



Journal of Globalization, Competitiveness
& Governability / Revista de
Globalización, Competitividad y
Gobernabilidad / Revista de
Globalização, Competitividade e
Governabilidade

E-ISSN: 1988-7116

Villas Boas Mello, José André; Guedes de Souza Carvalho, Natalia
Redução da não conformidade como planejamento para a melhoria de desempenho em
uma fábrica no estado do Rio de Janeiro

Journal of Globalization, Competitiveness & Governability / Revista de Globalización,
Competitividad y Gobernabilidad / Revista de Globalização, Competitividade e
Governabilidade, vol. 11, núm. 3, septiembre-diciembre, 2017, pp. 38-57

Portal Universia S.A.
Boadilla del Monte, España

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=511854480002>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal

Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto



Redução da não conformidade como planejamento para a melhoria de desempenho em uma fábrica no estado do Rio de Janeiro

ÁREA: 5
TIPO: Caso

AUTORES

José André Villas Boas Mello¹

Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca – Cefet-RJ, Brasil
joseavbm@yahoo.com.br

Natalia Guedes de Souza Carvalho

Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca – Cefet-RJ, Brasil
ngscep@gmail.com

1. Autor de Contato:
Cefet-RJ - Coordenadoria de Engenharia de Produção, Estr. de Adrianópolis - Adrianópolis, Nova Iguaçu - RJ; 26041-271; Brasil.

Reduction of non-conformity as a planning for improving performance in a factory in the state of Rio de Janeiro

Reducción de la no conformidad como la planificación para mejorar el rendimiento en una fábrica en el estado de Rio de Janeiro

O objetivo deste artigo é identificar as falhas no processo de fabricação, permitindo a programação de melhorias de desempenho. O estudo é descritivo através de um estudo de caso, uma indústria de cabos que enfrenta um número crescente de falhas na produção, o que gera prejuízo significativo para a empresa. A pesquisa utiliza o diagrama de Ishikawa e a ferramenta 5w2h para qualificar e quantificar os dados com o objetivo de avaliar o impacto gerado pelos defeitos de fabricação. Após a definição das causas diretamente relacionadas aos casos de não conformidade foi elaborado um estudo dos fatores associados às mesmas e as possíveis correções ou ações a serem adotadas em um plano de ação.

The objective of this article is to identify the failures in the manufacturing process, allowing the programming of performance improvements. The study is descriptive through a case study, at a cable industry that faces a growing number of production failures, which creates significant damage to the company. The research uses the Ishikawa diagram and the 5w2h tool to qualify and quantify the data in order to assess the impact generated by manufacturing defects. After the definition of the causes directly related to the cases of nonconformity, a study of the factors associated with them and the possible corrections or actions to be adopted in a plan of action were elaborated.

El objetivo de este artículo es identificar las fallas en el proceso de fabricación, lo que permite la planificación mejoras de el rendimiento. El estudio es descriptivo a través del estudio de caso, en la industria del cable se enfrenta al creciente número de fallos de producción, lo que crea un daño significativo a la empresa. La investigación utiliza el diagrama de Ishikawa y la herramienta 5W2H para calificar y cuantificar los datos a fin de evaluar el impacto generado por defectos de fabricación. Después de la definición de las causas directamente relacionadas con los casos de no conformidad, el estudio de los factores asociados con ellos y las posibles correcciones o acciones que deben adoptarse en el plan de acción se elaboraron.

DOI
10.3232/GCG.2017.V11.N3.02

RECIBIDO
29.03.2017

ACEPTADO
17.04.2017

1. Introdução

Novas ideias, novos conceitos e técnicas trazem benefícios relevantes às organizações e setores produtivos, visando sempre o crescimento e a competitividade (Pistore et al., 2015). Ferramentas e técnicas, tais como Ishikawa, Pareto, histograma e 5W2H têm auxiliado na redução de problemas e variabilidades nos processos, proporcionando reduções em seus custos através de tarefas padronizadas (Benevides, et al., 2016). A variabilidade de projeto, a ausência de *knowhow*, a mão de obra operacional pouco qualificada ou com falta de treinamento, além de equipamentos e matéria prima de baixa qualidade podem gerar falhas durante o processo de produção e causar reprovação do produto por não atender as especificações ou o prazo de entrega definidos pelo cliente. Os fatores geradores de não conformidade, dimensionados pela sua relevância, permitem que a organização defina um planejamento adequado na resolução das falhas e mitiguem as perdas geradas na produção, promovendo assim uma vantagem competitiva e uma redução sistemática de custos.

As falhas no processo de fabricação geram um alto custo para as organizações. Quando ocorre uma falha, em qualquer fase do processo de produção, um custo de retrabalho é adicionado às operações, além do impacto no prazo das etapas seguintes. Moreira e Pacheco (2017) reforçam que o mapeamento das possíveis causas para as não conformidades através de ferramentas da qualidade auxiliam na implantação das ações corretivas.

A identificação dos fatores causais de não conformidade na fabricação permite mitigar ou eliminar as falhas que ocasionam maior impacto, seja ele financeiro ou no que diz respeito a credibilidade da empresa no mercado. Nascimento et al. (2016) preocupados com a necessidade em se atender as diversas conveniências da sociedade, citam que a crescente procura e oferta ocorre sem levar em consideração os problemas ambientais que podem causar. Diante de tais suposições e preocupações se pretende com este artigo identificar as falhas no processo de fabricação em uma indústria, permitindo a organização a programar melhorias de desempenho. Em um ciclo irreversível de globalização e acelerada transformação nos sistemas de produção e tecnologias, é extremamente importante rever as estratégias para sobrevivência das organizações frente a dinâmica dos mercados. Um dos setores industriais que enfrenta esta chamada variabilidade de projetos é a indústria de cabos, que é na economia global e sendo considerado um segmento estratégico em diversos países.

Estudos com esta abordagem se tornam relevantes a medida que contribuem efetivamente para a melhoria do desempenho das organizações. Segundo Lima e Santiago (2011), a globalização e o avanço da tecnologia tornam acirrada a competição entre as organizações, e com isso, a gestão da qualidade tem se mostrado fundamental para o sucesso das empresas. Ainda neste sentido, Ruthes (2010) cita a qualidade como valor intrínseco e que a busca pela preferência do consumidor, aumenta a produtividade, levando a uma maior competitividade que assegura a sobrevivência das empresas.

PALAVRAS-CHAVE

Qualidade; não conformidade; desempenho.

KEY WORDS

Quality; non-compliance; Performance.

PALABRAS CLAVE

Calidad; incumplimiento; Rendimiento..

CÓDIGOS JEL:

L23, L25

2. Revisão de literatura

2.1. Conceito de qualidade

A necessidade de reduzir os custos referentes as atividades da empresa através de um sistema de produção efetivo, guia o que Batista e Santos (2015) chama de qualidade, uma temática que se encontra em constante aperfeiçoamento uma vez que gestores ainda redescobrem novas formas de aperfeiçoar os processos organizacionais por forma a atingir desempenhos quase perfeitos de redução de custos e melhoria. Prakash et al. (2017) aponta para uma ligação forte entre produtividade, qualidade, e o desempenho de um negócio. Ainda nessa linha de raciocínio Mostafa et al.(2015) cita que a aplicação de procedimentos adequados e treinamento pode auxiliar na eliminação dos problemas de produção.

Na gestão da qualidade é imprescindível a adoção de indicadores, os quais devem não apenas controlar os processos, que monitorem a atividade e os seus produtos, promovendo uma abordagem preventiva, evitando assim rupturas e implementando uma melhora progressiva e contínua dos processos (Shwab, 2013). Segundo Carvalho (2012), a evolução da qualidade pode ser definida em quatro fases, sendo elas: Inspeção; Controle estatístico do processo; Garantia da qualidade e Gestão total da qualidade. Segundo Adamy et al.(2017) é necessário evitar custos da não qualidade dos produtos, que normalmente são relacionados à falha na produção, gerada por ineficiência ou não utilização das ferramentas da qualidade. Manganiello (2016) afirma que o "fator de qualidade" é uma importante métrica para determinar as estratégias para o desenvolvimento de um sistema de produção que reforce a competitividade das empresas.

O conceito de qualidade deste estudo se prenderá a melhoria de desempenho que pode ser obtida através de melhorias no processo produtivo, onde inspeção e normas podem ser implementadas para mitigar as falhas e corrigir a não conformidade, em busca da competitividade.

2.2. Não conformidade

Segundo Carvalho (2012), não conformidade refere-se ao não atendimento dos requisitos esperados, como por exemplo: um produto defeituoso, uma entrega atrasada, um serviço prestado de forma errada ou o não atendimento das determinações de um cliente. Campos (2013) afirma que a não conformidade em uma organização está vinculada a processos que de alguma forma proporcionaram um resultado insatisfatório. Para Santos et al (2014), uma forma que as empresas encontraram para que não ocorra não conformidades foi a adoção dos sistemas de gestão de qualidade, como a norma ISO 9001, que propicia a padronização dos métodos e práticas de uma organização evitando assim produtos fora dos requisitos esperados pelos clientes.

Dentre as não conformidades mais encontradas pelos auditores de qualidade, ainda segundo Fedozzi (2014), encontram-se:

- Não aplicação de requisitos que têm influência sobre sistema de gestão e que pode afetar a qualidade do produto;
- Falta de metodologia abrangente sobre planejamento das atividades e realização dos serviços;
- Em ISO 14001 e OHSAS 18001, a falta de preparação e respostas a emergências;

- Falta de envolvimento das pessoas com sistemas de gestão;
- Falha na atuação proativa do processo de Recursos Humanos;
- Falha na elaboração das instruções operacionais.

Rossato et al.(2016) cita que para a conformidade é necessário o senso de autodisciplina com o desenvolvimento do hábito de observar e seguir normas, regras, procedimentos, atender especificações, sejam escritas ou informais. De acordo com o Fedozzi (2014), sempre que existir uma não conformidade em uma organização, é necessário realizar ações corretivas para extinguir as causas das não conformidades evitando a reincidência da mesma. Farooq et al. (2016) afirmam a necessidade de uma análise sistemática das interações entre os fatores de não-conformidades identificadas e o processo produtivo.

2.3. Ferramentas da qualidade Diagrama de Ishikawa e 5w2h

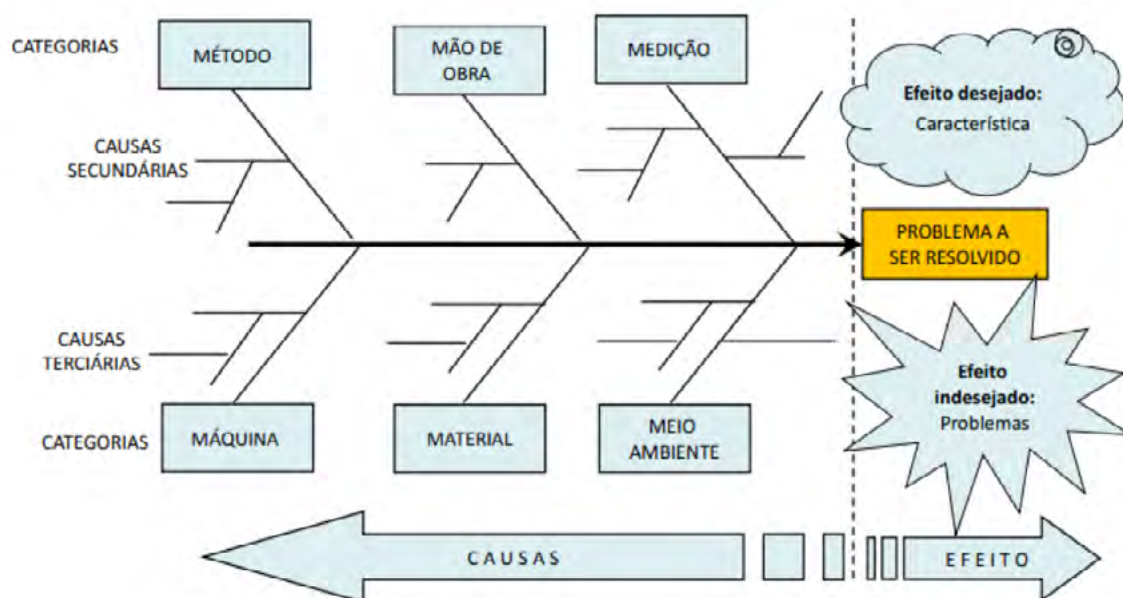
É uma ferramenta de representação gráfica das possíveis causas que conduzem a um determinado efeito, ou seja, evidencia a relação entre o resultado de um processo (efeito) e os fatores (causas) do processo que possam afetar os resultados da empresa (Rossato et al., 2016). A representação gráfica, através do diagrama de causa e efeito, permite que se determine uma sequência lógica, definindo qualitativamente a correlação entre eventos e entes de um sistema. Este método, além de favorecer a identificação dos fatores causais, permite à gestão da qualidade uma análise intrínseca, localizando os pontos críticos e não apenas definindo a ocorrência de falhas (Zhao et al, 2011).

Segundo Juran (2010), esta abordagem além de gerar subsídios à organização para mitigar as falhas e atuar na correção dos processos, permite também mapear o valor perdido em função da não conformidade. A lógica de confecção do diagrama é estruturada, ocorre de forma sequenciada e sistematizada. Conforme Ilie e Ciociu (2010) sete etapas definem a construção: identificar o problema, formalizar o problema, identificar as causas principais e secundárias, inserir os dados no diagrama, analisar o diagrama, validação pelos líderes e gestores. Aceita a caracterização do Diagrama de Causa e Efeito o mesmo torna-se referência na tomada de decisões da empresa.

A **Figura 1** é um modelo básico do método aplicado para identificar falhas, e ele é construído da seguinte maneira: escreve-se a definição do problema dentro do retângulo, ao lado direito do final do eixo horizontal principal; em seguida escreve-se as causas primárias ou categorias do problema sob investigação em retângulos dispostos em torno do eixo, ligados por seguimentos de reta; identifica-se as causas secundárias dentro de cada causa primária, escrevendo-as ao redor da respectiva causa primária.

Ainda na linha de identificar e planejar ações, Menezes (2013), cita que para o bom funcionamento de uma organização é necessário realizar um excelente planejamento e a revisão periódica do mesmo. A ferramenta 5W2H, também definida como “Plano de Ação”, é uma aplicação de planejamento, sua utilização possibilita a tomada de decisão, tendo por base critérios qualitativos, orientando a mesma através de um processo de extração de informações. Além desta abordagem, o 5W2H é eficaz na determinação de fatores causais, podendo assim abastecer um modelo de causa e efeito, que permita identificar problemas e indicar soluções. Segundo Araújo e Jugend (2016) a ferramenta combinada a outras ferramentas permite identificar demandas para integração em torno de metas estabelecidas e projetos de inovação.

Figura 1 – Diagrama Causa e Efeito



Fonte: Menezes, 2013

3. Materiais e métodos

Na ótica da forma de abordagem, a pesquisa é caracterizada como quantitativa e qualitativa, pois está elencada não apenas em medir as ocorrências e suas frequências, mas também a analisar intuitivamente os dados obtidos no ambiente da pesquisa. Quanto ao procedimento técnico, este trabalho é tipificado como documental e de levantamento. Conforme Wazlawick (2010), o estudo documental consiste na avaliação de dados não sistematizados, ou seja, a pesquisa documental visa determinar informações, buscando padrões, nos dados coletados.

A escolha da empresa para este estudo se justifica por ela ser líder de mercado, e não utilizar adequadamente as ferramentas de controle aplicado à qualidade com o intuito de identificar as causas e corrigir os problemas centrados na detecção de fatores locais. A pesquisa restringiu-se ao processo de extrusão na fabricação de cabos de energia. Neste período estudado, o setor em estudo teve 4.477 casos de não conformidade relatados envolvendo mais 1,6 milhão de metros em cabos.

A empresa estudada possui uma presença industrial em 40 países e atividades comerciais em todo o mundo empregando cerca de 26 mil pessoas. A empresa tratada no estudo de caso produz uma

extensa linha de cabos de energia em cobre para segmentos como Indústria, Construção Civil, Óleo e Gás, Telecomunicações, Mineração, além de fios esmaltados com 2 unidades fabris em Americana e Rio de Janeiro.

O estudo é realizado entre agosto e dezembro de 2015, e envolve, principalmente, os setores da engenharia de processo e de controle da qualidade da organização. Determinados os principais tipos de falhas a serem investigados, serão necessárias duas vias de caráter qualitativo para coleta, que são: a medição no ambiente da fábrica, onde será observado o processo de fabricação para obtenção de elementos que possam direcionar para as possíveis causas das falhas identificadas, além da investigação pela entrevista com os envolvidos no processo que podem relatar experiências relevantes para o trabalho em questão. Nesta etapa serão aplicadas, em ordem sequencial, o diagrama de Ishikawa e o 5W2H.

A pesquisa irá abordar os possíveis fatores que podem gerar não conformidade no processo de fabricação de extrusão de cabos. A análise quantitativa possui como objeto de estudo duas áreas da organização: o Controle de Qualidade (CQ), pois é o setor que registra todas as não conformidades de produção em cabos finalizados ou em testes intermediários, que são feitos conforme solicitação da engenharia de produto de acordo com a necessidade do projeto, e o setor operacional em caso de detecção de falha durante o processo produtivo. Já as informações qualitativas serão apoiadas pelos setores: gerencial, coordenação e operacional.

O estudo de caso procurou identificar problemas e dar sugestões de melhoria no processo de fabricação de cabos extrudados da planta fabril do Rio de Janeiro da empresa selecionada, abrangendo assim as cinco extrusoras e as três catenárias a vapor. A detecção de problemas recorrentes em uma linha de produção, seja desta fábrica ou de qualquer outra, justifica a análise em profundidade e implementação de ações que reduzam os padrões de não conformidade.

4. Resultados e discussão

Este estudo foi realizado em uma empresa multinacional, presente em 40 países, líder no ramo de produção de cabos e soluções de cabeamento. Suas atividades estão divididas em quatro principais linhas de negócio:

- Transmissão e distribuição de energia (submarino e terrestre);
- Fontes de energia (petróleo e gás, mineração e renováveis);
- Transporte (rodoviário, ferroviário, aéreo, marítimo);
- Construção (comercial, residencial e data centers).

As informações necessárias para a execução da pesquisa foram coletadas em sua planta situada na cidade do Rio de Janeiro, que é constituída por duas áreas de produção distintas, cabos de energia e cabos de telecomunicações.

4.1. Descrição do objeto

Os dados utilizados neste estudo, com objetivo de definir quais não conformidades devem ter prioridade na investigação de suas causas, são oriundos do mapa de acompanhamento de não conformidade (MANC), gerado pelo setor de controle de qualidade (CQ) da empresa. Quando o inspetor detecta alguma falha no produto através de testes de rotina ou testes especiais, por exigência do cliente, ele obrigatoriamente registra a não conformidade através do formulário específico, o RNC (Registro de Não Conformidades).

Por questões de sigilo corporativo, os produtos da empresa foram representados por letras. É importante ressaltar que uma determinada falha pode ter causas distintas no processo de fabricação, isto é, existe variabilidade na causa conforme o produto em execução. Essa premissa foi informada pelos setores de produção, engenharia de processos e de controle da qualidade. Assim, os casos selecionados são baseados em uma combinação produto e falha.

O produto A é um cabo de alumínio isolado de 35mm² de diâmetro, é constituído por um condutor de alumínio compactado ou não, composto por fios de alumínio, com isolamento em polietileno reticulado e com cobertura em cloreto de polivinila (PVC), trata-se de um cabo destinado à baixa tensão (até 1KV). Foram selecionadas duas falhas críticas na sua produção, gravação errada e gravação danificada.

O produto B é um cabo inversor de frequência, formado por fio de cobre eletrolítico nu, seu isolamento é feito com borracha etilenopropileno de alta resistência à tração (HEPR), cobertos por uma camada extrudada de PVC. Lance fora do programado e ruptura da cobertura são as suas falhas críticas indicadas para pesquisa.

O produto C é um cabo flexível de cobre com 1,5mm² de seção transversal, isolado por um composto termofixo não halogenado, assim suporta 90° no regime permanente e até 250° em curto-circuito, por apresentar características retardantes ao fogo associado a baixa emissão de fumaça e gases tóxicos. O produto será estudado em combinação com o lance fora do programado, sendo esta sua não conformidade crítica.

O produto D é similar ao produto B, diferencia-se pela sua seção transversal de 6mm². A sua não conformidade associada em estudo é a deformidade na isolamento.

O produto E além de apresentar características de resistência ao fogo e baixa emissão de fumaça e gases tóxicos, similar ao produto C, apresenta também propriedades específicas indicadas para manutenção da integridade das linhas elétricas em condições de incêndio. As condições críticas selecionadas foram a detecção de espessura inferior ao solicitado na ordem de produção e a falha na centralização do cabo.

O produto F é similar ao produto E, porém sua seção transversal é 50 mm² e sua não conformidade associada é lance fora do programado.

O produto G é um cabo empregado nas fiações de quadros, painéis elétricos e outras aplicações que exijam cabos de maior flexibilidade. A ruptura de cobertura é sua não conformidade crítica associada.

Seguindo a sugestão de Fedozzi (2014), quanto a realização de ações corretivas para extinguir as causas das não conformidades, se realiza neste estudo a identificação dos produtos e suas falhas críticas, realizando-se uma investigação no processo produtivo, e buscando-se reconhecer as causas e as possíveis correções ou prevenções a serem adotadas.

4.2. Causas de Não Conformidade

Para aprofundar o entendimento sobre as possíveis causas de não conformidade e definir soluções que mitiguem ou eliminem as ocorrências, foi adotado o modelo de Ishikawa, sendo a análise realizada com base nos dados já elaborados pela empresa e na entrevista dos *stakeholders* do processo. É importante ressaltar que a investigação objetiva acompanhar o processo de melhoria contínua, mas que sofre dificuldades técnicas e de consolidação do conhecimento, em função da variabilidade identificada na produção.

Outro aspecto de difícil reparação é o conhecimento tácito dos operadores, muitas vezes de difícil reprodução pela Engenharia de Processos na sua busca em normatizar os procedimentos. Este fato se deve a dois fatores identificados durante a investigação: resiliência dos operadores em adotar a normatização ou corrigir a mesma, e o temor pela perda de valor profissional, já que uma vez que o entendimento do mesmo sobre determinado processo ou produto passe a compor um roteiro de fabricação suas competências específicas tornam-se supérfluas.

Entretanto, a adoção do MANC e a seleção de casos de não conformidade específicos favoreceram o processo investigatório, uma vez que cada caso está atrelado a um único RNC, possibilitando assim a exatidão dos recursos e profissionais envolvidos. Para a confecção do diagrama de Ishikawa de cada não conformidade crítica selecionada, se utilizou um roteiro distinto para cada parâmetro elencado, sendo adotadas metodologias qualitativas e quantitativas na ponderação das causas verificadas. Nos casos qualitativos aplicou-se uma análise de incerteza específica para cada caso. As causas foram ponderadas de um a cinco sendo:

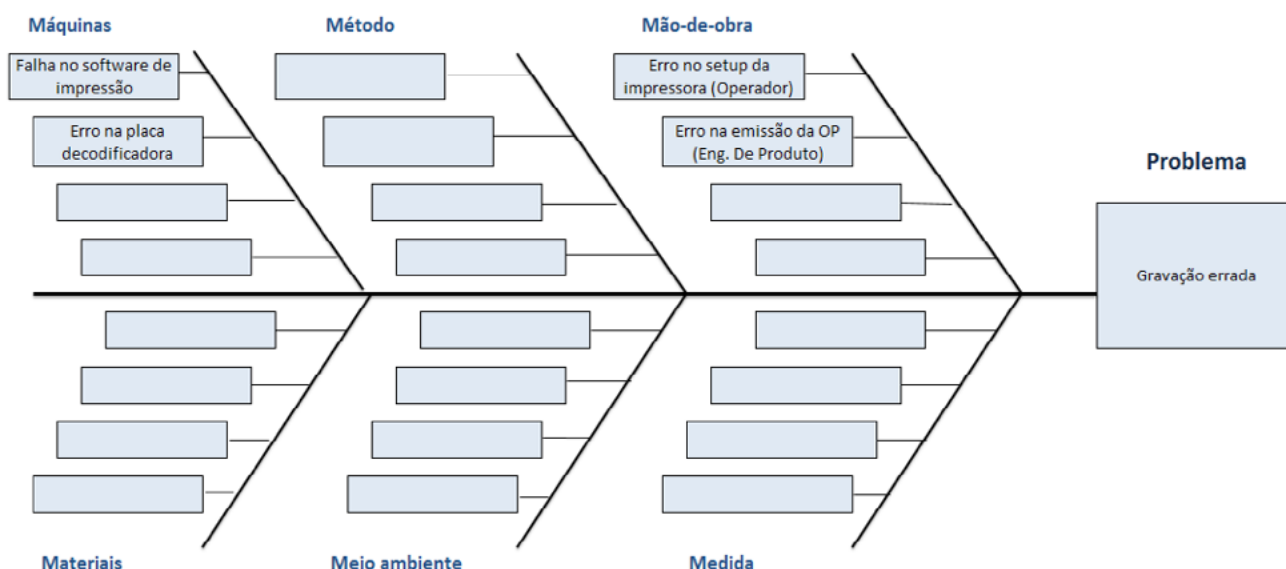
- 1: chances mínimas de ocorrer (nunca ocorreu mas existe a possibilidade de ocorrer);
- 2: raramente ocorre;
- 3: ocorre de forma pontual, mas não é recorrente;
- 4: ocorre de forma recorrente;
- 5: ocorre com frequência maior que a manutenibilidade.

Participaram do processo diversos setores da companhia, através de entrevistas com operadores, supervisores, líderes e gerentes, além da análise dos relatórios gerenciais expedidos pelo sistema ERP da empresa.

4.2.1 Produto A com erro de gravação

Para o caso do produto A que possui erro de gravação foram encontradas as causas relativas aos parâmetros da máquina e da mão de obra. No primeiro parâmetro, máquinas, foram detectadas duas causas possíveis: falha no software de impressão e erro na placa decodificadora. Já o segundo, mão-de-obra, detectamos erro no *setup* da impressora, ou seja, o operador digita erradamente a frase a ser impressa, e a falha na emissão da ordem de produção, que é o documento que o operador deve seguir para a fabricação do produto, uma vez com erro, fatalmente a produção terá falha. Segundo o setor da manutenção as falhas referentes a equipamentos são incomuns, não havendo nenhum registro, entretanto são consideradas possíveis. Já as falhas relacionadas ao parâmetro de mão de obra são recorrentes segundo o setor de produção, e observados na **Figura 2**.

Figura 2 – Diagrama de Causa – Efeito para o caso de gravação errada



Fonte: Elaboração própria.

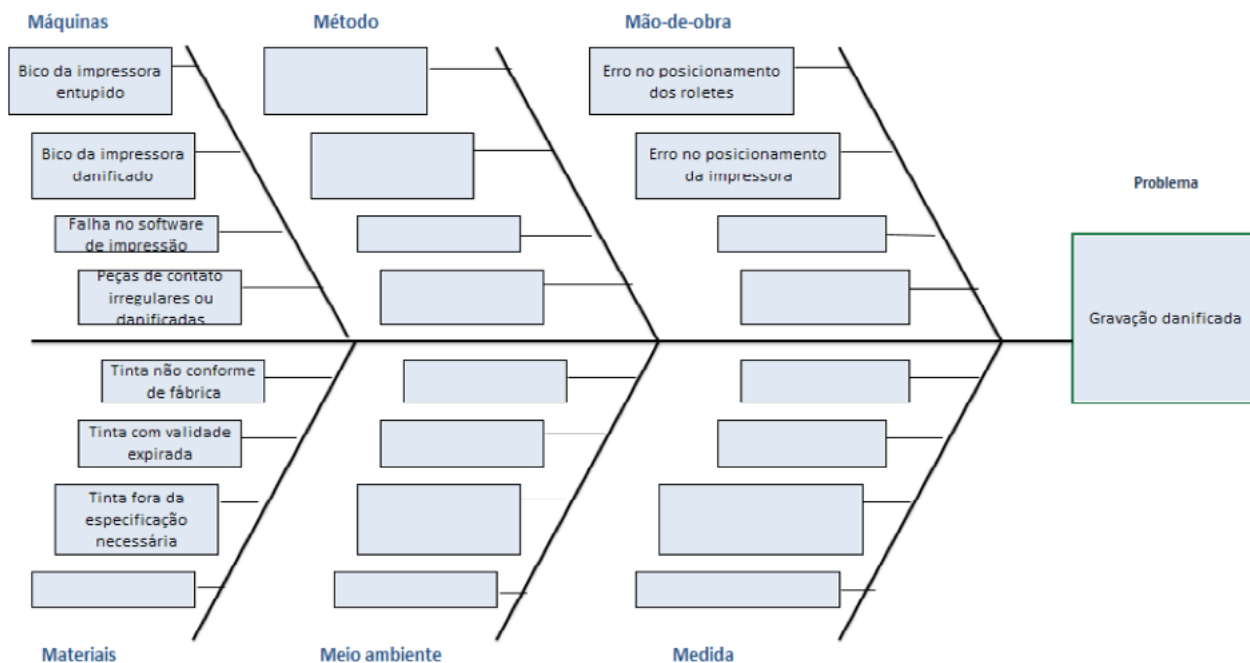
4.2.2 Produto A com gravação danificada

O produto A também possui a falha descrita como gravação danificada. As causas encontradas para o parâmetro de materiais foram: tinta não conforme de fábrica, ou seja, que possui alguma inconformidade seja por uso de tinta com validade expirada e tinta fora da especificação necessária para a atividade. Para o parâmetro de equipamentos, avaliados pela equipe de manutenção, obteve-se: bico da impressora entupido; bico da impressora danificado podendo estar amassado ou quebrado; falha no software de impressão e peças irregulares ou danificadas que possuem contato direto com o cabo. Por fim, para o parâmetro de mão de obra, avaliados pela a engenharia de processos, pode haver erro no posicionamento da impressora, resultando em um aspecto visual ilegível, além do posicionamento dos roletes da máquina o que constitui num erro operacional podendo danificar a gravação. A representação gráfica do diagrama está apresentada na **Figura 3**.

4.2.3 Produtos B, C e F com lance fora do programado

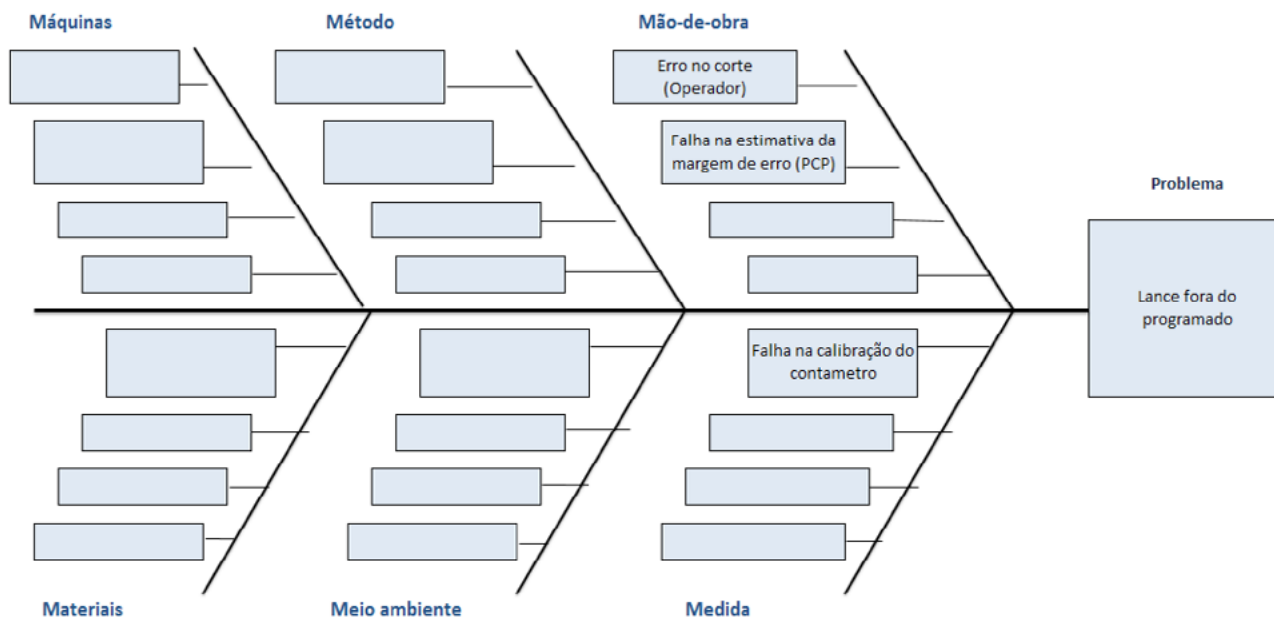
Para a investigação dos produtos B, C e F foram encontradas três causas para o defeito de lance fora do programado. Para o parâmetro de mão de obra, segundo a engenharia de processos há a possibilidade rara de ocorrer erro no corte por parte do operador e de ocorrer uma falha na estimativa da margem de erro, que é uma atividade do setor de planejamento e controle da produção. Há também, segundo a engenharia de processos, falhas relacionadas à medida, uma vez que os aparelhos de medição, conta-metro, não são padronizados e demonstram falha na calibração de forma recorrente. A **Figura 4** apresenta o diagrama correspondente a este caso.

Figura 3 – Diagrama de Causa – Efeito para o caso de gravação danificada



Fonte: Elaboração própria.

Figura 4 – Diagrama de Causa – Efeito para o caso lance fora do programado

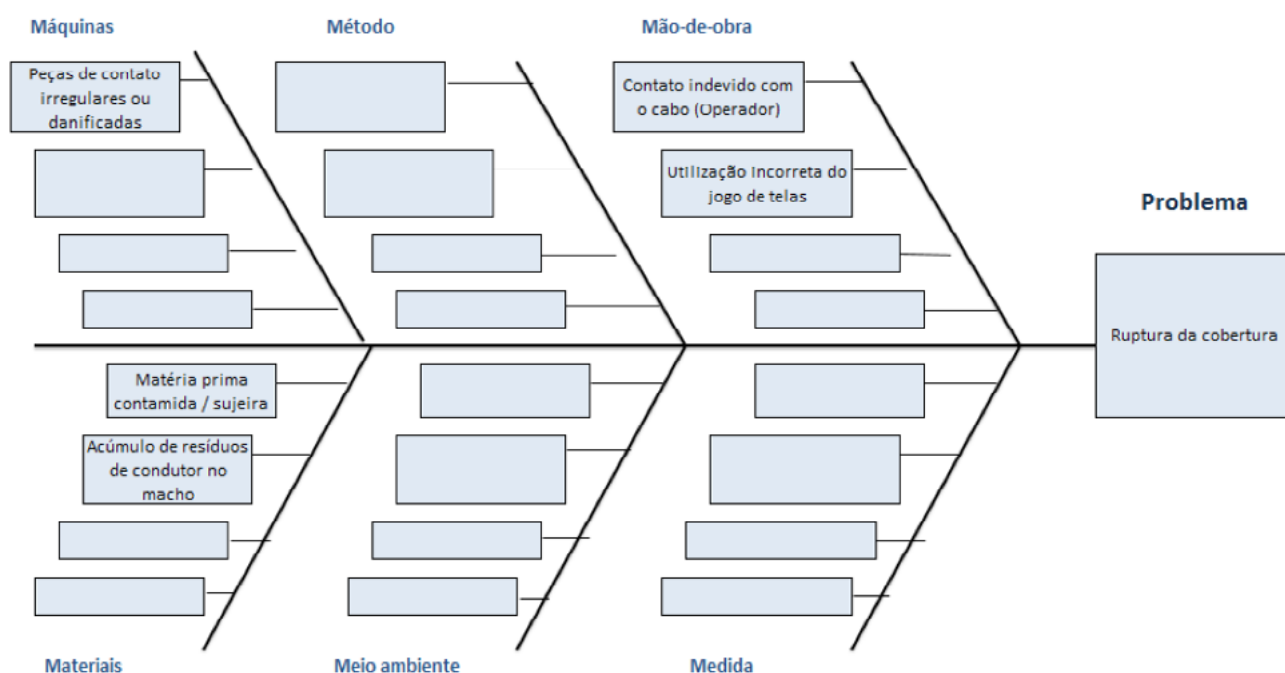


Fonte: Elaboração própria.

4.2.4 Produtos B com ruptura da cobertura

O produto B também sinalizou o defeito caracterizado como ruptura na cobertura, similar ao produto G. Para o parâmetro de máquinas, foi considerado pelo próprio operador para a causa ser através do contato com peças irregulares ou danificadas. De acordo com a engenharia de processo para o parâmetro de materiais foram considerados as causas de matéria prima contaminada e acúmulo de resíduos do condutor no macho, este caso ocorre devido ao processo de compactação durante o movimento do núcleo e seu atrito com o macho que está fixo na cabeça da extrusora, acumulando resíduos que podem ser despejados na isolação durante o processo, acarretando ruptura da mesma. Além disso, foi identificado o contato indevido do operador com o cabo antes que ele esteja completamente consistente, qualificado e utilização incorreta do conjunto de telas. A sequência de telas é estabelecida na norma de processos, documento que deve obrigatoriamente ser encontrado na máquina de extrusão para guiar o operador no processo de fabricação. O diagrama está representado na **Figura 5**.

Figura 5 – Diagrama de Causa – Efeito para o caso ruptura de cobertura



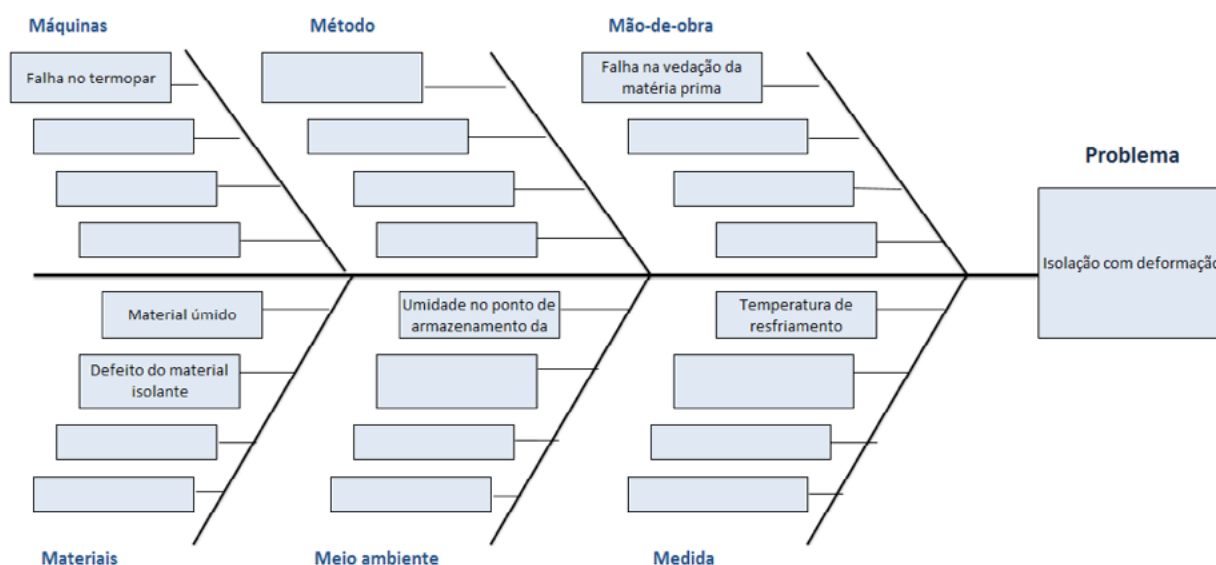
Fonte: Elaboração própria.

4.2.5 Produto D com deformação na isolação

O defeito de deformação na isolação encontrado no produto D foi avaliado pela engenharia de processos onde foi definido para o parâmetro materiais para a causa de matéria prima úmida e para o defeito no material responsável por proteger a matéria prima. Para o parâmetro de mão de obra, a

causa caracterizada como falha operacional da pessoa responsável por vedar e armazenar a matéria prima foi considerado. Já para o parâmetro de medidas a temperatura de resfriamento incorreta, o que faz com que o cabo isolado chegue até o carretel de saída ainda quente provocando deformação à medida que vai sendo bobinado. Também foi encontrada pela engenharia de processos uma causa relacionada ao meio ambiente que foi a umidade no local onde a matéria prima é armazenada. Por fim, para o parâmetro de máquinas a causa detectada foi a falha nos termopares, sensores de temperatura. Segundo a produção cada material exige um perfil de temperatura específico, uma falha em algum desses sensores pode provocar erro de processamento do material, em especial a oscilação de comportamento durante a extrusão. A **Figura 6** retrata o caso de forma resumida.

Figura 6 – Diagrama de Causa – Efeito para o caso isolamento com deformidade

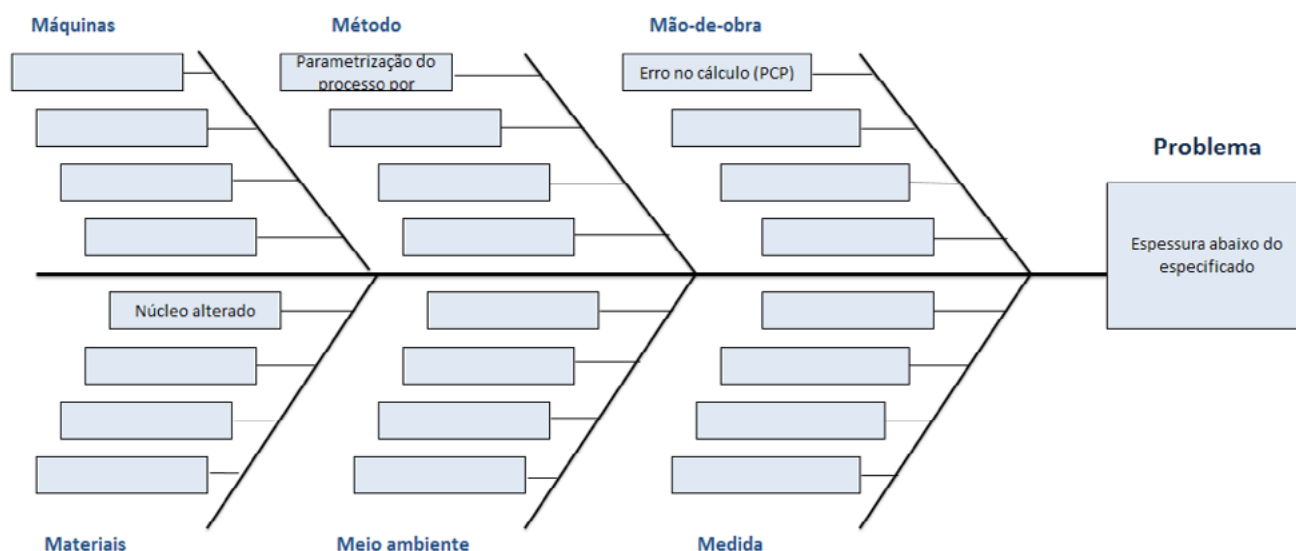


Fonte: Elaboração própria.

4.2.6 Produto E com espessura não conforme

Na investigação das causas para o defeito de espessura abaixo do especificado do produto E, a engenharia de processo avaliou todos os parâmetros. A causa relacionada a materiais para núcleo alterado, pois uma vez que o cabo passa por várias etapas antes de passar pela extrusão, é muito comum que etapas anteriores não consigam respeitar as dimensões por diversos motivos. Para o parâmetro de métodos para a causa de parametrização do processo por diâmetro, pois em alguns casos há exigência de diâmetro pelo cliente, e esta informação está estabelecida na ordem de produção fazendo com que o operador respeite apenas o diâmetro nos casos em que não é possível alcançar espessura e diâmetro simultaneamente. Por fim, para o parâmetro de mão de obra a causa de erro no cálculo das dimensões estabelecidas na ordem de produção foi detectado pela engenharia de processo. O diagrama específico está representado na **Figura 7**.

Figura 7 – Diagrama de Causa – Efeito para o caso espessura abaixo do especificado



Fonte: Elaboração própria.

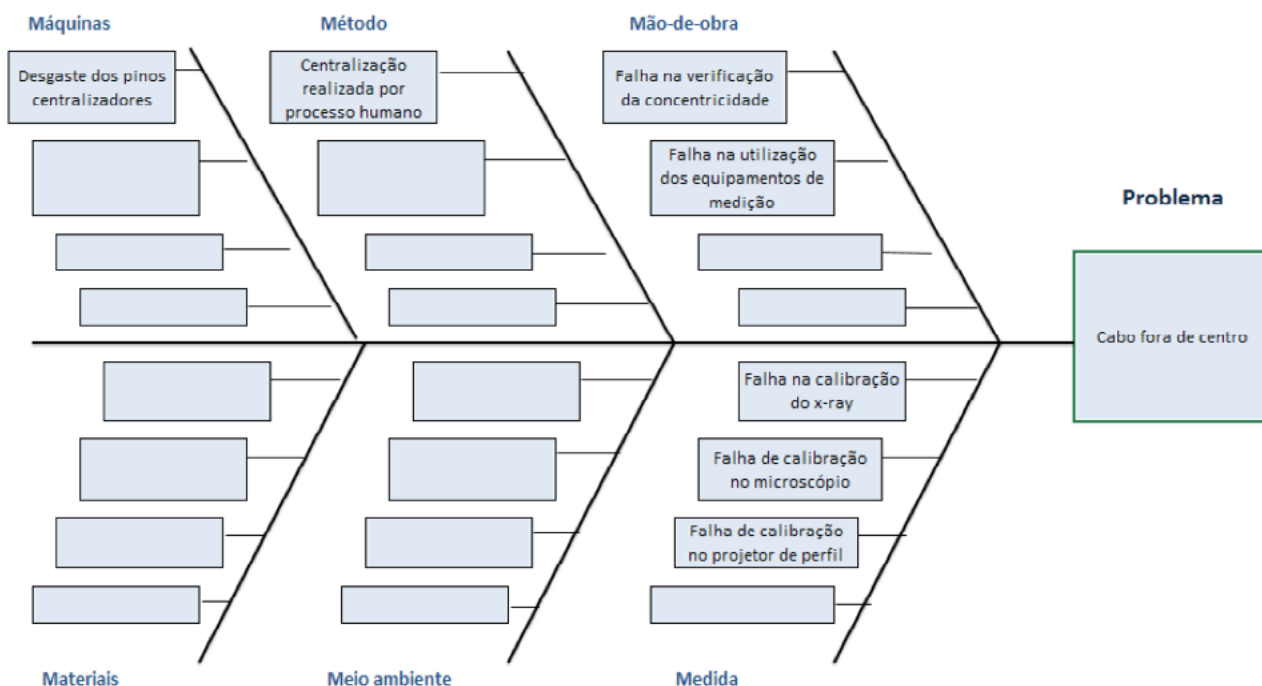
4.2.7 Produto E com falha de centralização

O produto E também foi investigado quanto ao defeito de cabo descentralizado. O setor de engenharia de processo informou que a principal causa é relacionada ao método, uma vez que a centralização é realizada por processo humano, o que o torna bastante impreciso, para a possibilidade de ocorrência. O parâmetro de mão de obra para a falha operacional de verificação da concentricidade e para a falha operacional da utilização dos equipamentos de medição. Apesar de obter chances mínimas de ocorrência o parâmetro relacionado a medida obteve três causas, que são: falha na calibração do equipamento do X-Ray, falha na calibração do microscópio e falha na calibração do projetor de perfil. Todos estes instrumentos possuem a função de auxiliar o operador no ajuste da centralização do cabo. Por fim, no parâmetro de máquinas foi encontrada uma causa devido ao desgaste dos pinos centralizadores, que são os componentes através dos quais o operador ajusta o núcleo para garantir a centralização. Quando estes estão desgastados, o cabo corre o risco de iniciar o processo centralizado e terminar descentralizado. A **Figura 8** ilustra do diagrama de causa-efeito do caso.

4.3 Intervenção Proposta

Após a definição das causas diretamente relacionadas aos casos de não conformidade foi elaborado um estudo dos fatores associados às mesmas e as possíveis correções ou ações a serem adotadas. Para tal foi elaborado um plano de ação (5W2H), realizado em cooperação com os diversos setores da empresa em estudo. Os casos tratados no plano de ação (5W2H) seguem a ordem exposta na investigação das causas, sendo apresentados os seus 7 componentes:

Figura 8 – Diagrama de Causa – Efeito para o caso cabo fora de centro



Fonte: Elaboração própria.

- O que fazer;
- Como fazer;
- Quem irá executar;
- Quando será realizado;
- Onde será executado;
- Por que deve ser feito;
- Quanto custa a sua realização.

O primeiro caso tratado é o erro de gravação no produto A tendo como causa o erro de configuração da impressora pelo operador, ressalta-se que o custo está expresso no parâmetro HH (Homem-Hora), sendo o mesmo adotado em outros casos, em virtude da restrição imposta pela empresa em acessar dados referentes aos recursos humanos. Colaboraram para sua composição os setores de produção e de engenharia de processos. O objetivo é garantir o *setup* preciso, para tal indica-se a duplicidade na entrada do texto a ser gravado pela impressora, desta forma ao repetir o processo de inserção dos dados será possível identificar qualquer divergência entre o descrito na ordem de produção (OP) e o programado. A ação segue a execução do procedimento em falha, devendo ser realizada pelo operador e na máquina em processo. O custo da ação foi estimado em 0,05 HH, equivalente ao tempo adicional de trabalho de 3 minutos pelo operador a cada processo de *setup*. Destaca-se aqui que o mesmo é uma ação cíclica, devendo assim compor o procedimento normatizado do processo produtivo.

A segunda causa analisada envolvendo o produto A refere-se ao erro de emissão da OP, assim o objetivo da ação proposta é garantir a precisão no ato de sua emissão. Para tal foi proposto que seja realizada a checagem dos dados da OP por um outro colaborador, em princípio uma atividade de supervisão mas que pode ser implementada por um estagiário ou outro colaborador da área. Este procedimento deve ser realizado antes que a OP seja encaminhada à produção e preferencialmente realizada no PCP, com a devida validação dos dados é possível garantir a exatidão das informações que serão impressas nos cabos em processo. O custo estimado é de 0,017 HH. De forma similar ao caso anterior é uma ação cíclica devendo ocorrer a cada OP emitida.

Outra ação envolvendo o produto A é evitar o entupimento do bico impressor, causa associada à falha tipificada como gravação danificada. Esta ação deve ser realizada pelo departamento de manutenção da empresa, tendo como atividade em si a definição de um plano de manutenção e limpeza, devendo ser imediatamente implementado. O procedimento ocorre na própria linha e no setor envolvido, com a confecção do plano, ajustando-o de forma que as falhas no bico cessem em definitivo, será possível mitigar o problema e até a sua completa extinção.

Ainda com relação à gravação danificada do Produto A, é necessário que se faça o correto posicionamento dos roletes da máquina e da impressora. Como solução é indicada a normatização do processo e a realização de uma LUP (Lição de Ponto Único), aplicada em treinamento prático do operador pela Engenharia de Processos. Apesar de ser parte do conhecimento dos envolvidos na produção, não haver um registro formal do procedimento impede que a empresa, ao substituir um colaborador ou alterá-lo em função, garanta que a ação correta seja realizada. Não há custo estimado para este procedimento e o mesmo deve ser realizado no posto de trabalho.

Como forma de garantir maior precisão na margem de erro estimada, e assim evitar que o lance de produzido saia do fora do programado, foi indicada a realização de uma atividade supervisora sobre os dados da OP. Entende-se que o método para estimar a margem está adequado ao processo produtivo, entretanto erros na entrada de dados podem ocasionar uma estimativa equivocada. Em função da simplicidade do procedimento, indicamos que o mesmo esteja a cargo de um estagiário do setor de PCP, tendo um custo estimado em 0,17HH. Com esta ação será possível validar os dados aplicados ao sistema em uso, garantir sua eficácia e descartar perdas por produção mal planejada.

Outra causa associada ao lance fora do programado encontrado no produto B e C é o erro na calibração do conta-metro. O serviço de calibração é realizado por uma empresa terceira, especializada em equipamentos de medição, possuindo um indicador de validade. Para garantir que não haja falha na calibração indicamos que seja adotada uma revisão no plano de manutenção do conta-metro, realizado pela própria empresa especializada, devendo rever os prazos de validade e sua forma de controle. Não é possível estimar o custo para a sua realização, entretanto sua adoção deve ser compreendida como uma prática de melhoria contínua e parte da atividade contratada pela empresa fabricante.

Para garantir a especificação da matéria-prima utilizada no processo produtivo foram propostas a inspeção dos equipamentos que abastecem a extrusora, realizada pelo próprio operador antes de dar início ao processo, garantindo maior rigidez no controle de qualidade da matéria-prima, atividade pertinente à engenharia de materiais da companhia. A realização destes dois procedimentos permitirá evitar a não conformidade do material utilizado, causa frequente de ruptura da cobertura no produto B e em demais produtos.

Outra causa detectada como relevante é o acúmulo de resíduos no macho, para garantir que o material depositado não interfira na qualidade do produto foi indicada a colocação de um tecido retentor envolvendo o condutor antes que o mesmo passe pela extrusora. Desta forma o material liberado pelo atrito com a ferramenta será reduzido, evitando que o mesmo acompanhe a isolação e gere rasgos ou anomalias no cabo produzido. O custo do posicionamento do tecido foi estimado em 0,02HH, realizada pelo próprio operador, e o do material em R\$0,22 por operação realizada. A ação é cíclica devendo ser adotada a cada processo e realizada no próprio equipamento.

Como uma ação mitigadora das falhas nos dispositivos de controle de temperatura, uma das causas de deformidade na isolação do produto D, foi proposta a revisão do plano de manutenção dos mesmos. A sua realização deve ser iniciada o mais breve possível e realizada pelo setor responsável. Em princípio, o plano deve garantir que a vida útil dos dispositivos seja respeitada e prever possíveis causas adicionais que a encurtem ou provoquem sua falha. Não há estimativa para o custo, uma vez que há a necessidade de ser feita a análise pelo próprio setor.

Ainda referente à deformidade na isolação, é necessário garantir a conformidade da matéria-prima utilizada. Sendo a umidade identificada como um dos principais fatores causais da falha no produto D, é fundamental garantir o correto armazenamento dos materiais. Durante a investigação, realizada por este estudo, foram observadas condições impróprias no ponto de armazenagem. Indica-se como ação alterar a estrutura do ponto de armazenagem, de tal modo que aumente a proteção do mesmo das condições externas do ambiente. Tal procedimento deve ser realizado por empresa especializada, sob orientação e projeto da engenharia de materiais. Outra condição crítica no tocante à umidade são os vasilhames em uso pela empresa, é fundamental garantir a correta vedação, para tal deve ser adotada a troca sistemática dos atuais, em sua maioria produzidos em papelão, por vasilhames em material não permeável e com sistema de fechamento mais seguro. Com estas ações é possível garantir a qualidade do material até sua entrega ao setor de produção.

Por último temos o caso considerado mais complexo e grave dentre todas as causas analisadas, as alterações do núcleo. O objetivo é bem específico, garantir as dimensões especificadas para núcleo. A complexidade se dá no fato da necessidade de se rever os processos de fabricação do mesmo, cabendo à Engenharia de Processos um estudo detalhado sobre a não conformidade dele, similar ao realizado nesta pesquisa e até mais aprofundado, dada a relevância do caso. Não é possível estimar o custo de tal realização e nem definir com exatidão sua forma, entretanto é de nossa compreensão que em um ambiente fabril complexo a interligação entre as áreas produtivas e a mitigação da não conformidade em cada etapa são fundamentais para o resultado final, e assim garantir um produto de excepcional qualidade entregue ao cliente, com processos enxutos e com redução categórica de desperdícios, sejam eles materiais ou laborais.

4.4 Resultados encontrados

Considerando apenas os produtos que apresentaram não conformidade a taxa de sucateamento alcançou 14%. Os dados referem-se a um total próximo a 2,5 milhões de metros de cabos que apresentaram não conformidade na sua produção, sendo 340 mil metros considerados como sucata. Tendo por base os valores apresentados pela empresa, o custo de reprocessamento da sucata tem valor médio de 4,50/Kg no caso do alumínio como condutor e de 12,80/Kg para os de cobre.

Com base nos dados apresentados pela empresa, incluindo a ficha técnica dos produtos, e os casos selecionados nesta pesquisa foi possível identificar o custo de reprocessamento dos materiais envolvidos em R\$115.202,30. A **tabela 1** discrimina a quantidade de material descartado na produção de cada item, o tipo de metal condutor, alumínio (Al) ou cobre (Cu), bem como a relação de densidade expressa em quilogramas por quilometro (Kg/Km) e o custo por reprocessamento de cada item sucateado expressos em reais (R\$).

Tabela 1 – Custo de reprocessamento de produtos não conformes

<i>Produto</i>	<i>Sucata (m)</i>	<i>Condutor</i>	<i>Kg/Km</i>	<i>Custo(R\$)</i>
A	4.400	Al	725	14.355
B	15.040	Cu	300	57.753,6
C	900	Cu	624	7.188,48
D	4.200	Cu	480	25.804,8
E	3.450	Cu	51	2.252,16
F	931	Cu	624	7.436,083
G	200	Cu	161	412,16
Total	29.121			115.202,3

Fonte: Elaboração própria.

Tendo por hipótese considerar os casos de RNC tratados nesta pesquisa, conclui-se que as ações planejadas contribuem para uma redução anual dos custos com reprocessamento de materiais no volume aproximado de R\$1.000.000,00. Adiciona-se a essa despesa, o retrabalho incidente da não conformidade e as perdas referentes a penalidades contratuais com os clientes e a própria credibilidade da empresa.

Tais resultados alcançados reforça a vantagem citada por Farooq et al. (2016) quanto a identificar e tratar das interações entre os fatores de não-conformidades e o processo produtivo. Tais resultados também contribuem para o que Manganiello (2016) chamou de “fator da qualidade”. Não obstante o montante estar dentro do estimado como viável pela companhia, entende-se que o investimento na melhoria contínua, na formação e treinamento dos profissionais, na manutenção e na atualização de seus equipamentos, seja a curto ou longo prazo, irá trazer benefícios econômicos tendo em vista os valores considerados.

.....

5. Conclusões

A análise dos dados identificou os fatores mais relevantes relacionados ao processo de fabricação, gerando um relatório dos fatores causais das falhas e dos métodos sugeridos para a mitigação ou eliminação das mesmas, ficando a critério da empresa a utilização das ferramentas propostas. O trabalho possui uma abordagem restrita ao ambiente da empresa alvo do estudo. Dessa forma, seus resultados devem ser aplicados exclusivamente a mesma. Este trabalho conclui que garantir a capacidade de resposta da empresa ao solicitado pelos clientes, de forma pontual e qualificada, é fundamental como fator de diferenciação da concorrência, assim ter um mapeamento preciso dos fatores causais de não conformidade pode permitir que a empresa potencialize a sua capacidade produtiva.

O mapeamento dos processos de fabricação de cabos extrudados revelou como principais fatores redutores da capacidade produtiva: a variabilidade da produção, a não adoção de medidas preditivas e a formação da mão-de-obra operacional. Os três elementos comunicam-se entre si e não devem ser observados isoladamente.

Apesar das limitações impostas a este estudo, é possível ratificar a relevância do uso de ferramentas da qualidade e demais teorias adotadas, em especial as destinadas ao estudo dos processos cíclicos, mesmo aqueles com forte variabilidade como os relatados neste trabalho. Com base em nossa avaliação, conclui-se que com a correta aplicação dos métodos de análise e decisão pode-se determinar um caminho viável, que equacione as distorções dos processos e possibilite uma gestão mais apropriada e transparente da produção e de todos os demais processos envolvidos. A aplicação das ferramentas da qualidade não apenas é útil na redução de perdas, mas adotando-se a visão da melhoria contínua, na otimização de resultados.

O estudo tornou possível identificar os impactos da não conformidade na organização por conta dos principais fatores causais. O método de estudo de caso adotado nesta pesquisa permitiu selecionar um cenário relevante e recorrente, um setor com taxa de sucateamento na ordem de 14% em função de não conformidades, o que se refere a quase 2,5 milhões de metros de cabos que apresentaram não conformidade na sua produção, sendo 340 mil metros considerados como sucata. Tendo por base os valores apresentados pela empresa, o custo de reprocessamento da sucata tem valor médio de 4,50/Kg no caso do alumínio como condutor e de 12,80/Kg para os de cobre. Com base nos dados apresentados pela empresa, incluindo a ficha técnica dos produtos, e os casos selecionados nesta pesquisa foi possível identificar o custo de reprocessamento. O uso de ferramentas de gestão auxiliou na descrição da situação, bem como garantiu o suporte metodológico para que outras empresas possam mitigar problemas de planta produtiva.

A adoção de uma metodologia apropriada possibilita maior flexibilidade nos preços e prazos adotados, fato este que gera um adicional de competitividade aos negócios. A aplicabilidade da pesquisa é intrínseca ao projeto uma vez que é realizada em um ambiente de escopo limitado e com resultados exclusivamente para o uso do agente em estudo. Como sugestão de estudos futuros, se abre a possibilidade da aplicação de outros métodos e ferramentas de análise e seleção para identificar modelos mais aderentes ao cenário mais amplo local.

.....

Referências

- Adamy, A.P.A.; Gomes, T.E.O.; Storck, O.; Zanini, R.R.; Da Rosa, L.C. (2017), "The use of statistical process control as a form of quality assurance for the customer: application in a metalworking industry", *Revista Espacios*, Vol.38, Num.3, pp.6.
- Araújo, T.R.; Jugend, D. (2016), "Esforços de integração em projetos radicais e incrementais de desenvolvimento de novos produtos baseados na biodiversidade: estudo de caso em empresa do setor de biotecnologia" *Gestão & Produção*, Vol.23, Num.4, pp.676-688
- Batista, I.C.P.; Santos, M.G.F.(2015), "O Impacto Financeiro das Auditorias da Qualidade nas empresas Portuguesas", *Revista Produção e Desenvolvimento*, Vol.1, Num.3, pp.90-102, 2015.
- Benevides, G.; Sabbag, S.N.; Reis Neto, M.I.; Barros, J.H.; Oliveira, K.C. Santos; Videira, M.M.M. (2016), "Aplicação do seis sigma para reduzir a variabilidade no processo de usinagem", *Revista Olhar, Sorocaba, SP*, Vol.1, Num.1, pp.27-46, jun. 2016.
- Carvalho, M.M. (2012), "Gestão da Qualidade: teoria e casos", Ed.Elsevier, Rio de Janeiro
- Farooq, M.A.; Nóvoab, H.; Araújo, A.; Tavares, S.M.O. (2016), "An innovative approach for planning and execution of pre-experimental runs for Design of Experiments", *European Research on Management and Business Economics*, Vol.22, pp.155-161
- Fedozzi, L. (2014), "As não conformidades mais comuns em auditorias de certificação", Bureau Veritas, Disponível em: <http://blog.bvtreinamento.com/2014/02/as-nao-conformidades-mais-comuns-em-auditorias-de-certificacao-2/>. Acesso em: 03/12/2015.
- Ilie, G., Ciociou, C.N. (2010), "Application of fishbone diagram to determine the risk of an event with multiple causes", *Management Research and Practice*, Vol.2, Num.1, pp.1-20.
- Juran, J.M., (2010), "Juran's Quality Handbook", Ed.McGraw-Hill, Nova Iorque.
- Lima, J. A.; Santiago P.O. (2011), "Os Primeiros Conceitos da Gestão da Qualidade Total", *Anais do XIV Encontro Regional de Estudantes de Biblioteconomia, Documentação, Ciência da Informação e Gestão da informação*, São Luís, Janeiro, 2011.
- Manganiello, V. (2016), "Food System and Territorial Sustainability: the Case Study of Campanian Certified Companies", *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, Vol.8, pp.276-281
- Menezes, F.M. (2013), "MASP – Metodologia em Análise e Solução de problemas". *Produttare*, Porto Alegre
- Moreira, M.C.S.; Pacheco, D.A.J. (2017), "Critical factors for the implementation of Standard OHSAS 18001", *Revista Espacios*, Vol.38, Num.2, pp.22
- Mostafa, S.; Lee, S.H.; Dumrak, J.; Chileshe, N.; Soltan, H. (2015), "Lean thinking for a maintenance process", *Production & Manufacturing Research*, Vol.3, Num.1, pp.236-27
- Nascimento, J.F., Teixeira, V.V.N., Menezes, J.E.C., Alves, K.R.C.P. (2016), "A importância do gerenciamento de resíduos sólidos e sua logística reversa nos postos de combustíveis da cidade de Campina Grande – PB", *Revista Produção e Desenvolvimento*, Vol.2, Num.1, pp.64-76.
- Pistore, G.C., Philereno, R.F.D.C., Silva, A.; Faccin, K. (2015), "Contabilidade de custos para formação de preço de venda: um estudo de caso em uma indústria de suspensões pneumáticas de Caxias do Sul-RS", *Revista Produção e Desenvolvimento*, Vol.1, Num.1, pp.31-49, 2015.
- Prakash, A.; Jha, S.K.; Prasad, K.D.; Singh, A.K. (2017), "Productivity, quality and business performance: an empirical study", *International Journal of Productivity and Performance Management*, Vol.66, Num.1, pp.78-91.
- Rossato, F.; Boligon, J.A.R.; Medeiros, F.S.B. (2016), "Estratégias para a implantação do programa 5s em uma cooperativa", *Latin American Journal of Business Management*, Vol.7, Num.2, pp.27-49.

Ruthes, J. (2014), "Gestão da Qualidade Total", *Enciclopédia Mineira*, Janaúba, 2014. Disponível em: <<http://enciclopediamineira.blogspot.com.br/2010/11/gestao-da-qualidade-total.html>>. Acesso em: 12/10/2015.

Santos, A.R.R.; Santos, L.D.; Scalco, D.; Servat, M.E.; Polacinski, E. (2014), "Sistemas de Gestão da Qualidade: Diretrizes para a implementação ISO 9001", *Anais. IV SIEEF-Semana Internacional de Engenharia e Economia da FAHOR*, Horizontina.

Shwab, K. (2013), "The Global Competitiveness Report 2012-2013", *World Economic Forum*, Davos.

Wazlawick, R.S. (2010), "Uma Reflexão sobre a Pesquisa em Ciência da Computação à Luz da Classificação das Ciências e do Método Científico", *Revista de Sistemas de Informação da FSMA*, Num.6, pp.3-10

Zhao, C.H.; Zhang, X.Y.; Zhong, J.; Chen, S.J. (2011), "Analysis of Accident Safety Risk of Tower Crane Based on Fishbone Diagram and the Analytic Hierarchy Process", *Applied Mechanics and Materials*, Vol.127, pp.139-143