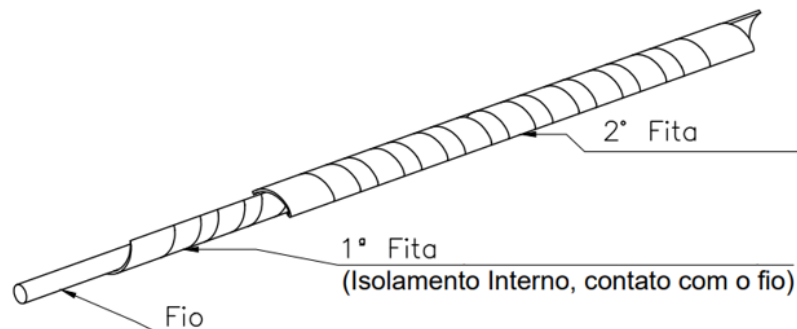
Neste processo, conforme a figura 1, o pistão é acionado sobre o tarugo (material a ser extrudado) forçando sua entrada no ferramental (normalmente uma fieira), que fica no lado oposto do recipiente de extrusão, provocando uma forte ação de atrito entre o material e o recipiente de extrusão, na qual se obtém o material extrudado (MARTINS, 2017).

4.2 Processo de isolamento

Na empresa estudada, o processo de isolamento, é onde o fio será encapado na máquina enfaixatriz com as fitas de poliéster, que isolará o condutor elétrico, fazendo com que a corrente elétrica transite sem contato direto com o equipamento, protegendo de eventuais acidentes e incidentes. O isolamento da fita de poliéster permite que o produto seja usado em aplicações que exigem de altas temperaturas, rigidez dielétrica e resistência mecânica.

Na figura 2, é possível visualizar o desenho técnico do produto, o fio de alumínio isolado com a primeira fita de poliéster em contato com o condutor e a segunda fita na direção oposta da primeira, com o intuito de diminuir a possibilidade de a fita abrir no processo do cliente.

Figura 2: Processo de isolamento.



Fonte: Empresa (2021).

5 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA

Este trabalho tem como objeto de estudo uma empresa metalúrgica, especializada na fabricação de fios de cobre e alumínio nu ou isolados, situada em Minas Gerais e que possui, atualmente, mais de trezentos funcionários. Nessa empresa, a realização de projetos CCQ é cultural, todos os anos a própria empresa incentiva os colaboradores a elaborar os projetos, com o objetivo de proporcionar às pessoas a oportunidade de contribuir consistentemente com a melhoria da organização.

Dessa forma, o grupo foi formado com colaboradores que atuam no processo, a fim de facilitar a compreensão das necessidades da linha de produção. Na primeira reunião realizada entre os integrantes da equipe foi definido através da ferramenta *brainstorming* o problema a ser trabalhado no projeto, conforme tabela 1:

Ranking	Possíveis problemas	Sugerida por:	Participantes					Total
			Critério: 1 - 5					
			Eng. de processo	Analista de Produto	Programador	Operador	Coordenador	
1°	Velocidade de produção do processo de isolamento limitada	Coordenador	5	5	5	5	5	25
2°	Quebras de fitas no processo de isolamento	Eng. de Processo	4	4	5	4	5	22
3°	Manutenção Corretiva	Programador	4	3	3	4	3	17
4°	Fio de entrada com danos mecânicos	Operador	3	2	4	2	3	14

Fonte: O autor.

Conforme votação utilizando critério de 1 a 5, quanto maior valor mais crítico para o processo, o problema a ser trabalhado no projeto foi, velocidade de produção do processo de isolamento limitada, uma vez definido o problema o mesmo vai ser analisado e estudado.

5.1 Observação do problema

Ao analisar o processo de isolamento em questão, verificou-se que o processo estava operando com baixa produtividade, ou seja, ele não estava atendendo à capacidade de produção mensal adequada, com isso foi realizado o cálculo da capacidade produtiva total, conforme tabela 2, onde a capacidade da máquina foi obtida pela equação 1.

$$\text{Capacidade Produtiva} = D^2 \times ef \times v \times 3,06 \times 30 \quad (1)$$

Onde “D” é o diâmetro médio e é obtido através da média dos fios produzidos na máquina; “ef” é a eficiência, que é obtida através do rendimento da máquina, considerando as paradas ocorridas durante o processo produtivo; “v” é a velocidade com que a máquina opera; “3,06” é o fator de produção para o metal alumínio, calculado pela massa produzida em 24 horas; “30” é a quantidade de dias para obter resultado mensal.

MÁQUINA	DIÂMETRO MÉDIO (mm)	EFICIÊNCIA (%)	VELOCIDADE (m/min)	CAPACIDADE DE MÁQUINA/MÊS (kg)	CAPACIDADE DE MÁQUINA/ANUAL (kg)
1	4,361	70	5,69	6.953,85	83.446,17
2	4,361	70	5,69	6.953,85	83.446,17
3	4,361	70	5,69	6.953,85	83.446,17
4	4,361	70	5,69	6.953,85	83.446,17
TOTAL				13.907,69	166.892,34

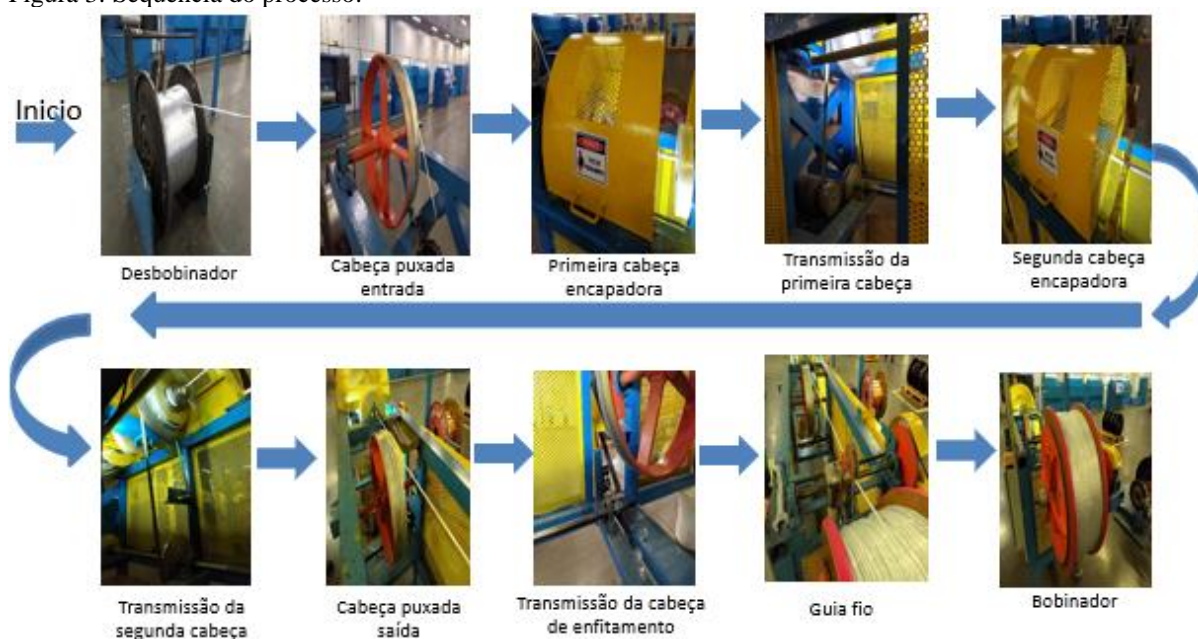
Obs.: Foi considerado para o total apenas 2 máquinas, pois 1 operador é responsável por 2 máquinas

Fonte: O autor.

Com os cálculos da tabela 2 foi obtida a capacidade de produção mensal e anual de 6.953,85 e 83.446,17 quilogramas respectivamente, por máquina. É importante destacar que o total é dado pela soma de apenas duas máquinas, pois um operador é responsável simultaneamente por duas máquinas.

Após calcular a capacidade produtiva, foi realizada uma inspeção no processo, representado na figura 3, a qual verificou que a máquina estava operando em baixa velocidade.

Figura 3: Sequência do processo.



Fonte: O autor.

Para melhor visualização do problema e detecção das causas, foi proposto uma análise das possíveis causas, por meio das ferramentas de qualidade.

5.2 Análise do problema

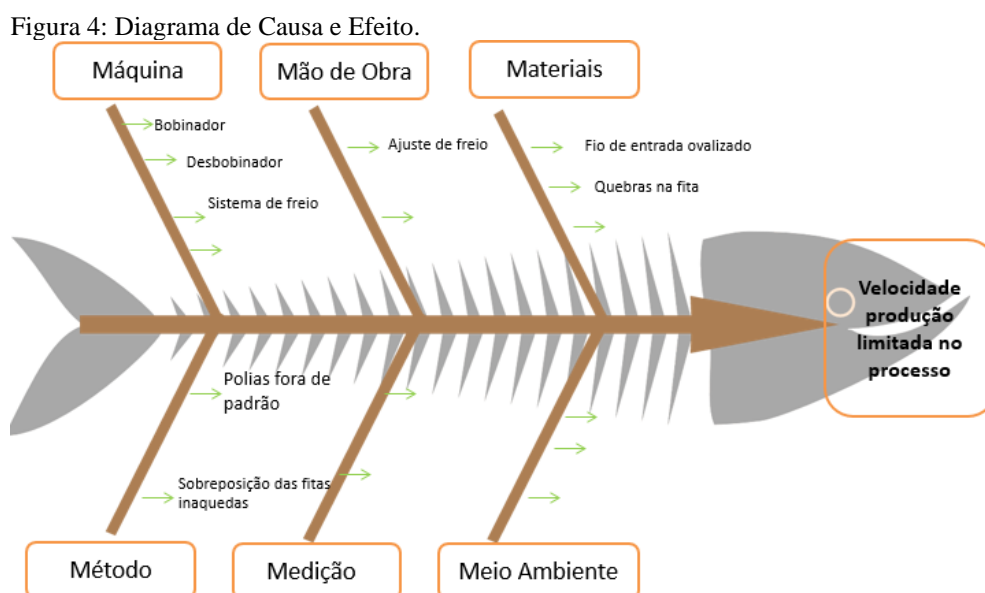
Foi realizado um *Brainstorming* com os gestores da área para levantamentos das possíveis causas do problema, conforme tabela 3:

Tabela 3: FORMULÁRIO DE BRAISNTORMING.								
Ranking	Possíveis problemas	Sugerida por:	Participantes					Total
			Critério: 1 - 5					
			Eng. de processo	Analista de Produto	Programador	Operador	Coordenador	
1º	Quebras nas fitas	Eng. de processo	5	4	5	4	4	22
2º	Sobreposição das fitas inadequadas	Analista de Produto	4	5	4	4	3	20
3º	Polias fora de padrão	Programador	3	2	4	2	4	15
4º	Fio de entrada ovalizado	Operador	3	4	2	4	2	15
5º	Bobinador	Coordenador	3	2	1	3	4	13
6º	Desbobinador	Eng. de processo	4	2	2	1	3	12
7º	Sistema de freio	Operador	2	2	2	3	1	10
8º	Ajuste de freio	Coordenador	1	2	2	2	3	10

Fonte: O autor.

Com as possíveis causas levantadas, foi realizada uma votação para determinar a princípio as principais causas.

Após o *Brainstorming* foi aplicado o Diagrama de Ishikawa de acordo com figura 4, o qual permitiu uma organização das causas, analisando todos os fatores que envolvem o problema, de acordo com os 6Ms.



Fonte: O autor.

Após a organização das causas, foi criada a matriz de causa e efeito, com o intuito de correlacionar as variáveis de entrada com as de saída de acordo com as necessidades do processo, pois ao fazer isso é possível chegar nas causas raízes que diminuem a produtividade da máquina.

Tabela 4: Matriz de causa e efeito das três maiores causas.

CLASSIFICAÇÃO					
	1	2	3	4	
Grau de importância para o cliente (Interno / Externo)					
Nota 1 - Menos Importante / Nota 10 - Mais Importante					
Variáveis de Saída (Defeitos - Y)					
	Melhoria da Produtividade (Eliminação de desperdícios no processo)	Redução da variação (variabilidade) do processo	Satisfação do cliente (interno e externo)	Impacto nos indicadores de qualidade (MOS)	Total
ID	Variáveis de Entrada (Causas Potenciais - X)	1 - Sem Correlação 3 - Baixa Correlação	6 - Média Correlação 9 - Alta Correlação		
1	Sobreposição inadequada das fitas	9	9	9	9
2	Fio de entrada ovalizado	9	9	6	9
3	Quebras na fita	9	9	6	6

Fonte: O autor.

Na tabela 4, é demonstrado apenas as três maiores, dentre todas, causas potenciais, pois são as que serão discutidas no estudo. Foi dado os graus de importância pelos clientes externos e internos, que é usado para o produto com as notas de correlação entre as variáveis de entrada e saída, onde é obtido por avaliação dos gestores, com isso obtêm-se o total de cada causa potencial, sendo, para sobreposição das fitas inadequadas, 324, para fio de entrada ovalizado, 294 e para quebras na fita, 270.

Para identificar as causas-raízes de cada causa, foi elaborada a técnica dos cinco por quês, conforme os quadros 1, 2 e 3, onde é possível chegar a uma causa raiz ao repetir a pergunta “por quê?”

Quadro 1: 5 porquês da causa 1.

Causa: Sobreposição das fitas inadequadas				
1° por quê	2° por quê	3° por quê	4° por quê	5° por quê
Transmissão estava incorreta	Polia fora do padrão	Desgaste da vida útil	Polia de transmissão fora do padrão	—

Fonte: O autor.

Quadro 2: 5 porquês da causa 2.

Causa: Quebras na fita				
1° por quê	2° por quê	3° por quê	4° por quê	5° por quê
Material com imperfeição e rebarbas nas faces	Devido ao corte incorreto da fita	Não tinha um padrão definido	Processo não tinha um padrão definido	Corte da fita sem padronização

Fonte: O autor.

Quadro 3: 5 porquês da causa 3.

Causa: Fio de entrada ovalizado				
1° por quê	2° por quê	3° por quê	4° por quê	5° por quê
Ocorreu uma variação do dimensional	Porque houve uma variação do condutor	Porque o condutor não estava estirando o necessário para atender ao processo	Porque houve variação no processo de extrusão	Varição no processo de extrusão

Fonte: O autor.

Tendo as causas-raízes identificadas, foi realizado um plano de ação baseado na ferramenta 5W2H, demonstrado no quadro 4.

Quadro 4: Plano de ação 5W2H.

PLANO DE AÇÃO					
O QUE FAZER?	COMO FAZER?	QUEM VAI FAZER?	ONDE FAZER?	QUANDO FAZER?	QUANTO CUSTA
Alterar o fluxo de processo, de extrusão para trefilação e recozimento em forno <i>Batch</i> .	Produzindo o fio nu na máquina Trefiladora do 4 AWG ao 11 AWG	Eng. de Processo	Trefilação	2021	R\$ -
Padronizar as polias conforme o padrão de cada AWG.	Retificando as polias	Operador do Torno	Manutenção	2021	R\$ -
Desenvolver padrão em conjunto com o fornecedor	Acompanhando o processo de enfitamento	Engenheiro de Processo	Máquina Encapadora	2021	R\$ -

Fonte: O autor.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para concretizar o plano de ação foi utilizado a metodologia do antes e depois, tendo como resultado as figuras 5, 6 e 7.

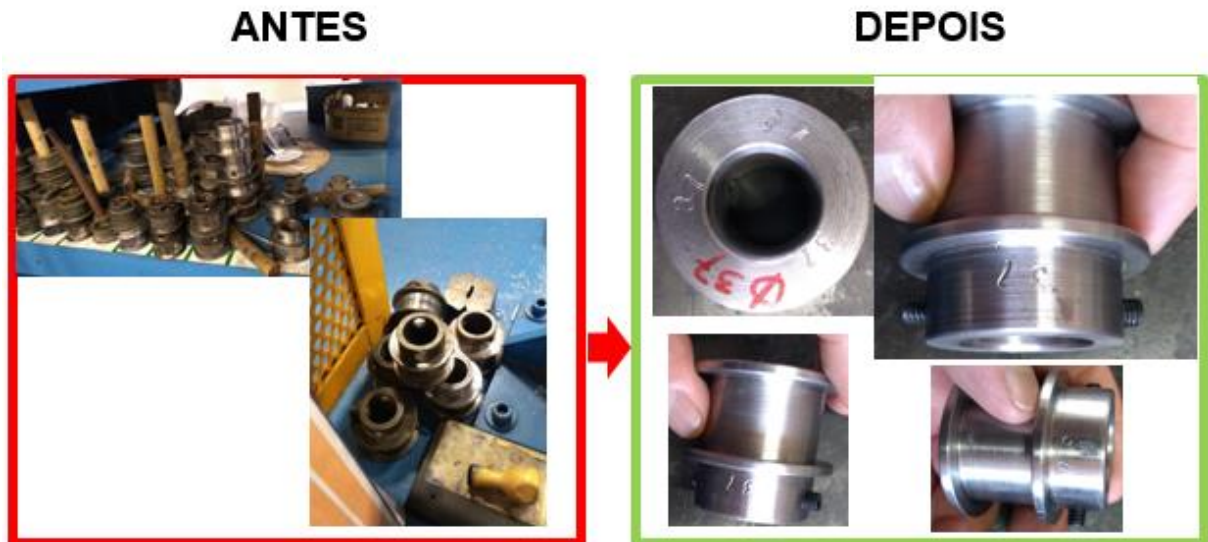
Figura 5: Alteração do fluxo do processo de extrusão para trefilação e recozimento em forno *batch*.



Fonte: O autor.

Na figura 5 tem-se que o fluxo que antes era de extrusão passou a ser de trefilação, devido às variações do diâmetro do fio circular, o qual ficava ovalizado. Com a alteração obteve-se uma melhor precisão dimensional, devido ao processo de trefilação e recozimento em forno *batch*.

Figura 6: Padronização das polias conforme o padrão de cada AWG.



Fonte: O autor.

Como não havia padronização de acordo com a escala americana de bitolas de fios (AWG), cada operador realizava o *setup* com uma polia diferente, afetando o rendimento da máquina. Dessa forma, foi realizada a padronização de cada polia de acordo com escala AWG.

Figura 7: Desenvolvimento do padrão em conjunto com o fornecedor.

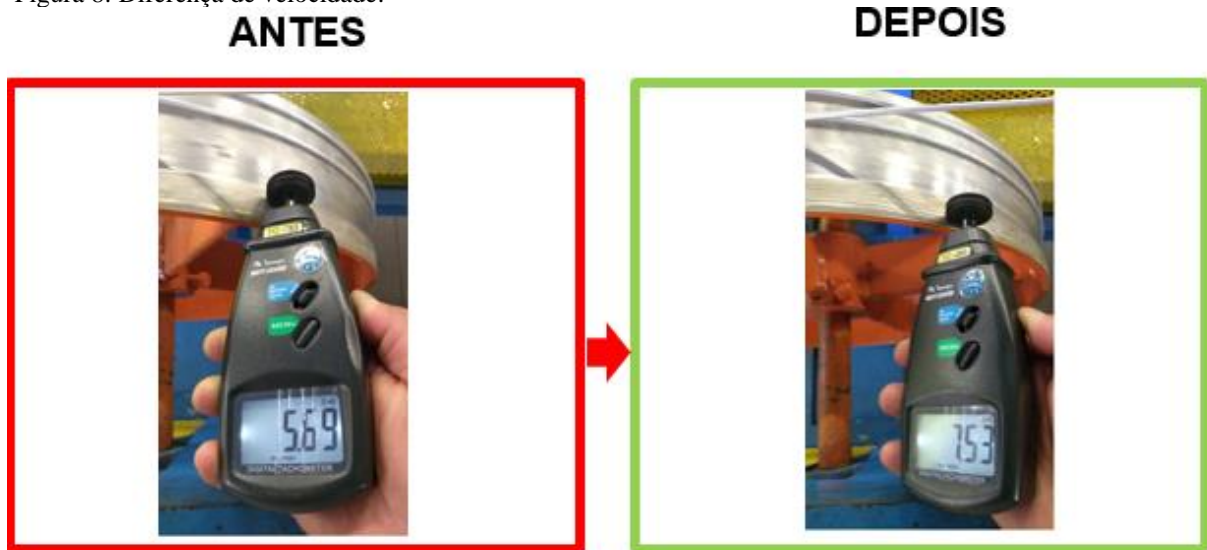


Fonte: O autor.

Como estavam ocorrendo quebras nas fitas durante o processo de isolamento devido as irregularidades em sua face, foi solicitado ao fornecedor a criação de um padrão onde a superfície dos rolos de filme estejam lisas, sem ondulações.

Após as ações realizadas foi constatado, conforme figura 8, um aumento de velocidade na máquina, consequentemente, um aumento na capacidade produtiva.

Figura 8: Diferença de velocidade.



Fonte: O autor.

E na figura 9 foi elaborado um comparativo, da capacidade produtiva, entre o antes e depois e os ganhos financeiros do projeto.

Figura 9: Comparativo de capacidade produtiva.

PERÍODO ANTERIOR AS MUDANÇAS					
MÁQUINA	DIÂMETRO MÉDIO (mm)	EFICIÊNCIA (%)	VELOCIDADE (m/min)	CAPACIDADE DE MÁQUINA MENSAL (kg)	CAPACIDADE DE MÁQUINA ANUAL (kg)
1	4,361	70	5,69	6.953,85	83.446,17
2	4,361	70	5,69	6.953,85	83.446,17
3	4,361	70	5,69	6.953,85	83.446,17
4	4,361	70	5,69	6.953,85	83.446,17
TOTAL				13.907,69	166.892,34
PERÍODO APÓS AS MUDANÇAS					
MÁQUINA	DIÂMETRO MÉDIO (mm)	EFICIÊNCIA (%)	VELOCIDADE (m/min)	CAPACIDADE DE MÁQUINA MENSAL (kg)	CAPACIDADE DE MÁQUINA ANUAL (kg)
1	4,361	70	7,53	9.202,54	110.430,52
2	4,361	70	7,53	9.202,54	110.430,52
3	4,361	70	7,53	9.202,54	110.430,52
4	4,361	70	7,53	9.202,54	110.430,52
TOTAL				18.405,09	220.861,04
RESULTADO					
AUMENTO PRODUTIVIDADE		INGRESSO MARGINAL		AUMENTO DE PRODUTIVIDADE/MÊS (kg)	AUMENTO DE PRODUTIVIDADE/ANO (kg)
32,34%		R\$ 3,98		4.497,39	53.968,70
				GANHO FINANCEIRO MENSAL	GANHO FINANCEIRO ANUAL
				R\$ 17.899,62	R\$ 214.795,43

Fonte: O autor.

Com a figura 9 foi possível comparar as capacidades produtivas de antes e depois de realizar as ações de melhoria, portanto, pode-se analisar o fator que ocasionou tal mudança, sendo este, a velocidade, que antes era de 5,69 e passou a ser de 7,53 metros por minuto. Com isso foi calculado o ganho de produtividade, sendo de 4.497,37 quilogramas mensais, o que corresponde a um aumento de 32,34% da capacidade produtiva, também, tendo o ingresso marginal do item médio produzido, fornecido pelo setor de custos, foi possível estimar o ganho financeiro, o qual se encontra em aproximadamente 18 mil reais por mês.

6.1 Padronização

Com o intuito de padronizar o processo para que os problemas ocorridos não voltem a acontecer, foram realizadas algumas ações no processo produtivo, a fim de garantir uma melhor forma do colaborador executar o trabalho. Com a padronização das polias e o controle no dimensional do condutor, foi incluído na pasta de documentos da máquina e no SGI (Sistema Gestão Integrada) a tabela 5.

Tabela 5: Tabela de especificação do fio nu de alumínio.

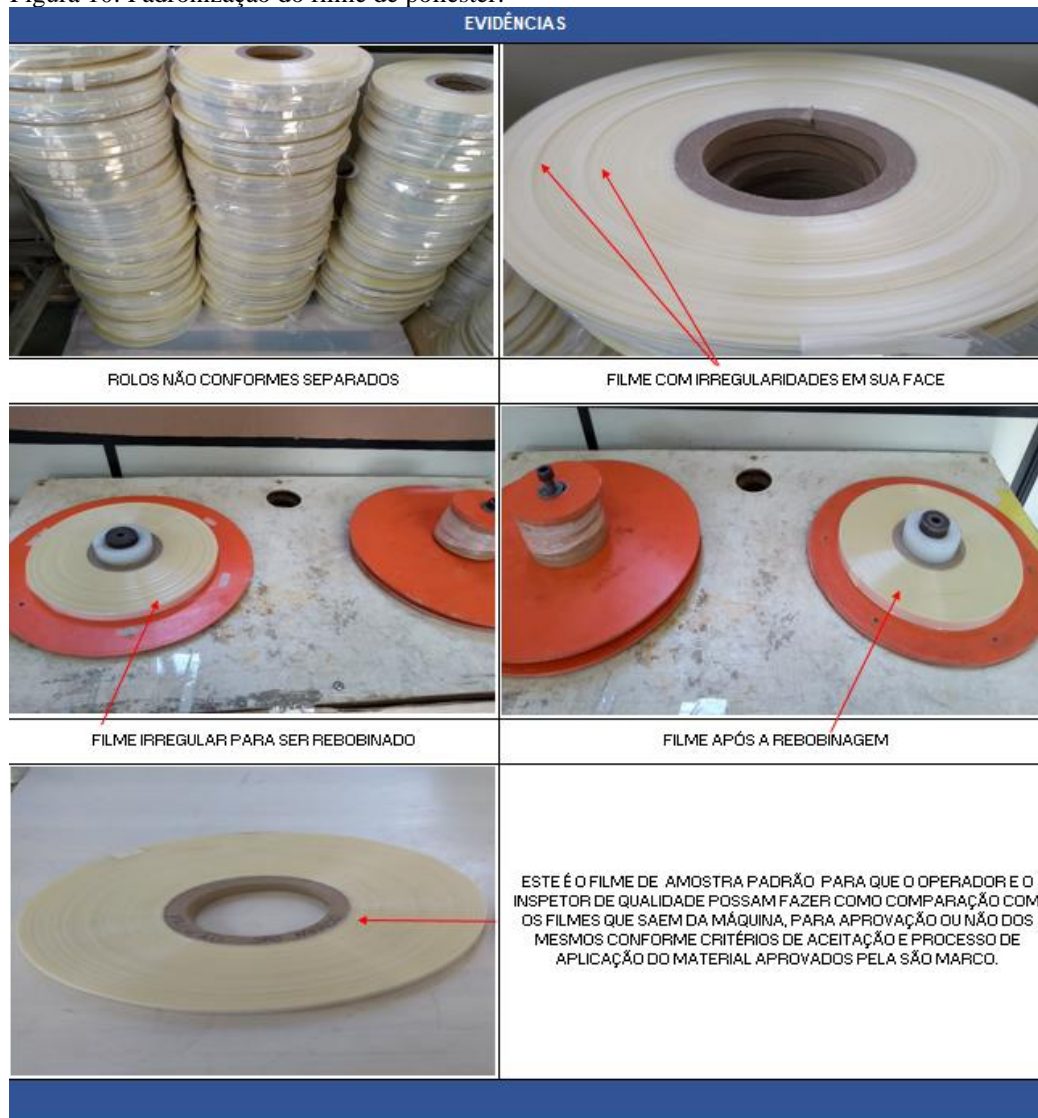
Escala (AWG)	Dimensional mínimo do condutor (mm)	Nominal (mm)	Dimensional máximo do condutor (mm)	Ovalização máxima (mm)	Diâmetro da polia (mm)
11	2,316	2,304	2,328	0,012	29
10,5	2,454	2,442	2,466		31
10	2,601	2,588	2,613		33
9,5	2,757	2,743	2,769		35
9,0	2,921	2,906	2,933		37
8,5	3,105	3,080	3,117		39
8,0	3,280	3,264	3,292		41
7,5	3,475	3,458	3,487		43

Fonte: Empresa (2021).

Com a inclusão deste documento na máquina, os operadores durante a realização do *setup* montam a máquina de acordo com o padrão correto, tanto da polia quanto do condutor.

Com relação ao fornecimento da fita de poliéster foi aberto um MASP (Método de Análise e Solução de Problemas) junto ao fornecedor para criação de um padrão de fornecimento, conforme figura 10.

Figura 10: Padronização do filme de poliéster.



Fonte: Empresa (2021).

Com o padrão de fornecimento definido e a qualidade das entregas dos filmes de poliéster mantidas é possível isolar os fios de alumínio sem que haja quebras na linha de produção, garantindo um melhor rendimento da máquina, assim é possível produzir o material com alta qualidade gastando menos tempo e dinheiro.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo, notou-se a importância de observar e analisar o problema considerando as diversas ferramentas de qualidade disponíveis. Isso possibilitou um melhor embasamento à tomada de decisão sobre as ações mais importantes a serem realizadas.

Pode-se afirmar que com as melhorias efetuadas a empresa melhorou seus resultados financeiros, onde a produtividade da máquina aumentou em 32,34% e conseqüentemente obteve-se um aumento financeiro da ordem de R\$18.000,00 por mês. Com as melhorias atingidas é possível que o PCP possa dar prazos menores para os clientes, os operadores fiquem motivados com os equipamentos dentro do padrão. E com as ações tomadas, processo otimizado e padronizado, conseqüente os gastos foram reduzidos.

Sugere-se que estudos futuros apresentem uma aplicação mais abrangente das ferramentas da qualidade, como também a aplicação da metodologia em empresas de outros segmentos, não apenas metalúrgicas.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA, Artur. **Matriz de causa e efeito**: confira os passos para sua aplicação: Kitemes, 2017. Disponível em: < <https://www.kitemes.com.br/2017/07/31/matriz-de-causa-e-efeito-confira-os-passos-para-sua-aplicacao/>>. Acesso em: 14 out. 2021.
- CARVALHO, Marly M. de. et al. **Gestão da qualidade**: teoria e casos. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.
- DANIEL, Érica Albina. et al. Levantamento bibliográfico do uso das ferramentas da qualidade. **Gestão e conhecimento**, Poços de Caldas, p. 24-25, dez. 2014. Disponível em: < https://www.pucpcaldas.br/graduacao/administracao/revista/artigos/v2014/Artigo16_2014.pdf >. Acesso em: 14 out. 2021.
- DUPONT TEIJIN FILMS. **Mylar polyester film**, 2017. (Datasheet). Disponível em: http://usa.dupontteijinfilms.com/wpcontent/uploads/2017/01/Mylar_Electrical_Properties.pdf. Acesso em: 21 out. 2021.
- FARIA, Dr. Alfredo R. de. *et al.* Extrusão e forjamento. **Instituto tecnológico de aeronáutica**, 2019. Disponível em: < http://www.mec.ita.br/~arfaria/MT717_05.pdf>. Acesso em: 15 out. 2021.
- FERNANDES, Alene Flávia Silva. *et al.* Ferramentas da qualidade: aplicação em uma indústria de embalagens plásticas para redução de quebras nas máquinas extrusoras. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 36., 2016, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: ENEGEP, 2016. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_227_328_29728.pdf>. Acesso em: 13 out. 2021.
- MAGALHÃES, Juliano. **As 7 ferramentas da qualidade**. São Paulo, 2009. Disponível em: < http://siseb.sp.gov.br/arqs/9%20-%207_ferramentas_qualidade.pdf>. Acesso em: 07 out. 2021.
- MARTINELLI, Fernando B. **Gestão da qualidade total**. Curitiba: Qualitert, 2009.
- MARTINS, Prof. Luis Fernando Maffeis. **Tecnologia em materiais**: metalurgia física tecnologia da conformação plástica. 2017. Disponível em: < <http://www.maffeis.eng.br/wp-content/uploads/2017/08/TCP-MF-aula-15.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2021.
- OAKLAND, John S. **Gerenciamento da qualidade total**. São Paulo: Nobel, 1994.
- SELEME, Robson. et al. **Controle da qualidade**: as ferramentas essenciais. Curitiba: IBPEX, 2010.