

MELHORIA DA QUALIDADE NO PROCESSO DE EXTRUSÃO: em uma indústria de cabos elétricos

Tamara Lino Pereira¹
Nancy Christiane Ferreira Silva²

RESUMO

Este trabalho aborda a melhoria da qualidade no processo de extrusão em uma indústria de cabos elétricos. Tal abordagem se faz necessária porque o processo de extrusão é muito complexo, e sofre com inúmeras variáveis que representam custos significativos quanto ao desperdício de matéria-prima. O objetivo deste trabalho é confirmar e mensurar a alta taxa de variabilidade, evidenciando as grandes perdas desnecessárias do processo de extrusão, decorrente da ausência de controle do mesmo. Este propósito será conseguido através da revisão bibliográfica, análise de arquivos, entrevistas, observações e aplicações das ferramentas da qualidade nomeadamente: carta de controle, *brainstorming* e diagrama de *ishikawa*, para comprovar as suspeitas iniciais e propor uma melhoria para o processo. A análise demonstrou que a variabilidade é um fator grave no processo de extrusão e que as causas são decorrentes da ausência de controle do processo, implicando nas perdas de matéria-prima. Porém é possível reajustar o processo através de controle estatístico de processo, com ferramentas *on-line* que demonstram de forma detalhada o comportamento da produção na extrusora, possibilitando uma ação rápida de controle do mesmo.

Palavras-chave: Qualidade. Extrusão. Cabos elétricos. Ferramentas da qualidade.

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho demonstra a necessidade de implantação de um controle estatístico de processo para a redução dos desperdícios, ocasionados pela alta taxa de variabilidade no processo de extrusão de cabos elétricos quanto seu diâmetro externo.

¹ Graduando em Engenharia de Produção no Centro Universitário do Sul de Minas. E-mail: tamaralino@hotmail.com

² Doutora em Ciências com ênfase em estatística. Docente no Centro Universitário do Sul de Minas. E-mail: nancy@unis.edu.br

Tal abordagem se faz necessária justamente porque o processo de extrusão de cabos elétricos é muito complexo e sofre com inúmeras variáveis que representam custos significativos quanto ao desperdício. A ênfase para buscar melhorias da qualidade deve ser concentrada em melhoramentos contínuos, atitudes que, promovidas continuamente, permitam reconhecer os problemas, priorizar ações corretivas, implantá-las e dar sequência a postura pró-ativa, agindo corretamente (Silva, 1999). A utilização do controle estatístico de processo não garante a resolução de todos os problemas de processo, mas garantem de uma forma correta e lógica a organizar e determinar onde existe o problema e direcionar qual o caminho a seguir para atingir a melhoria.

O Controle Estatístico de Processo (CEP) pode ser considerado um conjunto de ferramentas de monitoramento on-line da qualidade para obter a eficiência do processo. Segundo Alencar (2004 apud Lima, 2006, pág. 178) Tais ferramentas demonstram uma descrição detalhada do comportamento do processo, identificando sua variabilidade e possibilitando seu controle ao longo do tempo, através da coleta contínua de dados e da análise e bloqueio de possíveis causas especiais, responsáveis pelas instabilidades do processo em estudo, conforme dados de nossos estudos.

É importante ressaltar a contribuição desse trabalho para auxiliar no direcionamento de problemas similares, problemas estes que podem ser complexos, mas que a resolução do mesmo permite uma ação simples de identificação e correção para a melhoria do processo.

O objetivo desse estudo é confirmar e mensurar a alta taxa de variabilidade e as grandes perdas desnecessárias no processo de extrusão, decorrente da ausência de controle do mesmo. Identificar as possíveis causas dessa variabilidade dimensional através de algumas das ferramentas da qualidade como o diagrama de *ishikawa* e *brainstorming*, realizando a aplicação dos conceitos do controle estatístico de processo e a partir de sua aplicação propor ações corretivas para o processo de extrusão, buscando uma forma de gerenciar o mesmo para obter a qualidade desejada e reduzir custos com desperdícios.

2 REFERENCIAL

2.1 Qualidade

A definição de qualidade é bastante subjetiva, está relacionada à percepção de cada um com diversos fatores como: cultura, produto, serviço prestado e etc. A qualidade teve suas evoluções ao longo dos anos, passando por transformações de conceito e percepção quanto ao

seu significado. Segundo Rodrigues (2010) A partir do século XVI acontece a Revolução Mercantil, o que possibilitou a integração de várias sociedades através de trocas de produtos. Na época o artesão era a unidade produtiva e cada sociedade tinha o seu artesão, com seus produtos, qualidades e com características específicas. Com essa troca entre as sociedades foi possível que um consumidor conhecesse o diferencial dos produtos fabricados. Assim qualidade passa ser associada a valores percebidos por clientes.

Segundo Rodrigues (2010) Posteriormente por volta do século XX, surgiu a revolução industrial, com uma produção em série mais padronizada e uniforme quanto aos processos e produtos. Essa fase se caracterizou pelo aumento de produção, mas com uma qualidade final do produto prejudicada, tendo como principal motivo a perda de controle de produção dos responsáveis já que o controle de vários processos era de responsabilidade dos mesmos. Nessa fase da produção, houve uma despersonalização do produto, característica marcante no período anterior.

Segundo Rodrigues (2010) Surgiu-se então a necessidade do controle de qualidade do produto final. Durante a segunda guerra mundial surgiu as indústria bélicas nucleares com a produção de mísseis e ogivas nucleares. Devido o alto poder destrutivo qualquer defeito neste tipo de armamento, poderia causar uma grande catástrofe. O processo de controle da qualidade já existente passou a ser insuficiente, já que não bastava o controle do produto final, mas era necessário garantir a qualidade de todo o processo produtivo do mesmo.

De acordo com Lucinda (2010) Após a segunda guerra mundial o foco passou a ser a qualidade do processo, foi quando *Walter Andrew Shewhart* cria um sistema para mensurar a variabilidade na linha de produção, que ficou conhecido como controle estatístico de processo. Criou-se a inspeção por amostragem e o desenvolvimento de setores da qualidade nas indústrias.

Segundo Montgomery (2004) Após a segunda guerra mundial se identificou uma grande expansão e aceitação dos controles estatísticos da qualidade nas indústrias e que a experiência de guerra tornou-se claro que as técnicas estatísticas eram necessárias para controlar e melhorar a qualidade do produto.

De acordo com Rodrigues (2010) A definição da qualidade pode ser expressa de várias formas.

Quadro 1- Definições da Qualidade

“Qualidade é a capacidade de satisfazer desejos”. – Deming
“Qualidade é a adequação ao uso”. – Juran
Qualidade é satisfazer ao cliente, interno ou externo, atendendo ou excedendo suas expectativas, através da melhoria contínua do processo. – Ishikawa
“Qualidade é ir ao encontro das necessidades do cliente”. – Crosby
“Qualidade é um conjunto de características do produto ou serviço em uso, as quais satisfazem as expectativas do cliente”. – Feigenbaum
“Qualidade é minimizar as perdas causadas pelo produto, não apenas ao cliente, mas a sociedade, em longo prazo”. – Taguchi

Fonte: Adaptado de Rodrigues (2010).

Com o passar do tempo os conceitos e as práticas desrespeito a qualidade foi se aperfeiçoando, possibilitando o surgimento de técnicas mais precisas relacionadas ao processo como um todo. Segundo Oliveira (2003) Todos os avanços da qualidade possibilitou o surgimento da era da qualidade total, no qual se enquadra o período que estamos vivendo, tendo como principal característica “Que a empresa passa a ser responsável pela garantia da qualidade dos produtos e serviços.”.

2.1.1 Ferramentas da Qualidade

Ferramentas da Qualidade são as técnicas utilizadas nos processos de Gestão da Qualidade, que possibilitam a análise de fatos e a tomada de decisão com base em dados, certificando que a decisão é a mais indicada.

De acordo Carvalho e Paladini (1994, p. 41),

[...] ferramentas da qualidade trata-se de dispositivos, procedimentos gráficos, numéricos ou analíticos, formulações práticas, esquemas de funcionamento, mecanismo de operação, enfim, métodos estruturados para viabilizar a implementação de melhorias no processo produtivo. Em geral, a ferramenta não tem grande alcance, fixando-se mais em um setor produtivo, enfatizando a operação de um equipamento, a forma de executar uma atividade ou método específico de avaliação do produto ou do processo.

2.1.2 *Brainstorming*

É uma técnica de utilização em grupo, muito dinâmica que tem por objetivo colher o maior número de ideias relacionado a um determinado problema. Segundo Rodrigues, (2010) *Brainstorming* é uma técnica utilizada para auxiliar a geração de diversas ideias no menor espaço de tempo. Por exemplo, quando estamos analisando determinado problema ocorrido, e desejamos listar possíveis causas que provocaram o problema em foco. O “*Brainstorming*” ou tempestade de ideias deve ser conduzido por um grupo de pessoas para as quais o problema em questão já foi claramente definido. Para o desenvolvimento do “*Brainstorming*”, o grupo se coloca diante de um quadro onde cada participante expõe a sua ideia sobre o tema discutido. Um participante vai anotando as ideias à vista de todos para grupo, segue-se o processo de seleção das ideias, onde cada ideia é analisada e depois é elaborada uma lista final das mais importantes.

Segundo Rodrigues, (2010) o *Brainstorming* segue as seguintes fases:

- a) Fase de Geração: o líder da equipe estabelece as regras e os membros passam a gerar uma lista de ideias;
- b) Fase de Classificação: a equipe repassa toda a lista para ter certeza de que todos entenderam todas as ideias;
- c) Fase de Avaliação: a equipe revê a lista para eliminar as duplicidades ou relevâncias;
- d) Fase Fina: selecionam-se as ideias mais apropriadas ao caso em questão.

2.1.3 *Ishikawa*

Ferramenta gráfica utilizada para facilitar a visualização das causas e efeitos de um problema. Segundo Rodrigues, (2010) O Diagrama de *Ishikawa* também chamado de Diagrama de Causa e Efeito. É um diagrama que visa estabelecer a relação entre o efeito e todas as causas de um processo. Cada efeito possui várias categorias de causas, que, por sua vez, podem ser compostas por outras causas.

O Diagrama de *Ishikawa* é um diagrama que visa estabelecer a relação entre o efeito e todas as causas de um processo, cada efeito possui varias categorias de causas que por sua vez podem ser compostas por outras causas.

- a) Mão de obra: dependem de treinamento, supervisão e motivação.
- b) Máquina: dependem de manutenção, adequação, capacidade e instrumentação.
- c) Material: dependem de estocagem, qualidade, especificação rendimento e perdas.

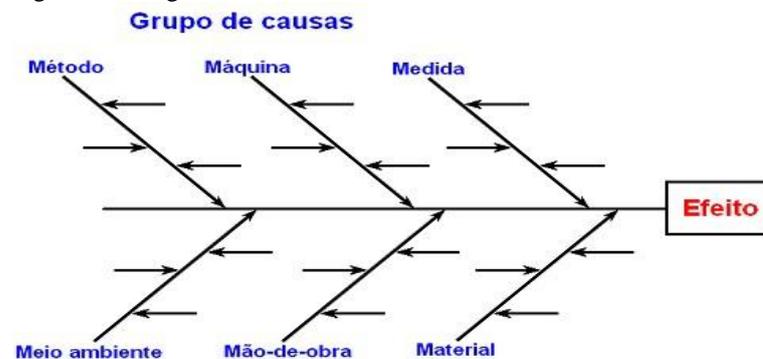
d) Método: dependem de processo de fabricação, fluxo, tolerância e instrumentação.

A elaboração de um Diagrama de Causa e Efeito deve ser feita através um *Brainstorming* envolvendo a equipe de trabalho. Essa ferramenta além de contribuir para a solução do problema motiva o trabalho em equipe e envolvendo os membros com os objetivos organizacionais.

Para construir o gráfico é preciso seguir 6 etapas:

- a) Etapa 1 - Definir e delimitar o problema ou a não conformidade a ser analisada.
- b) Etapa 2 - Convocar a equipe para análise do problema ou não conformidade e definir a metodologia a ser utilizada (fazer uso do *Brainstorming*).
- c) Etapa 3 - Definir as principais categorias e buscar as possíveis causas coletando junto à equipe o maior número possível de sugestões (causas).
- d) Etapa 4 - Construir o diagrama no formato “espinha de peixe” e agrupar as causas nas categorias previamente definidas (mão de obra; métodos; materiais; meio ambiente; ou outras de acordo com a especificação do problema analisado).
- e) Etapa 5 - Detalhar cada causa identificada preenchendo o diagrama
- f) Etapa 6 – Analisar e identificar no diagrama as causas mais prováveis.

Figura 1 – Diagrama de *Ishikawa*



Fonte: PMG&E, 2011.

2.2 Controle Estatístico de Processos

O controle estatístico de processos é um conjunto de ferramentas de monitoramento da qualidade, conseguindo um resultado detalhado do comportamento do processo. A ideia principal do CEP é reduzir a variabilidade do processo.

O Controle Estatístico de Processos (CEP) permite que ações corretivas sejam realizadas antes que não conformidades ocorram, ele ainda responde à pergunta se o processo

está funcionando como deveria ou se está fora das especificações de qualidade e ainda executa ações apropriadas para obter e manter um estado de controle estatístico.

É fundamental conhecer o conceito de variabilidade para se entender e trabalhar com o CEP. A variabilidade estará sempre presente em qualquer processo produtivo, e mesmo que este processo gere produtos da melhor qualidade, a variabilidade das características deste produto sempre vai existir.

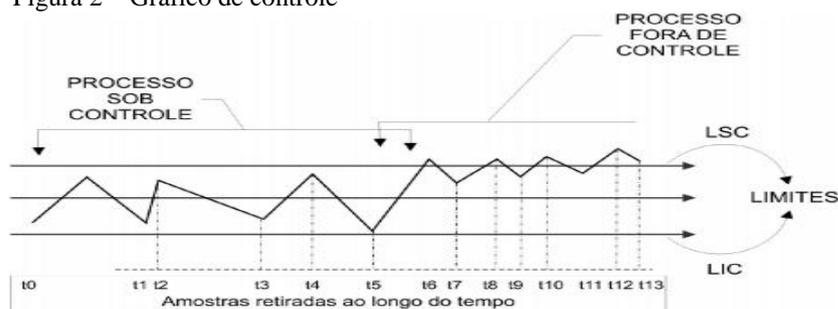
2.2.1 Variabilidade

As oscilações em torno da média de um processo é definida como “variabilidade”, e essa oscilação seja ela grande ou pequena, está relacionado a vários problemas de processo se não controlada. De acordo com Rodrigues (2010) A variabilidade é a oscilação em torno da média ou ponto ideal do processo, é um aspecto fundamental para controle da qualidade. A variabilidade deriva da não uniformidade das matérias primas, habilidades e diferenças entre os trabalhadores e dos equipamentos.

2.2.2 Carta de controle

É uma das principais ferramentas do controle estatístico de processo, tendo como objetivo detectar desvios nos parâmetros do processo e reduzindo o numero de produtos fora de especificações. As cartas de controle consideram dois tipos de limite: limite de especificação e limite de controle. De acordo com Rodrigues (2010) Os limites de especificação (LE) são definidos de acordo com os requisitos do órgão regulador ou cliente e que garantem a consistência e a capacidade do processo. Os limites de controle (LC) indicam a situação desejada e o desempenho do processo

Figura 2 – Gráfico de controle



Fonte: Lima, 2006.

De acordo com Montgomery (2004), A leitura dos gráficos dos gráficos de controle, para que o processo seja considerado sob controle, todos os pontos devem estar dentro dos limites de especificação. Segundo Montgomery (2004), para a definição dos limites de controle é preciso um estudo mais aprofundado do processo, pois é uma das decisões mais crítica que devem ser tomada no planejamento de um gráfico de controle.

De acordo com Montgomery (2004, p.102),

[...] O risco é I, de um ponto cair fora dos limites de controle, indicando uma condição de fora de controle, quando nenhuma causa atribuível está presente. [...] tipo II o risco de um ponto cair entre os limites de controle quando o processo está, na verdade, fora de controle.

Ao afastar os limites de controle, diminuimos o risco do tipo I. Se aumentar o espaço entre os limites de controle, estaremos aumentando o risco do tipo II. De acordo com Montgomery (2004) Devemos determinar o tamanho e frequência de amostragem. Ao se determinar o tamanho da amostra devemos ter a magnitude da mudança que queremos detectar. Se a mudança no processo for grande, devemos usar amostras menores do que se a mudança fosse relativamente pequena. A prática usual pelas indústrias favorece amostras pequenas e mais frequentes.

Segundo Westen Eletric HandbooK (1956, apud Montgomery, 2004, p. 107) sugere algumas regras de decisão para detectar padrões não aleatórios em gráficos de controle.

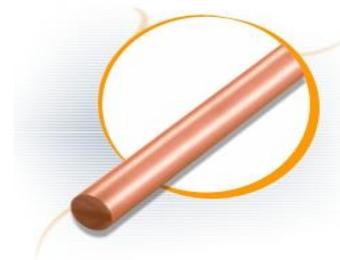
- a) Um ponto se localiza fora dos limites de controle três sigmas;
- b) Dois, em três pontos consecutivos, se localizam além dos limites de alerta de dois sigmas;
- c) Quatro, em cinco pontos consecutivos, se localizam a uma distância de um sigma ou mais em relação a linha central;
- d) Oito pontos consecutivos se localizam de um mesmo lado da linha central.

2.3 O Processo de Fabricação dos Cabos Elétricos

A matéria-prima utilizada na fabricação dos cabos elétricos são os vergalhões de cobre, podendo eles ser nu ou estanhado. O material chega em bobinas que alimentam a máquina de trefilação que seria a primeira fase do processo que consiste em fazer o material passar por um conjunto de fieiras utilizando uma força de tração para que o fio chegue ao diâmetro desejável. Porém com seu diâmetro reduzido sua flexibilidade também se reduz, tornando um fio mais frágil ao manuseio.

Conforme mostra a figura 3, o cabo de cobre nu após o processo de trefilação, que é a primeira etapa do processo.

Figura 3- Desenho de um fio de cobre



Fonte: Decorwatts, 2017.

A segunda é fase de torção do material onde ocorre a união dos fios que se reúnem entre si conforme a quantidade exigida na ordem fabricação-OF formando assim um condutor encordoado (formato semelhante ao de uma corda).

Conforme mostra a figura 4, o cabo já encordoado pronto para seguir na fase de extrusão.

Figura 4- Condutor encordoado



Fonte: Elétrica Paulista, 2017.

Essa estrutura pode se obter de várias formas e assim o condutor apresenta uma flexibilidade maior.

A figura 5 realiza uma comparação do condutor unitário após o processo de trefilação e o segundo cabo já encordoado.

Figura 5- Condutor unitário e encordoado.



Fonte: IPCE, 2007.

A fase de isolamento que é a terceira etapa da fabricação tem a função básica de confinar o campo elétrico gerado pela tensão aplicada em seu interior, evitando os choques elétricos e curtos circuitos. O processo é realizado por uma máquina extrusora onde o condutor recebe uma capa de isolamento de polímeros.

De acordo com Marich (2005, p 52),

Polímero é qualquer material orgânico ou inorgânico, sintético ou natural, que tenha um alto peso molecular e com variedades estruturais repetitivas, sendo que normalmente esta unidade que se repete é de baixo peso molecular. A palavra polímero vem do grego poli, cujo significado é “muito”, e de mero, que quer dizer “parte” ou “unidade” (que se repete).

2.3.1 Extrusão

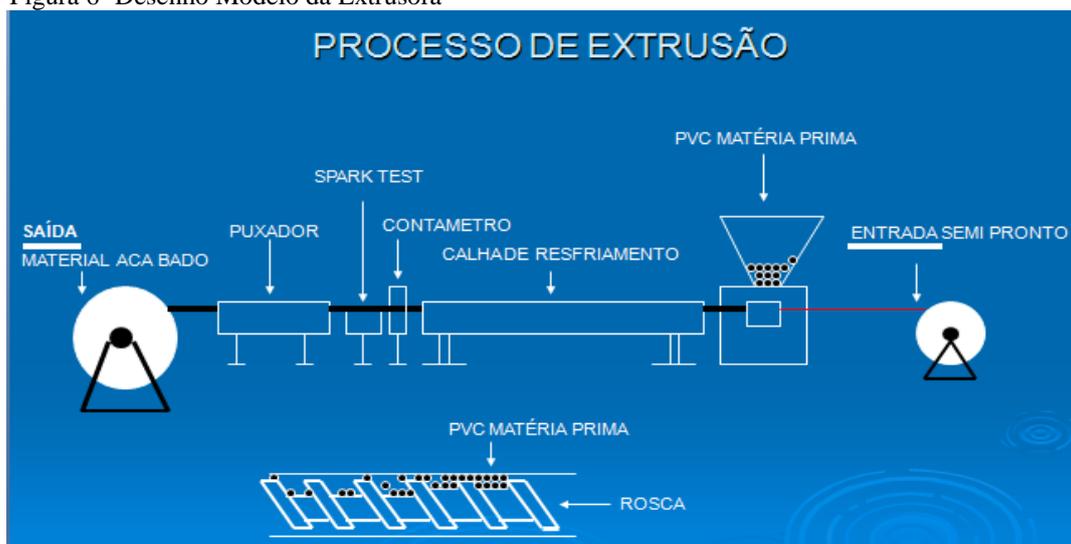
O processo de extrusão é realizado por uma máquina cujo nome é extrusora, que é alimentada por polímeros de forma granulada através de um funil, por consequência da gravidade este polímero cairá sobre uma rosca que será encaminhado para um cilindro aquecido por resistências até seu ponto de fusão. Este polímero é superaquecido e é forçado através dos sulcos profundos da rosca a passar por uma matriz modeladora.

O Processo consiste em três etapas:

- a) Alimentação: nesta etapa o objetivo principal é abastecer a extrusora com os polímeros através da rosca com os sulcos profundos inicialmente e transportá-los para o superaquecimento.
- b) Compressão: esta etapa tem por objetivo comprimir o material nas paredes do cilindro, que cujo mesmo está com alta temperatura e através da rosca que possui sucos profundos inicialmente, vai diminuindo progressivamente promovendo a fusão do material.
- c) Dosagem: o material já no seu ponto de fusão vaza conforme a manutenção permite, através da pressão existente no cilindro acontece a manutenção de vazão.

Conforme mostra a figura 6, um esquema básico de como ocorre o processo de extrusão dos cabos elétricos.

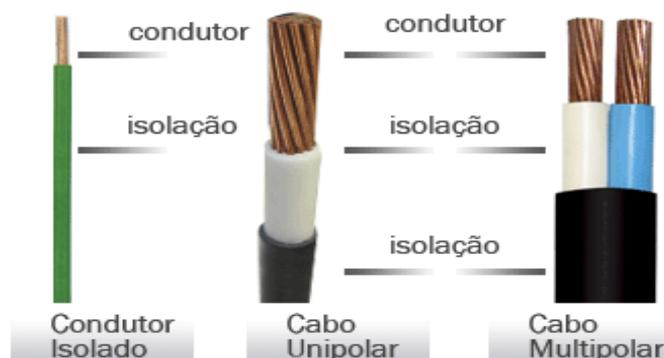
Figura 6- Desenho Modelo da Extrusora



Fonte: O autor.

Após passar por uma matriz modeladora, o material adere à estrutura do cabo elétrico formando assim uma capa ou cobertura de isolamento. O composto isolante mais utilizado é Cloreto de Polivilina (PVC), que possui resistência a agentes químicos e uma característica de não propagação de chama. A figura 7 mostra o resultado final do processo após o cabo ser extrudado.

Figura7: Cabos Isolados



Fonte: IPCE, 2007.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Metodologia

A metodologia que usada neste estudo de caso é com base na metodologia de investigação. Esta é uma metodologia que se baseia no estudo aprofundado de um fenômeno, em que o investigador tem pouco controle sobre os acontecimentos de acordo com Yin (1994 apud Fernandes, 2013, pág. 03).

Os estudos de caso podem ser constituídos por um estudo de um caso único ou ser resultado de múltiplos casos, em que são utilizados diferentes tipos de recolha de dados, tais como análise de arquivos, entrevistas, questionários e observações. As análises podem ser do tipo qualitativo ou quantitativo ou uma combinação das duas (Eisenhardt & M., 1989 apud Fernades 2013, pág. 04).

Inicia-se com a identificação e a priorização dos defeitos registrados com a análise de dados, entrevistas e a observação do processo.

Com a participação ativa dos operadores e chefias dos setores para estudo dos defeitos em sessões de *brainstorming*, que se introduziu ao diagrama de *Ishikawa* para o levantamento das principais causas dos defeitos, estudando possíveis ações corretivas no processo. Paralelamente estimar os custos envolvidos nas falhas dos processos com sucata ou retrabalho na fase de extrusão.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Aplicação da Carta de Controle

Na escolha do produto a ser analisado foi levado em consideração a frequência de produção, ou seja, o cabo elétrico selecionado para estudo, foi o Cabo Flex 105g 1,5mm² conforme mostra a figura 8, que corresponde a 15% da produção atual durante o período de 30 dias.

Figura 8 – Cabo Analisado



Fonte: O autor.

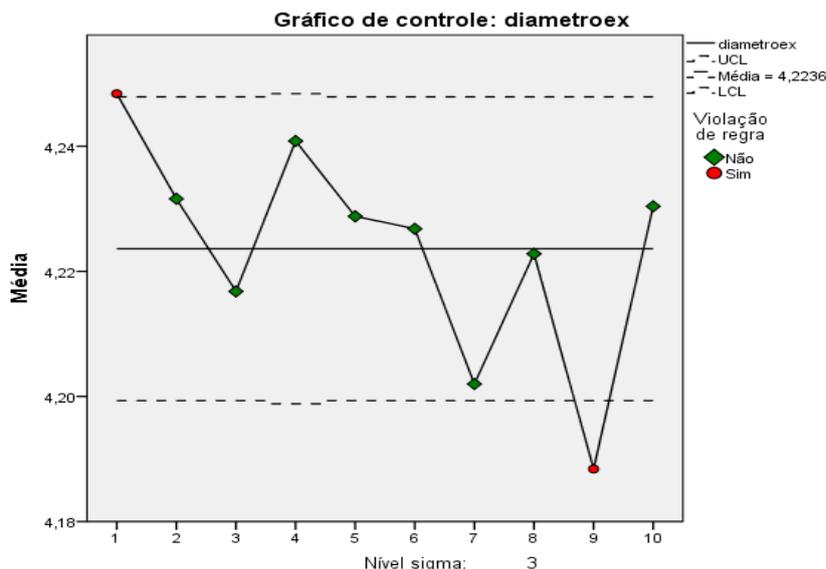
Foi realizada uma coleta de dados com dez fabricações do cabo selecionado em diferentes dias, sendo cada um deles com aproximadamente 4.100 metros. Todos os dados

coletados do processo e especificações estão na ordem de fabricação, contas referentes a média, desvio padrão e amplitude está em anexo (A, B e C).

Essas dimensões externas foram coletadas a cada 150 metros aproximados de produção do cabo, totalizando 25 medições por ordem de fabricação. Esses dados foram organizados para que facilitassem a visualização e confirmasse a suspeita inicial de que este processo tem uma alta taxa de variabilidade. A aplicação das cartas de controle foi realizada de três maneiras, através da média de cada dia de fabricação totalizando dez registros, através da média sequencial da primeira medida até a vigésima quinta medição de todos os dias de fabricação totalizando 25 registros e a carta de amplitude.

A Carta de Controle através da média foi estruturada considerando que cada dia de fabricação fosse um registro, ou seja, a cada 25 medições foram extraídas uma média que totalizou 10 dados para a carta. Conforme mostra o gráfico 1, o processo apresentou uma grande variabilidade e evidenciou dois pontos (de fabricação) fora de controle, sendo eles a fabricação de número 1 e a fabricação de número 9, o que não significa que o restante das fabricações esteja com uma oscilação perfeita, já que não oscilam na linha da média. Este processo que deveria ter pouca variabilidade apresenta o contrário e a ausência de controle dessa variabilidade implica em grandes perdas de matéria prima.

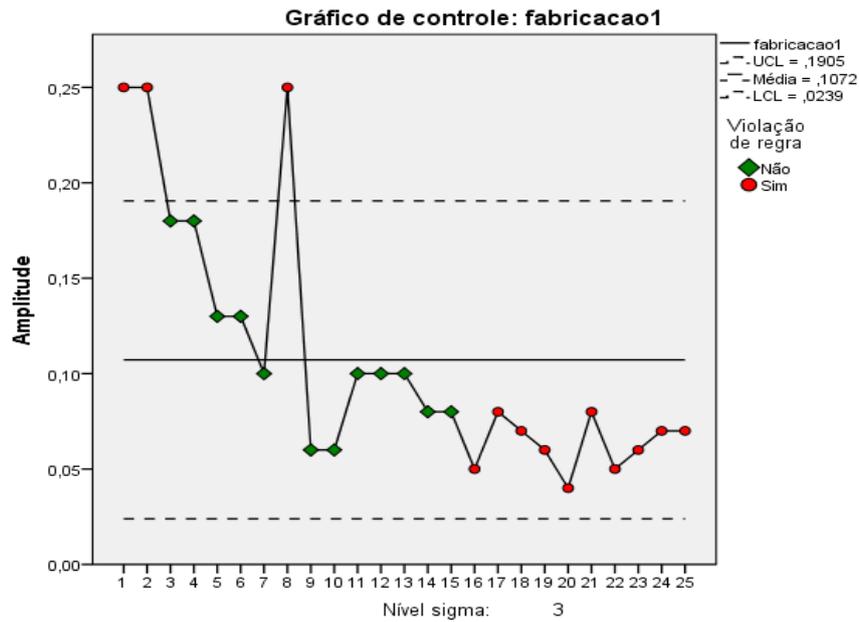
Gráfico 1 – Carta de Controle das Médias



Fonte: O autor.

Conforme mostra o gráfico 2, que é carta de amplitude confirma o mesmo da carta das médias, grandes variabilidades e ausência de controle da produção no processo porém, um número maior de violações das regras de controle solicitadas.

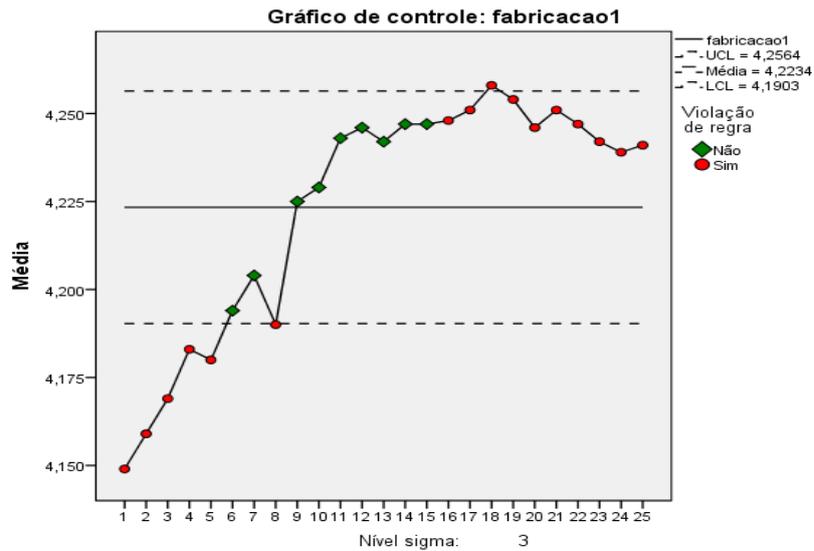
Gráfico 2 - Carta de Amplitude



Fonte: O autor.

A última carta das médias foi estruturada de forma a relacionar as primeiras medições de todos os dez dias distintos de fabricação e assim subsequente até a vigésima quinta medição, extraíndo a média de cada um deles e alimentando a carta de controle com estes dados. Conforme mostra a figura 11.

Gráfico 3 – Carta de Controle das Médias.



Fonte: O autor.

Concluimos que o gráfico 3 revela que até a sexta medição, o processo se mostra totalmente fora de controle considerando a média, e que a partir da sétima medição o processo

entra na faixa de controle em linha ascendente até a medição de número quinze, onde processo oscila fora da linha de base, o que não é esperado de um processo com a variabilidade controlada.

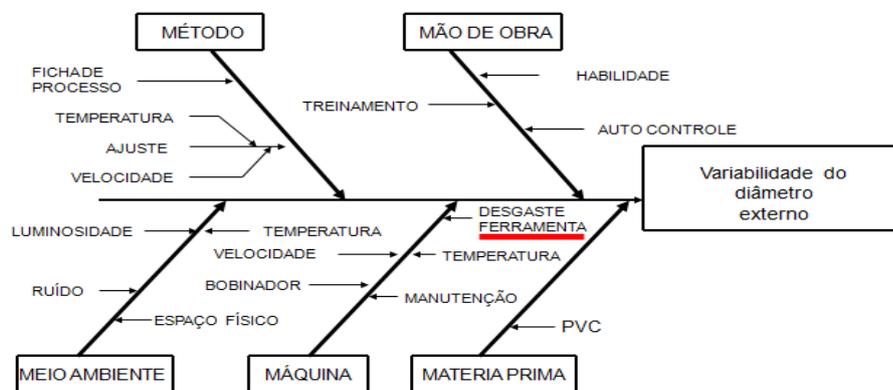
4.2 Diagrama de Ishikawa

Na segunda etapa foram realizadas sessões de *Brainstorming* com operadores e analistas da qualidade para descobrir as causas que pode estar afetando o diâmetro externo dos cabos. O Diagrama de *Ishikawa* conforme a figura 9 apresenta o resultado das sessões de *Brainstorming*.

O processo de extrusão possui um número significativo de variáveis a ser controladas, podem ser levantadas várias hipóteses que estejam relacionadas as variações dos diâmetros externos, mas algumas têm maior influência sobre o processo de variabilidade como:

- Desgaste da Ferramenta:** a limpeza adequada da peça após uso é essencial para que se mantenham as propriedades do material e dimensões. O que é realizado atualmente na empresa é a limpeza através de lixas já que o material é entregue para limpeza com o polímero já endurecido na peça, e causando desgaste da peça alterando o diâmetro do bico.
- Habilidade:** o sistema de regulagem dos parafusos do cabeçote que define a espessura final é realizado pelo operador e é feita através de tentativa e erro, já que o resultado da regulagem só pode ser vista depois que é produzida uma amostra para corte.
- Velocidade da Máquina:** a falta de sincronismo de velocidade da máquina pode gerar irregularidades no cabo e na extrusora.

Figura 9 – Diagrama de Ishikawa
DIAGRAMA DE CAUSA E EFEITO



Fonte: O autor.

5 ANÁLISE ECONÔMICA

Podemos observar que no gráfico 3 a produção do cabo trabalha bem próximo ao diâmetro máximo de especificação e que em alguns casos este valor é ultrapassado, porém o mesmo não é reprovado pela qualidade já que o produto não tem sua função principal afetada. A tabela 1 mostra em percentual a economia de matéria-prima se o cabo tivesse sua variabilidade sob controle, ou seja, trabalhando em cima da linha basal (Média) sem oscilar sobre a linha de especificação máxima.

Tabela 1 – Percentual Econômico

Cabo Elétrico	Quantidade de MP Diâmetro Externo Nominal (kg)	Quantidade de MP Diâmetro Máximo Máximo (kg)	Economia de MP Em %
Cabo Flex 105G 1,5 mm ²	6,62	8,96	26

Fonte: O autor.

O resultado de 26% de economia da matéria-prima refere-se a uma fabricação com 1.000 metros, levando em consideração a soma de todas as fabricações durante os 30 dias de coleta de dados, essa economia é ainda maior ultrapassando 100%, ou seja, se o processo de extrusão produzir os cabos elétricos em seu diâmetro nominal a economia de matéria-prima é enorme, resultando em uma melhoria de processo satisfatória sem afetar a qualidade dos cabos.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O processo de extrusão evidenciou um grande nível de variabilidade com altos índices de oscilação, comprovando a falta de controle do processo que implica no desperdício de matéria prima. Foi analisado somente um cabo durante o estudo de caso, mas é possível perceber que essa falta de controle no processo ocorre em todas as fabricações de diferentes produtos já que as causas definidas através da ferramenta da qualidade nomeadamente diagrama de *Ishikawa* demonstram causas de falha humana decorrente da falta de treinamento ou comodismo dentro da organização.

A fabricação de cabos elétricos necessita de um controle estatístico de processos *on-line*, que permite a fácil identificação quando as variáveis saírem de controle possibilitando a tomada de decisão e ação rápida, para evitar os desperdícios desnecessários ou até perdas do produto acabado. Sendo assim este trabalho atingiu os objetivos desejados inicialmente mesurando a variabilidade, comprovando a ausência de controle do processo e o desperdício de matéria prima quanto a fabricação do cabo fica próxima ao diâmetro máximo de especificação.

Este artigo requer um maior aprofundamento porque os estudos contidos neste trabalho são somente no diâmetro externo, mas o cabo tem todo um processo longo anterior a extrusão externa que precisa ser analisado e melhorado sem comprometer a sua qualidade.

QUALITY IMPROVEMENT IN THE EXTRUSION PROCESS: In an electrical cable industry

ABSTRACT

This work addresses the quality improvement in the extrusion process in an electric cable industry. Such an approach is necessary because the extrusion process is very complex, and suffers from numerous variables that represent significant costs in terms of waste of raw material. The objective of this work is to confirm and measure the high variability rate, evidencing the great unnecessary losses of the extrusion process, due to the absence of control of the same. This purpose will be achieved through bibliographic review, archival analysis, interviews, observations and applications of quality tools namely: control letter, brainstorming and ishikawa, to prove the initial suspicions and propose an improvement to the process. The analysis showed that the variability is a serious factor in the extrusion process and that the causes are due to the absence of process control, implying the loss of raw material. However, it is possible to readjust the process through statistical control of production, with on-line tools that demonstrate in detail the behavior of the production in the extruder, allowing a fast action of control of the same.

Keywords: *Quality. Extrusion. Electrical cables. Quality tools.*

REFERÊNCIAS

EUROBRAS, 2017. Disponível em: <http://www.eurobrascondutores.com.br/produtos/>. Acesso em: 03 out. 2017.

ELÉTRICA PAULISTA, 2017. Disponível em: <https://www.eletricapaulista.com.br/cabo-cobre-nu-6mm>. Acesso em: 12 out. 2017.

FERNANDES, Diana Elisabete Vilaça. **Contributo para a melhoria da qualidade de processos de extrusão na indústria de cabos elétricos**, 2013, 110f. Mestrado, Universidade do Minho, Portugal, 2013.

IPCE, 2017. Disponível em: http://www.ipce.com.br/old/fios_cabos_cobrenu.html. Acesso em: 12 out. 2017.

LIMA, A. A. et al. Aplicação do controle estatístico de processo na indústria farmacêutica. **Ciência farmacêutica básica aplicada**, v.27, n3, p.177-187, nov/mar. 2006.

LUCINDA, Marco Antônio. **Qualidade fundamentos e práticas para cursos de graduação**. Rio de Janeiro: Brasport, 2010.

MANRICH, Silvio. **Processamento de termoplásticos**: rosca única, extrusão e matrizes, injeção e moldes. São Paulo: Artliber, 2005.

MONTGOMERY, Douglas C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade**. 4. ed. Rio de Janeiro: Performa, 2004.

OLIVEIRA, Otávio J. **Gestão da qualidade - Tópicos avançados**. São Paulo: Thomson, 2003.

PMG&E, 2017. Disponível em: <http://pmgee.blogspot.com.br/2011/11/o-diagrama-de-ishikawatambem-conhecido.html>. Acesso em: 12 out. 2017.

PALADINII, E. P. **Qualidade Total na Prática**. São Paulo: Atlas, 1994.

RODRIGUES, Marcos Vinicius Carva. **Ações para a qualidade**: Gestão estratégica e integrada para a melhoria dos processos na busca da qualidade e competitividade. 3. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2010.

SANDRO CANDITIO, 2017. Disponível em: <https://sandrocan.wordpress.com/tag/diagrama-de-pareto/>. Acesso em: 24 out. 2017.

SILVA, Luciana Santos Costa Vieira da. **Aplicação do controle estatístico de processos na indústria de laticínios Lactoplasm**: um estudo de caso. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1999.

TRIVELLATO, Arthur Antunes. **Aplicação das sete ferramentas básicas da qualidade no ciclo pdca para melhoria contínua**: estudo de caso numa empresa de auto peças. Trabalho de Conclusão de Curso – Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos, 2010.

ANEXO 1 – Ordem de Fabricação

DESCRIÇÃO TÉCNICA:		DESCRIÇÃO COMERCIAL:		Seção mm²	Análise	Pág:	OF: 1338/09-16
C CNVN105PU 1.5MM		CB FLEX 105G 1,5MM²		1,42	44.736.049-8	1	
Unidade:	Lote Econ:	CÓDIGO INTERNO:	CLIENTE:	Cliente LIFE			
1.000	10.000	736132620000115	LIFE	Cor: PT			
ESPECIFICAÇÃO:		Clas.Fiscal:	RESP.:	GRUPO:	Emissão	Nº Rev:	Prazo de Entrega:
		85444900	FLM	736	23/11/09	01	29/10/2016
					Revisão	01/01/00	
						00	
					Quant.:	4.080,00	Acondic. BOBINA
							Data de Emissão: 29/09/2016
ANÁLISE CRÍTICA/APROVAÇÃO:							
ELABORAÇÃO:							
FASE DADOS CONSTRUTIVOS, TÉCNICOS							
SO DIV	E OPERACIONAIS	ENOM	Ø NOM	Ø MÁX	Ø MÍN	EMPENHOS (%)	LIQ.:
CONDUTOR							
1	1	0,127	0,130	0,124	13,06	7,5	14,00 KG 41.000.036-4 57,12
Corda composta 7x16/0,127 MM							
FTO COBRE NU 0,127MM T-M							
Cords em Feixe: 16/0,127 MM							
S= DIR PMAX.FEIXE= 17 MM							
*** ESTRANGULAR							
2	1	1,75	1,79	1,71			31,50 MO 47.010.000-9
FORMACAO: 7x16/0,127							
S= ESQ * PMAX.CORDA= 28 MM							
AS=0,470 MM² PPE= 2,70							
PL=13,00							
*** ESTRANGULAR							
3	1	2,50	2,50	2,50			2,50 MO 47.010.000-9
ISOLAÇÃO							
4	1	0,58	2,91	2,96	6,84	7,0	7,32 KG 42.300.051-7 29,87
PVC VN1MP105-II PE=1.38							
SE= 4,95 MM: EMA=0,53 MM							
PROVA A SECO 5,00 KVCA							
EXTRUSÃO SEMI-TUBO							
COR:AZ							
5	1	14,05	14,05	14,05			14,05 MO 47.040.010-A
CAPA							
TALCAMENTO CONSTANTE							
6	1	0,60	4,11	4,23	3,99	8,45	8,56 KG 42.340.001-4 36,56
PU-N 1185-A-10 PE=1.14							
SE= 7,41 MM EMA=0,48 MM							
GRAVAÇÃO							
LIFE EQUIPAMENTOS ELETRONICOS							
32 4009 8550 (NºOF)							
7	1	18,70	18,70	18,70			18,70 MO 47.040.010-A
*** EXTRUDAR 45/60mm							
ACONDICIONAMENTO NORMAL							
DIAM EXT. MAX.: 4,23 MM							
PESO LIQ.: 28,30 Kg/Km							
8	1	7,78	7,78	7,78			7,78 MO 47.070.000-5
*** MEDIR / ACONDICIONAR							

ANEXO B – Tabela das Amostras dos Diâmetros Externo

1ª Fabricação	2ª Fabricação	3ª Fabricação	4ª Fabricação	5ª Fabricação	6ª Fabricação	7ª Fabricação	8ª Fabricação	9ª Fabricação	10ª Fabricação	Média	Desvio
4,25	4,15	4	4,16	4,2	4,2	4,1	4,18	4,05	4,2	4,134667	0,077093
4,3	4,1	4,1	4,16	4,2	4,2	4,1	4,18	4,05	4,2	4,159	0,072793
4,25	4,18	4,1	4,16	4,2	4,2	4,15	4,18	4,07	4,2	4,169	0,052377
4,28	4,19	4,15	4,18	4,2	4,2	4,15	4,18	4,1	4,2	4,183	0,04644
4,2	4,19	4,15	4,18	4,2	4,2	4,15	4,2	4,1	4,23	4,18	0,037118
4,25	4,19	4,2	4,18	4,2	4,2	4,17	4,2	4,12	4,23	4,194	0,034705
4,25	4,22	4,2	4,21	4,2	4,21	4,17	4,2	4,15	4,23	4,204	0,028363
4,25	4,22	4,22	4,21	4	4,21	4,17	4,2	4,19	4,23	4,19	0,070238
4,23	4,21	4,22	4,25	4,25	4,22	4,2	4,23	4,19	4,25	4,225	0,021213
4,25	4,23	4,22	4,25	4,25	4,22	4,2	4,23	4,19	4,25	4,229	0,021833
4,27	4,23	4,3	4,26	4,25	4,22	4,2	4,23	4,22	4,25	4,243	0,029078
4,3	4,25	4,3	4,27	4,26	4,2	4,2	4,23	4,22	4,23	4,246	0,036576
4,3	4,23	4,27	4,25	4,26	4,23	4,2	4,23	4,22	4,23	4,242	0,028597
4,28	4,27	4,27	4,25	4,25	4,23	4,2	4,25	4,24	4,23	4,247	0,023594
4,27	4,27	4,25	4,27	4,26	4,23	4,19	4,25	4,24	4,24	4,247	0,024518
4,25	4,27	4,25	4,27	4,25	4,25	4,22	4,25	4,24	4,23	4,248	0,015492
4,25	4,3	4,25	4,25	4,26	4,25	4,22	4,25	4,24	4,24	4,251	0,020248
4,25	4,3	4,25	4,29	4,26	4,25	4,24	4,26	4,25	4,23	4,258	0,021499
4,23	4,29	4,27	4,29	4,26	4,25	4,24	4,23	4,25	4,23	4,254	0,02319
4,23	4,25	4,26	4,25	4,27	4,25	4,24	4,23	4,23	4,25	4,246	0,013499
4,22	4,25	4,23	4,27	4,3	4,25	4,27	4,23	4,23	4,26	4,251	0,024698
4,22	4,25	4,23	4,27	4,25	4,25	4,27	4,24	4,23	4,26	4,247	0,017029
4,23	4,25	4,24	4,28	4,23	4,25	4,26	4,23	4,23	4,22	4,242	0,018135

ANEXO C – Fórmulas aplicadas

Média Amostral

$$\bar{X} = \frac{X_1 + \dots + X_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i.$$

Desvio Padrão Amostral

$$s = \sqrt{s^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Cálculo de Matéria Prima

(Diâmetro Nominal² - Diâmetro nominal Anterior²) x (3,14/4) =
Quantidade de MP

ANEXO D – Teste de Normalidade

Histograma

