

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

JOCENEI MARTINS

**REDUÇÃO DO RETRABALHO CAUSADO POR MÁ APLICAÇÃO DE
VERNIZ INTERNO EM EMBALAGENS METÁLICAS**

MONOGRAFIA

PONTA GROSSA

2017

JOCENEI MARTINS

**REDUÇÃO DO RETRABALHO CAUSADO POR MÁ APLICAÇÃO DE
VERNIZ INTERNO EM EMBALAGENS METÁLICAS**

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Engenharia de Produção do Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientadora: Prof. Dra. Claudia Tania Picinin

PONTA GROSSA

2017



Ministério da Educação
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CAMPUS PONTA GROSSA
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Curso de Especialização em Engenharia de Produção



FOLHA DE APROVAÇÃO

REDUÇÃO DO RETRABALHO CAUSADO POR MÁ APLICAÇÃO DE VERNIZ INTERNO EM EMBALAGENS PLÁSTICAS.

por

Jocenei Martins

Esta monografia foi apresentada no dia dezessete de março de dois mil e dezessete como requisito parcial para a obtenção do título de ESPECIALISTA EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof^a. Dr^a Claudia Tania Picinin (UTFPR)
Orientadora

Prof. Dr. Ariel Orlei Michaloski (UTFPR)
Membro

Prof. Dr. Flavio Trojan (UTFPR)
Membro

Visto do Coordenador:

Prof. Dr. Ariel Orlei Michaloski
Coordenador
UTFPR – Câmpus Ponta Grossa

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter dado vontade e força para superar todas as adversidades.

À UTFPR, seu corpo docente, direção e administração que disponibilizaram os meios para que eu conseguisse efetivamente alcançar este glorioso objetivo.

À minha orientadora Claudia Tania Picinin, pelo estimado suporte, pela disponibilidade para sanar as mais diversas dúvidas, pela sua contribuição em tempo recorde e incentivo.

À minha família pela força nos momentos mais difíceis durante essa jornada, que me fizeram esquecer o cansaço de uma semana exaustiva e prosseguir buscando mais conhecimento.

Aos meus colegas de trabalho pelo esforço em conseguir dados e informações para o sucesso desta pesquisa, a disponibilidade deles me motivou a usar cada minuto livre para me dedicar aos estudos pois me fizeram acreditar que o meu sucesso é uma vitória para eles também.

Aos meus colegas de sala de aula, que me ajudaram a compreender os assuntos mais estranhos e incomuns, pelos momentos que compartilhamos dúvidas, angústias e alegrias, pelas piadas nos momentos certos, pela leveza ao encararmos nossos obstáculos, pelas experiências de vida que cada um compartilhou comigo. Guardo cada um deles no meu coração e tenho a certeza que jamais os esquecerei, pois conheci pessoas extraordinárias, que sem medo de errar, fazem diferença na sociedade.

RESUMO

MARTINS, Jocenei. **Redução do retrabalho causado por má aplicação de verniz interno em embalagens metálicas**. 2017. 56p. Monografia (Especialização em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2017.

Este trabalho teve como objetivo controlar as falhas de revestimento interno nas latas de alumínio em relação aos anos anteriores, o que correspondia a perda de credibilidade da empresa perante seus clientes e reduzir o alto custo de retrabalho que as falhas no revestimento causavam. A metodologia Seis Sigma, com ênfase na ferramenta DMAIC, que serve para definir, medir, analisar, implantar melhorias e controlar o processo, norteou a sequência de atividades desenvolvidas. A pesquisa teórica foi embasada em artigos e manuais que buscam a aplicação prática de metodologias em sistemas industriais com baixa eficiência, alto custo de manutenção e baixa confiabilidade. Ao ser aplicada a metodologia de análise de causa e efeito, como o FMEA (*Failure Mode and Effect analysis* – Análise dos Modos de Falha e Efeitos), identificou-se a necessidade de treinamento e compreensão dos fenômenos físicos envolvidos no processo, bem como criar condições para o entendimento das falhas ocorridas, melhorias nos processos para resolver problemas crônicos de qualidade e medidas de controle. Desenvolveu-se dispositivos para coleta de dados e geração de informação em tempo real, capaz de garantir a correta aplicação do verniz de revestimento aplicado às latas de alumínio, gerar relatórios de consumo e especificações para melhorar a tomada de decisão operacional sobre a qualidade do produto em fabricação. O estudo evidenciou a deficiência do equipamento aplicador de verniz interno, que acarretava retrabalho e desperdício de insumos, pelo desconhecimento dos ajustes e variáveis de processo. Mostrou que somente após conhecer completamente os processos envolvidos na fabricação de um produto é que se pode implantar melhorias verdadeiramente eficientes.

Palavras-chave: Verniz. Seis Sigma. FMEA. DMAIC. Viscosidade.

ABSTRACT

MARTINS, Jocenei. **Reduction of the rework caused by bad application of the internal varnish in metallic packages.** 2017. 56p. Monografia (Especialização em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2017.

This work had as objective to control the failures of internal coating in aluminum cans in relation to previous years, which corresponds to the loss of credibility of the company towards its clients and to reduce the high cost of rework that as failures not coating caused. The Six Sigma methodology, with emphasis on the DMAIC tool, which defines, measures, analyzes, improvements and controls the process, guides the sequence of activities developed. The theoretical research was based on articles and manuals that seek the practical application of methodologies in industrial systems with low efficiency, high maintenance cost and low reliability. When applying the methodology such as the FMEA (Failure Mode and Effect analysis), it was identified the need for training and understanding of the physical phenomena involved in the process, as well as to create conditions for the understanding of the failures occurred, improvements in the processes to solve chronic quality problems and control measures. Devices for data collection and real-time information generation have been developed, capable of ensuring the correct application of coating varnish applied to aluminum cans, generating consumption reports and specifications to improve operational decision-making on product quality in manufacturing. The work evidenced the deficiency of the internal varnish applicator equipment, which entailed rework and waste of inputs, due to the lack of knowledge of the adjustments and process variables. It showed that it is only through knowing the processes involved in manufacturing a product that truly effective improvements can be implemented.

Keywords: Varnish. Six Sigma. FMEA. DMAIC. Viscosity.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Diagrama de blocos do processo de fabricação de latas de alumínio.....	14
Figura 2 – Sequência de conformação da folha à lata de alumínio.....	16
Figura 3 – Máquinas para conformação das chapas de alumínio	16
Figura 4 – Máquina de lavagem e secagem das latas de alumínio.....	17
Figura 5 – Impressora de rótulos em latas de alumínio.....	18
Figura 6 – Forno de pinos	18
Figura 7 – Conjunto bico e pistola de pulverização	19
Figura 8 – Forno para cura de revestimentos.....	20
Figura 9 – Termógrafo Oven Tracker XL2.....	20
Figura 10 – Testador automático de revestimento interno de latas de alumínio	22
Figura 11 – Testador semiautomático de revestimento de latas de alumínio.....	22
Figura 12 – iTrax, Sistema de monitoramento da aplicação verniz interno	23
Figura 13 – Planilha de registro de medições de metal exposto	31
Figura 14 – Esquema de cores para medição de metal exposto.....	32
Figura 15 – Registro de viscosidade e temperatura	33
Figura 16 – Diagrama de Ishikawa para LSM	35
Figura 17 – Diagrama de Ishikawa para IBO.....	35
Figura 18 – Sistema de faca de ar	39
Figura 19 – Insuflador de ar para telhado	40
Figura 20 – Transmissor de temperatura infravermelho.....	41
Figura 21 – Registro de informações do processo	41
Figura 22 – Parâmetros de ajustes de pistolas da LSM.....	42
Figura 23 – Sistema Line Guard para dosagem de químicos	44
Figura 24 – Jateadoras de Gelo Seco.....	45
Figura 25 – Viscosímetro instalado na linha de verniz da LSM.....	46
Figura 26 – Tela de monitoramento para temperatura e viscosidade	46
Gráfico 1 – Estratificação de HFI em 2015.....	29
Gráfico 2 – Estratificação de HFI em 2016 - janeiro a novembro.....	30
Gráfico 3 – Pareto de falhas encontradas na LSM.....	37
Gráfico 4 – Pareto de falhas encontradas no IBO.....	38

Quadro 1 – Perguntas Abertas sobre Metal Exposto	32
Quadro 2 – Análise de modos de falhas e seus efeitos para LSM	36
Quadro 3 – Análise de modos de falhas e seus efeitos para IBO	36
Tabela 1 – Modos de falha retrabalhados em 2015	28
Tabela 2 – Modos de falha retrabalhados em 2016 - janeiro a novembro	29
Tabela 3 – Paletes retrabalhados por metal exposto	49
Tabela 4 – Média de metal exposto	49
Tabela 5 – Quantidade de verniz utilizado no retrabalho	50

LISTA DE SIGLAS

DMAIC	<i>Define, Measure, Analyze, Improve and Control</i> – Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar
FMEA	Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos
HFI	<i>Holding for Inspection</i> – Retido para Inspeção
IBO	<i>Internal Bake Oven</i> – Forno de Cura Interna
LSM	<i>Lacquer Spray Machine</i> – Aplicador de Verniz Interno
ME	Metal Exposto
MES	<i>Manufacturing Execution Systems</i> – Sistema de Execução de Manufatura
UV	Ultravioleta

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	OBJETIVOS	11
1.1.1	Objetivo Geral.....	11
1.1.2	Objetivos Específicos	11
1.2	JUSTIFICATIVAS	11
1.2.1	Justificativa Acadêmica	11
1.2.2	Justificativa Social	12
1.2.3	Justificativa Industrial.....	12
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
2.1	PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE LATAS DE ALUMÍNIO.....	14
2.1.1	Conformação Mecânica.....	15
2.1.2	Processo de Lavagem de Latas de Alumínio	16
2.1.3	Impressão do Rótulo e Revestimento Externo	17
2.1.4	Revestimento Interno	19
2.1.5	Cura dos Revestimento Interno e Externo.....	19
2.2	METAL EXPOSTO	21
2.3	RETRABALHO	23
2.4	RETRABALHO DO METAL EXPOSTO.....	25
3	METODOLOGIA	26
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
4.1	DEFINIÇÃO DO PROBLEMA ESTUDADO	28
4.2	MEDIÇÃO E COLETA DE DADOS DO PROCESSO.....	31
4.3	APLICAÇÃO DE MÉTODOS DE ANÁLISE	33
4.4	IMPLANTAÇÃO DE AÇÕES PROPOSTAS PELO ESTUDO.....	39
4.4.1	Falha na Lavagem da Lata	39
4.4.2	Temperatura Ambiente Elevada	40
4.4.3	Temperatura da Lata Elevada	41
4.4.4	Set Up de Máquina LSM Mal Feito	42
4.4.5	Falha no Escoamento de Verniz dentro da Embalagem	43
4.4.6	Falha na Manutenção Preventiva e Autônoma.....	43
4.4.7	Filtros de Verniz Entupidos, Instalados na LSM	43
4.4.8	Impurezas dentro da Lata vindas de Processos Anteriores.....	44
4.4.9	Viscosidade do Verniz fora do Especificado.....	45
4.4.10	Baixa Concentração de Sólidos no Verniz.....	47
4.4.11	Ajustes Incorretos do IBO.....	47
4.4.12	Velocidades das Esteiras Transportadoras Inadequadas até o IBO	48
4.5	CONTROLE DAS AÇÕES IMPLANTADAS.....	48
4.6	RESULTADOS ALCANÇADOS.....	49
5	CONCLUSÃO	51

REFERÊNCIAS.....53

1 INTRODUÇÃO

Os prejuízos causados por devoluções de produtos de má qualidade estão entre os maiores custos que o uma empresa precisa eliminar, pois além de custos com devolução e consequente retrabalhos ou sucateamento dos produtos existem custos ligados a saúde dos consumidores quando tratamos de produtos alimentícios.

Na indústria de embalagens de alumínio, o defeito de qualidade que causa maior transtorno é o metal exposto (MAGOMYA A. M. et al., 2016), que é quando há falha na aplicação de verniz interno ou lavagem ineficiente da lata, este tipo de falha não se verifica de imediato e os produtos podem ser envasados, distribuídos e consumido sem que se perceba o problema. A reação química entre o alumínio e os produtos podem criar subprodutos que agridam a saúde dos consumidores.

A indústria fabricante das embalagens de alumínio possui barreiras de qualidade para assegurar que produtos saiam da sua linha de produção próprios para o envase. Entretanto, estas barreiras são feitas por amostragens e quando se detecta desvios nas especificações do produto retém-se lotes gigantescos para serem retrabalhados, o que demanda tempo de produção parada diminuindo a eficiência da produção e elevando custos, o que não é desejável em nenhum tipo de indústria que pretenda se manter no mercado com alto grau de competitividade.

As embalagens de alumínio são amplamente utilizadas para bebidas, onde precisam serem rígidas, leves, resistentes à corrosão e de elevada resistência mecânica. Mas para se utilizar as embalagens de alumínio para alimentos é necessária a utilização de revestimento orgânico interno chamado de verniz sanitário. Estes vernizes são empregados para evitar o contato do metal com o produto alimentício.

É muito relevante a manutenção da integridade do revestimento, pois qualquer amassado ou trinca na embalagem pode gerar o rompimento do verniz, permitindo o contato dos alimentos com o metal. Uma vez iniciada a corrosão, o pH dos alimentos é alterado e subprodutos serão formados, como óxidos metálicos, contaminando o conteúdo da embalagem, podendo causar danos à saúde. Uma embalagem aumenta a segurança do alimento de acordo com os seguintes mecanismos: barreiras a contaminações tanto microbiológicas como químicas e prevenção de migração de seus próprios componentes para o alimento (RIADH et al., 2015).

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho é entender os agentes causadores do metal exposto para eliminá-los ou controlá-los antes destes causem retrabalho na indústria. De forma adicional, quando os agentes causadores do metal exposto gerarem retrabalho, pretende-se reduzir o retrabalho causado por má aplicação de verniz interno em embalagens metálicas.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Uniformizar informações entre plantas fabris;
- Entender a relação do Metal Exposto com processos anteriores e posteriores à aplicação de verniz interno;
- Identificar as características mais apropriados para a aplicação de verniz;
- Conhecer o nível de entendimento dos colaboradores envolvidos no processo de fabricação;
- Propor um método de treinamento dos mecânicos especializados e operadores;
- Criar um *troubleshooting* sobre as falhas ocorridas “conhecer os geradores”;
- Analisar as características do metal da lata;
- Correlacionar a interferência da temperatura do ambiente no processo de aplicação;
- Disponibilizar as informações relevantes do verniz e da lata.

1.2 JUSTIFICATIVAS

1.2.1 Justificativa Acadêmica

O estudo sobre metal exposto é um assunto que requer conhecimentos de qualidade, estatística, manutenção, metodologia, gestão de pessoas dentre outros ramos da ciência, e dá oportunidade de aplicá-los a um caso real para compreender

dificuldades vividas no dia a dia de uma fábrica de embalagens de alumínio. A exploração deste assunto vai gerar informações para pesquisas futuras, pois a busca inicial por literatura ligada ao assunto deste trabalho sinaliza carência de estudos feitos com a intenção de se reduzir retrabalhos gerados por má aplicação de verniz interno em latas de alumínio.

1.2.2 Justificativa Social

O entendimento e controle dos problemas gerados pela má aplicação de verniz interno aumenta a segurança para o consumidor final, haja visto que latas de alumínio acondicionam alimentos e estes em contato direto com o alumínio podem causar danos à saúde. Embalagens metálicas estão entre as mais utilizadas para acondicionar alimentos por longos períodos, aumentando a sua oferta em momentos de entre safras, ou seja, funcionam como um regulador de preços tendo vital importância econômica dentro de uma sociedade.

1.2.3 Justificativa Industrial

Tanto a indústria de transformação mecânica como a indústria de envase de alimentos são beneficiadas pela pesquisa, pois as duas perdem quando o problema da má aplicação de verniz se torna metal exposto.

Na indústria de envase pelos transtornos causados aos seus clientes finais, consumidores, que podem se transformar em prejuízos que vão de simples reposição do produto às indenizações milionárias levando a desgastes de imagem frente a um mercado cada vez mais consciente e exigente, o que por sua vez causa prejuízos muitas vezes irreversíveis.

Na indústria transformadora, os prejuízos têm impactos imediatos, pois como tem um número reduzido de clientes, que ao perceber este tipo de problema podem desde forçar a redução do preço do produto por não atender as especificações até o total encerramento contratual, o que pode decretar inclusive, a inviabilidade da manutenção de suas atividades nesse ramo. E mesmo quando o problema é detectado dentro de suas dependências os prejuízos são elevados, porque se tratando de uma indústria de produção em massa, desvios de produção significam tempo de máquinas paradas para retrabalho e isso gera dois tipos de prejuízos, um

por não se produzir e o outro por gastar mais insumos para recuperar uma produção inapropriada, o que em resumo significa a diminuição na margem de lucro que o produto possa gerar aos seus sócios.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE LATAS DE ALUMÍNIO

Para se ter uma lata de alumínio é necessário o seu elemento principal, a folha de alumínio, e esta matéria prima não é encontrada na natureza na sua forma utilizável. Para se conseguir alumínio é preciso extrair o minério bauxita e após o seu processamento em fornos de alta temperatura transformá-la em alumínio em uma proporção de 5 toneladas de bauxita para 1 tonelada de alumínio, utilizando 13000kW/t de energia elétrica por tonelada de alumínio (SOUZA et al., 2014).

Com a bobina de alumínio já produzida e dentro do processo de fabricação de latas, o material segue o fluxo mostrado no diagrama da Figura 1.



Figura 1 – Diagrama de blocos do processo de fabricação de latas de alumínio.

Fonte: Adaptação a partir de Penteado (2002)

A bobina de alumínio é colocada no desbobinador que alimenta o lubrificador da folha de alumínio para facilitar o trabalho da primeira prensa, chamada de *cupper*, que corta a folha em vários discos e os transforma em copos, bem diferentes das latas finais disponibilizadas no comércio. Depois, os copos seguem para a segunda prensa, *bodymaker*, onde suas paredes externas, submetidas a uma grande pressão, serão

esticadas para formar o corpo da lata, tal como o conhecemos. O passo seguinte é a lavagem da lata, por dentro e por fora. Na lavadora, as latas passam por vários banhos para remover a solução lubrificante utilizada no processo das prensas e depois seguem para um forno de secagem, o que garante sua limpeza. Na impressão, os rótulos são feitos por um sistema de *dry offset* e podem receber até oito cores ao mesmo tempo. As máquinas mais modernas conseguem imprimir acima de duas mil latinhas por minuto. O próximo passo é o revestimento interno. As latas recebem uma camada de verniz interno de forma a evitar o contato do produto envasado diretamente com o alumínio. A última etapa de fabricação é a moldagem do perfil da boca da lata, para que a tampa, após envase possa ser encaixada e recravada. As latas prontas passam pelo controle de qualidade, feito por pessoas qualificadas e por meios eletrônicos que incluem luzes de alta intensidade que removem latas com micro furos e câmeras de alta velocidade que removem latas imperfeitas. O último passo do processo é a paletização e armazenamento das latas (CROWN, 2016).

Como este trabalho trata de metal exposto, seguir serão descritas algumas etapas da fabricação de embalagens que podem causar falhas no revestimento interno.

2.1.1 Conformação Mecânica

É o processo pelo qual se aplica uma força externa à matéria-prima para que a mesma adquira o formato projetado de deformação plástica. O volume e a massa da matéria-prima se mantêm, mas a geometria do material é alterada através de forças aplicadas por ferramentas adequadas projetadas para gravar a forma desejada. Em função da temperatura e do material utilizado, a conformação pode ser classificada como trabalho a frio, a morno e a quente. No caso da indústria de embalagens para bebidas a conformação se dá a frio (CIMM, 2016).

No processo de fabricação de embalagens, a conformação mecânica da folha de alumínio se inicia na primeira prensa, chamada de *Cupper* ou formadora de copos, e finaliza na segunda prensa, conhecida como *Bodymaker* ou formadora do corpo a embalagem. A sequência é melhor explicada na Figura 2.



Figura 2 – Sequência de conformação da folha à lata de alumínio.
Fonte: Adaptado de Rekas et al. (2015 p. 2)

A Figura 3 mostra a primeira e segunda prensa utilizadas para transformar uma chapa de alumínio em uma lata.



Figura 3 – Máquinas para conformação das chapas de alumínio.
Fonte: Adaptado de STOLLE; CMB ENGINEERING (2016)

Nos dois tipos de prensas (Figura 3) as velocidades de trabalho são elevadas e a precisão nos ajustes mecânicos de folgas e alinhamentos devem ser asseguradas para não danificar as máquinas e garantir maior qualidade do produto conformado.

2.1.2 Processo de Lavagem de Latas de Alumínio

A Figura 4 mostra o processo que realiza a limpeza da lata e aplica um tratamento sobre sua superfície preparando-a para etapas posteriores. O processo de

limpeza é realizado com a ação dos tensoativos, do ácido sulfúrico e do ácido fluorídrico.



Figura 4 – Máquina de lavagem e secagem das latas de alumínio.
Fonte: Cincinnati Industrial Machinery (2016)

O processo de tratamento é realizado com a aplicação de flúor zircônio, que é transformado em fosfato zircônico e com a aplicação do *Mobility*, que é uma camada de tensoativo orgânico. A finalidade dessa parte do processo é de tratar a superfície da lata, uma vez que é aplicada uma camada de proteção química à superfície da lata, protegendo-a contra oxidação que ocorre no processo de pasteurização na envasadora; intensificar a mobilidade da lata, pois facilita o seu fluxo nos transportadores; o escorrimento da água sobre as suas superfícies; secar a lata, preparando-a para impressão, além de limpar a lata, removendo da mesma os resíduos orgânicos e inorgânicos (ABRALATAS, 2016).

2.1.3 Impressão do Rótulo e Revestimento Externo

As latas de alumínio lavadas e secas entram na fase de impressão dos rótulos, feita por meio de um processo de flexografia (litografia) que pode utilizar até oito cores aplicadas à lata ao mesmo movimento. Em seguida, quase que simultaneamente, a lata recebe uma camada externa de verniz incolor, para dar melhor acabamento e brilho, além de evitar que a tinta descasque, e outra camada no fundo, para garantir a mobilidade da lata (ABRALATAS, 2016).

A impressora da Figura 5 pode produzir aplica até oito cores e mais o revestimento de verniz externo a uma velocidade de 2200 latas por minuto com a alta resolução de imagem (STOLLE, 2016).

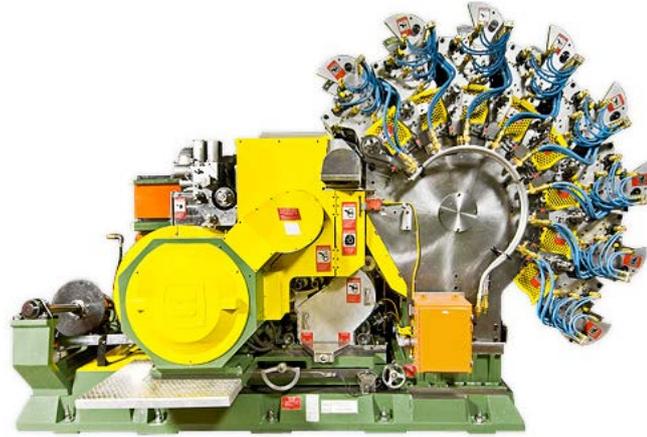


Figura 5 – Impressora de rótulos em latas de alumínio.
Fonte: STOLLE (2016)

Acoplado à impressora existe um forno de pinos, figura 6, responsável por fazer uma pré secagem da impressão para que a mesma não se danifique no transporte até as máquinas de revestimento interno e cura dos vernizes interno e externo (ITS, 2016).

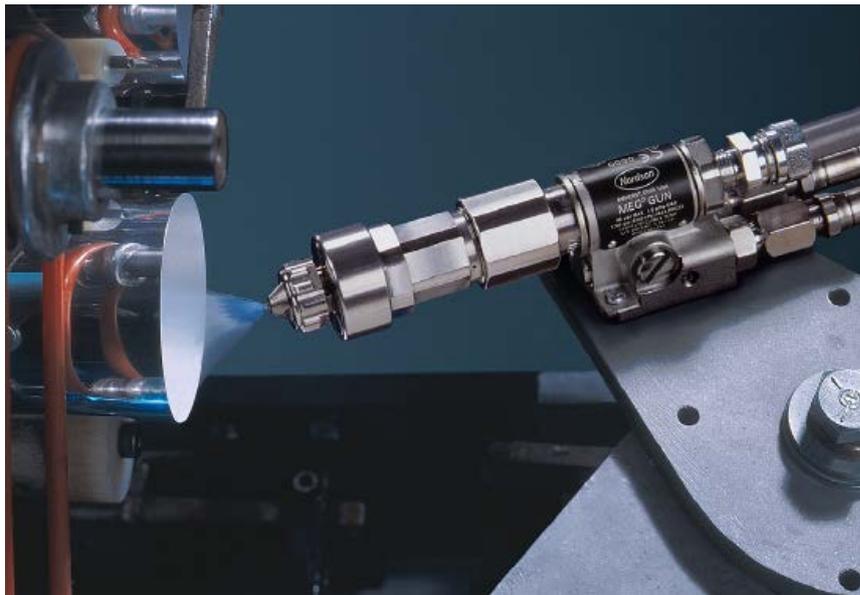


Figura 6 – Forno de pinos.
Fonte: ITS (2016)

O forno de pinos não garante a cura do verniz externo pois a sua velocidade é variável e o tempo de exposição das latas é longo o suficiente para que o verniz e a tinta não sejam removidos nas esteiras transportadoras e assim danifiquem a impressão.

2.1.4 Revestimento Interno

É o processo de revestimento por pulverização para superfícies internas e de base de latas de alumínio ou aço. O material de revestimento líquido é pulverizado com precisão na superfície do interior utilizando bicos de injeção e pistolas de pulverização de alta velocidade e repetíveis (CMB, 2016), como mostra a Figura 7.



**Figura 7 – Conjunto bico e pistola de pulverização.
Fonte: Nordson (2016)**

A pistola de pulverização é acionada eletronicamente após o sensor de presença de lata ser acionado, e para garantir que não haja diferenças no volume de pulverizado o sistema eletrônico é constituído de componentes discretos e sem processamento que exijam tempo de execução.

2.1.5 Cura dos Revestimento Interno e Externo

Após ser aplicado o verniz interno, que forma um revestimento de proteção na parte de dentro da lata, procedimento realizado para garantir que o líquido envasado não entre em contato com a superfície metálica, evitando algum tipo de oxidação ou alteração no sabor da bebida. As latas são levadas novamente a um forno (Figura 8), para finalizar a cura da tinta e dos revestimentos externo e interno (ABRALATAS, 2016).



Figura 8 – Forno para cura de revestimentos
Fonte: ITS (2016)

Para verificar o correto funcionamento do forno de cura final das latas de alumínio, utiliza-se um analisador do comportamento da cura ao longo do tempo de exposição da lata à temperatura de cura (Figura 9), chamado de termógrafo, podem atravessar os ambientes mais hostis de estufas e fornos e serem resgatados ao final do processo de aquecimento com os registros da variação da temperatura gravados em sua memória contendo um software de análise para diagnosticar o comportamento do aquecimento do produto e qual o impacto da temperatura da estufa e ou forno sobre o mesmo (TEKBRASIL, 2016).



Figura 9 – Termógrafo *Oven Tracker XL2*
Fonte: TEKBRASIL (2016)

Empresas fabricantes de embalagens são auditadas por seus clientes e órgãos sanitários do governo. Os relatórios gerados pelo termógrafo são aceitos como comprovação do correto funcionamento do forno de cura dos vernizes das embalagens.

2.2 METAL EXPOSTO

O metal exposto ocorre quando os produtos envasados em embalagens metálicas ficam diretamente expostos ao metal, iniciando um processo de corrosão e isso gera reações químicas que alteram a composição dos alimentos podendo causar danos à saúde dos consumidores. Para evitar a corrosão da embalagem e a contaminação dos alimentos e bebidas com metais dissolvidos devido a corrosão, é aplicado um revestimento no interior da embalagem para evitar a sua deterioração, mantendo a qualidade e sabor do alimento, além de prolongar a sua vida útil (RIADH et al., 2015).

Na indústria fabricante de embalagens de alumínio existem fatores que influenciam na geração de metal exposto, que podem estar relacionados com o excesso de óxido de alumínio gerado no momento que as embalagens estão sendo conformadas, com a ineficiência no processo de banho químico, com respingos de tinta ou verniz durante o processo de decoração, como deficiência na aplicação do revestimento interno ou com a ineficiência no processo de cura do verniz utilizado para o revestimento interno da embalagem (CANADIAN FOOD INSPECTION AGENCY, 1999).

Mesmo que as embalagens saiam integras do seu processo de fabricação o metal exposto pode se pronunciar durante o transporte para o envase, no envasamento, na distribuição dos produtos embalados para o cliente final ou até mesmo na residência dos consumidores, que por desconhecerem os riscos causados pelo metal exposto armazenam seus produtos em lugares inadequados causando danos às embalagens. Amassamentos após o processo de fabricação causados por batidas podem desencadear uma ruptura no revestimento levando a exposição do produto ao metal (CANADIAN FOOD INSPECTION AGENCY, 1999).

O alumínio é o metal mais abundante e representa cerca de 8% em peso da superfície sólida da terra. Os compósitos de alumínio têm amplas aplicações nas indústrias aeroespacial e automotiva, devido à sua rigidez, resistência ao desgaste e boa estabilidade dimensional em comparação com as ligas não reforçadas. Entretanto, é um metal muito reativo, o alumínio sem revestimento forma camada de óxido em minutos (ERVINA, 2012).

As resinas mais utilizadas na composição dos revestimentos são: fenólicas, epóxi, vinílicas, acrílicas, alquídicas, oleorresinosas e polibutadiênicas. A integridade

do revestimento é indispensável para um acondicionamento adequado dos alimentos, pois amassado ou trinca na embalagem pode expor o metal, permitindo o contato dos constituintes dos alimentos com o metal (GENTIL, 2007).

Para assegurar que as embalagens saíam da indústria com alta confiabilidade no revestimento de verniz interno existem testadores automático (Figura 10), que verificam a integridade das latas de forma precisa e repetitiva para evitar falhas no período de testes ou leituras incorretas dos valores de metal exposto que não podem ser maiores que 5 mA. Muitas empresas, devido a relevância deste problema, o metal exposto, mantém testes semiautomáticos (Figura 11), como uma redundância na barreira de qualidade da linha de produção, estes testes são efetuados normalmente de trinta em trinta minutos fazendo com que a segregação de produção seja a menor possível e que demande menos retrabalho (SENCOR, 2016).



**Figura 10 – Testador automático de revestimento interno de latas de alumínio.
Fonte: TORUS (2016)**



**Figura 11 – Testador semiautomático de revestimento de latas de alumínio.
Fonte: SENCOR (2016)**

Além de sistema para medir o grau de metal exposto nas embalagens, existe um equipamento que monitora se o jato de verniz está sendo aplicado dentro dos padrões de tempo e pressão da pulverização, como pode ser verificado na Figura 12.

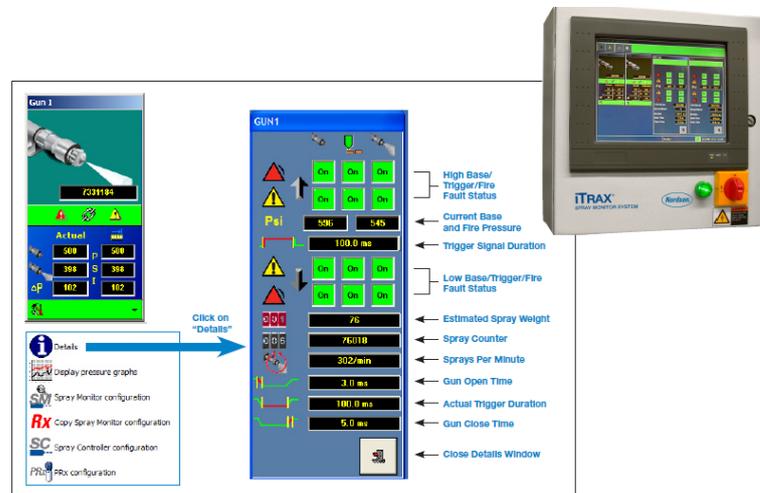


Figura 12 – iTrax, Sistema de monitoramento da aplicação verniz interno.
Fonte: NORDSON (2016)

Com esse equipamento é possível monitorar a aplicação de verniz de cada embalagem, auferindo ao processo uma maior confiabilidade. O princípio de funcionamento está em verificar se a pressão do jato de verniz aconteceu conforme curvas predeterminadas como padrão de monitoramento, e como tem uma interface amigável o operador do sistema de revestimento pode verificar inclusive se os bicos injetores estão desgastados ou entupidos (NORDSON, 2016).

2.3 RETRABALHO

Retrabalho pode ser caracterizado como uma atividade considerada completa. Entretanto, está fora dos padrões solicitados pelo cliente e como consequência, é requerida alterações para estar de acordo com as especificações exigidas, incluindo defeitos e variações que podem ocorrer a qualquer momento e em qualquer processo (LOVE et al., 2004).

Embora o retrabalho possua diferentes geradores e ações corretivas, é consenso que o retrabalho é o refazer de algo por conta de má da qualidade, ou seja, fora da conformidade em relação as especificações (HWANG et al., 2009).

Retrabalho deve ser considerado como desperdício, pois toda vez que desempenha um trabalho de forma errada, pois está empregando recurso em algo

que não terá retorno, embora o retrabalho minimize prejuízos da não qualidade (ARAUJO, 2001).

Os custos da não qualidade podem ser de falhas internas e externas. As falhas internas resultam das falhas, defeitos ou falta de conformidade às especificações de um produto antes da entrega, e podem ser retrabalho, refugo, reparos, reinspeção. Já as falhas externas resultam de falhas, defeitos ou falta de conformidade às especificações de um produto depois da entrega, e podem aparecer como assistência técnica, garantia e devoluções e substituição (MARTINS et al., 1999).

É de fundamental importância para as indústrias que se tenha um sistema de gestão da qualidade, pois é através das ferramentas de gestão que se estabelece o valor de referência a partir do qual se pode estabelecer uma comparação entre as metas planejadas e o desempenho alcançado, bem como as especificações que o produto precisa atender (PAIXÃO et al., 2005).

Os processos na área fabril são fáceis de se observar, tanto no período de bom funcionamento como na ocorrência de problemas. O desperdício e o retrabalho são claramente identificáveis, e o fluxo do material é tão importante que os equipamentos e equipes de trabalho são dispostos ao longo dele. Toda uma ciência de aperfeiçoamento dos processos industriais foi desenvolvida ao longo de décadas, prevendo possíveis desvios e como evitá-los antes que se tornem grandes prejuízos (GONÇALVES, 2000).

Nem todo o retrabalho é considerado como um desperdício de recursos, em alguns casos apresenta grande retorno financeiro, como é o caso do material utilizado para se fazer uma lata de alumínio. Após cumprir sua finalidade fundamental, que foi entregar a bebida ou alimento em perfeitas condições ao consumidor final é descartada e pode retornar a indústria siderúrgica como matéria prima para novas embalagens, esta matéria prima agora tem um custo menor do que o empregado para transformar a bauxita em alumínio, ou seja, altamente rentável para a economia, sociedade e para o meio ambiente. Nem todo alumínio retorna para a indústria de embalagens, mas um dos maiores fabricantes de alumínio para embalagens afirma em seu relatório de sustentabilidade que utiliza em seus processos cerca de 49% de material reciclado de alumínio (NOVELIS, 2015).

2.4 RETRABALHO DO METAL EXPOSTO

O retrabalho para os problemas de metal exposto detectados dentro do processo de fabricação de embalagens de alumínio é uma tarefa árdua e cara que exige parada da linha de produção e empenho redobrado dos funcionários para se investigar as causas que originaram o problema e a produção é retida para analisar a extensão do problema (Crown, 2016).

Para alguns tipos de causas, como marcas de óleo, utiliza-se a recolha da produção, processo manual que exige tempo e atenção dos funcionários nas quais as embalagens com defeitos são descartadas, ou seja, com 100% de prejuízo. Para casos onde se identifica falha na aplicação do revestimento interno, a estratégia utilizada é parar a linha de produção e refazer a aplicação do revestimento, o que é contabilizado com desperdício mas evita o descarte do produto acabado.

O produto a ser retrabalho com nova aplicação de revestimento aguarda a melhor oportunidade de parada de linha para seja efetuado, por exemplo, manutenção planejada e conversões de ferramental, que são necessárias horas de linha parada. Entretanto, a necessidade do cliente é sempre mandatária, ou seja, se não existir paradas programadas, a produção é interrompida para que seja atendido cliente.

3 METODOLOGIA

Este trabalho foi desenvolvido em uma indústria de transformação metálica especializada na produção de embalagens de alumínio em uma parte do seu processo conhecida como aplicação de revestimento interno e teve como finalidade a compreensão das causas dos desvios de qualidade de sua linha de produção. A empresa disponibilizou seus técnicos, dados históricos e recursos materiais para que a pesquisa lograsse êxito.

É uma pesquisa de natureza aplicada, pois foi dirigida com o intuito de se resolver um problema de interesse da empresa, que é a redução de retrabalho gerado por falhas no seu sistema de produção, com uma abordagem tanto quantitativa como qualitativa, por mesclar a utilização dados de produção e recursos estatísticos como: porcentagem, média, desvio-padrão e correlação de grandezas, como a sutileza da observação humana ao perceber que algo está errado mesmo com informações técnicas dentro dos limites especificados, e esta mesma sutileza foi colocada à prova no momento de questionamentos sobre as possíveis causas geradoras do problema objeto deste trabalho.

Esta pesquisa buscou, além das abordagens descritas anteriormente, uma abordagem explicativa com características experimentais em alguns momentos de sua sequência, para se compreender o funcionamento dos equipamentos, fenômenos físicos e químicos envolvidos no processo gerando conhecimento e consolidando especulações antes sem comprovação.

A coleta de dados que fundamentou a pesquisa se deu utilizando informações oficiais da empresa, como relatórios diários dos setores de produção, manutenção e qualidade que mostram um resumo do que acontece no decorrer de um turno, que no caso da empresa em questão é de doze horas, banco de dados de registros automatizados que coletam medições em uma amostragem de 0,05% da produção, além de dados de medições manuais feitas em períodos de trinta minutos e registrados em banco de dados informatizados.

Na busca pela identificação dos possíveis causadores das falhas de revestimento interno foi criado e aplicado um questionário com 15 perguntas abertas direcionado a pessoas das áreas de produção, processo, qualidade e manutenção buscando verificar as divergências de entendimento do processo e dos problemas que causam as falhas.

Para se encontrar os geradores da má aplicação de revestimento foram utilizadas ferramentas análise de processo e modos de falha como DMAIC, ferramenta largamente difundida em estudos utilizando seis sigmas, *brainstorming*, diagrama de Ishikawa e FMEA, em todas as ferramentas aplicadas ao estudo houve envolvimento da equipe multidisciplinar da empresa, formada por pessoas de todas as áreas e com reconhecida experiência em suas funções.

A sequência de trabalho descrita na metodologia deste estudo criou uma lógica de tarefas que facilita o entendimento dos problemas e norteia as ações corretivas ou preventivas que eliminem ou controlem as falhas com maior relevância no processo de revestimento interno de embalagens de alumínio.

O fruto da aplicação desta metodologia gerou conhecimento do processo, sendo que os seus principais problemas a elevaram de uma obrigatoriedade de pesquisa acadêmica para uma ferramenta de trabalho utilizada no cotidiano da empresa.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para criar uma sequência lógica para o desenvolvimento deste estudo utilizou-se como a ferramenta o DMAIC (*Define, Measure, Analyse, Improve, Control*), que proporcionou uma visão clara para decidir qual seria a variável do processo que mais impactava nos resultados da empresa. A ferramenta DMAIC é largamente utilizada em trabalhos que utilizam a metodologia seis sigma, entretanto neste trabalho utilizou-se como sequência de pesquisa dando ordem cronológica em cada etapa desenvolvida.

4.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA ESTUDADO

A definição do problema para esta pesquisa foi determinada após análise de dados dos anos de 2015 e 2016 referentes às retenções de paletes de latas de alumínio para inspeção e retrabalho mostrados nas Tabelas 1 e 2. O processo de fabricação possui 168 modos de falhas catalogados, dos quais foram considerados os quinze primeiros e mais relevantes de cada ano.

Tabela 1 – Modos de falha retrabalhados em 2015

MODO DE FALHA	DESCRIÇÃO DO MODO DE FALHA	PALETES
ME	Metal exposto	456
CL	Litografia clara	454
FD	Fratura no domo	365
UV	Contaminação externa verniz UV	326
BO	Borrão de tinta	254
FL	Falha blanqueta / <i>plate</i> / <i>trip</i>	230
AC	Amassado no corpo	193
AR	Paleta para arrumar	144
CP	Quadro ou paleta quebrado, papelão rasgado	106
FU	Falha na aplicação de verniz UV	97
RE	Risco externo na litografia	78
ES	Litografia escura	50
MF	Furo no corpo (metal fraturado)	46
FE	Flange enrugada	21
TX	Texto legal ilegível	19
TOTAL		2839

Fonte: Autor (2016)

Como se pode verificar o modo de falha ME (Metal Exposto) é o mais representativo entre os paletes retrabalhos em 2015 e se confirma no ano de 2016 evidenciando a sua importância dentro do processo de fabricação de latas de alumínio.

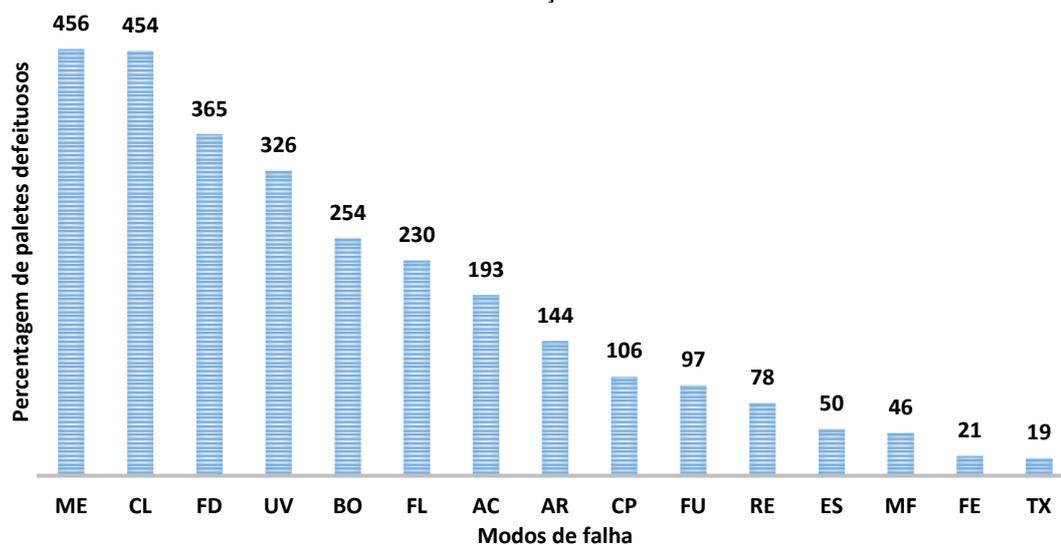
Tabela 2 – Modos de falha retrabalhados em 2016 - janeiro a novembro

MODO DE FALHA	DESCRIÇÃO DO MODO DE FALHA	PALETES
ME	Metal exposto	933
FL	Falha blanqueta / <i>plate</i> / <i>trip</i>	310
BO	Borrão de tinta	310
CL	Litografia clara	282
AC	Amassado no corpo	171
AR	Paleta para arrumar	101
UV	Contaminação externa verniz UV	100
FV	Falha verniz externo	87
LM	Contaminação externa	82
FD	Fratura no domo	70
ES	Litografia escura	48
FR	Franzido no pescoço	40
MD	Marca no domo	34
TC	Tinta contaminada	30
AB	Amassado na base	30
TOTAL		2628

Fonte: Autor (2016).

Para melhor evidenciar a importância do modo de falha ME – Metal Exposto, foram gerados os Gráficos 1 e 2, no qual se consolidou este modo de falha como o problema a ser estudado. Observando principalmente o Gráfico 1, pode-se perceber que existem outros modos de falha tão urgentes quanto o objeto deste trabalho, desta maneira, é mandatório explicar que a empresa possui outros grupos tarefas trabalhando nessas urgências.

Gráfico 1 – Estratificação de HFI em 2015

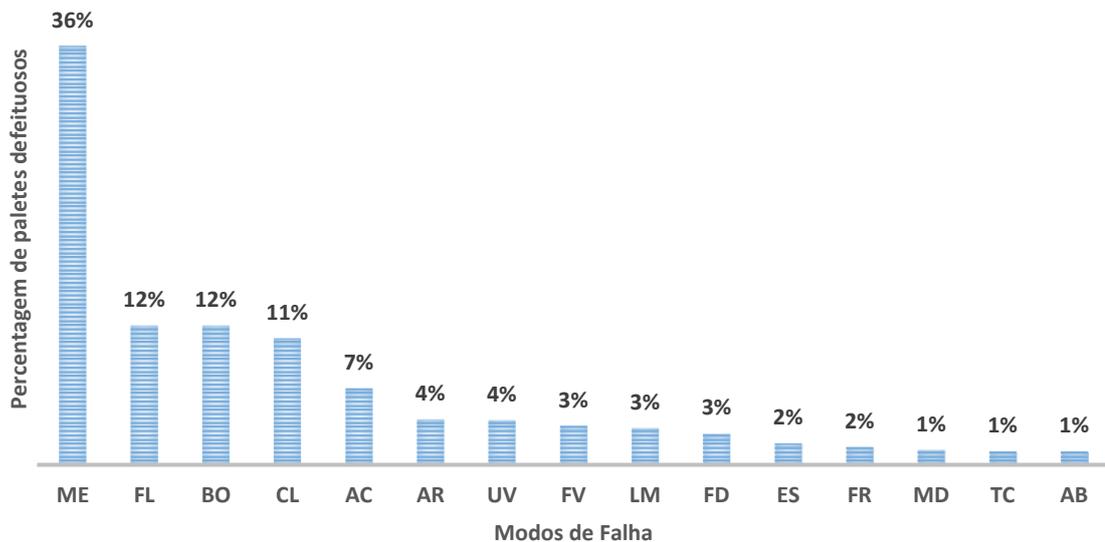


Fonte: Autor (2016)

No ano de 2016, como mostrado no Gráfico 2, o modo de falha ME se destacou negativamente dos demais, demonstrando que as ações tomadas no ano anterior não foram efetivas para controlar o problema. Além de confirmar que a

empresa não tinha conhecimento sobre as variáveis que o geravam, e o desconforto em não se ter dados e informações confiáveis para se ajustar o processo propiciou a criação desta pesquisa sobre métodos e fatores físicos que poderiam gerar este modo de falha.

Gráfico 2 – Estratificação de HFI em 2016 - janeiro a novembro



Fonte: Autor (2016)

O modo de falha Metal Exposto possui algumas características que o diferencia dos demais em função da detecção e retrabalho para se corrigi-lo, o defeito gerado, que a má aplicação de revestimento interno, não é detectável pelo olho humano, sendo necessária a utilização de aparatos eletrônicos para encontrá-lo. No processo vigente a inspeção é feita por amostragem o que diminui o rol de embalagens a serem retrabalhadas, mas ainda gera grandes desvios de produção. Por se tratar de uma falha no interior das embalagens, e que está em contato direto como o alimento podendo inclusive alterar a sua composição, é uma falha inegociável frente ao cliente.

Uma fábrica de latas de alumínio possui uma estação de retrabalho, no qual problemas detectáveis pelo olho humano, são removidos manualmente por pessoas treinadas e conhecedoras do processo. E como se trata de uma estação desvinculada da linha produção não há interrupções para retrabalho. Entretanto isso só é válido para defeitos que se possam ser facilmente verificados por pessoas.

O modo de falha Metal Exposto é o único defeito que exige a parada total da linha para o seu retrabalho, embora a recuperação das embalagens seja total o ritmo

é cinco vezes mais lento que a produção normal, pois as etapas inicial e final são feitas manualmente.

Observando os dados referentes aos desvios para retrabalho, a complexidade para tratá-lo, o enorme risco de contaminação que este modo de falha pode causar nos produtos dos clientes, a decisão por se trabalhar na sua eliminação ou controle foi prudente, científica, social e economicamente acertada.

4.2 MEDIÇÃO E COLETA DE DADOS DO PROCESSO

O processo de coleta de dados aconteceu com a verificação minuciosa dos relatórios de medições dos níveis de corrente elétrica que o revestimento permite conduzir, foram avaliados valores médios e valores máximos, conforme a Figura 13.

ME - Metal Exposto														
Data	Hora	Turno	Am1	Am2	Am3	Am4	Am5	Am6	Am7	Am8	Am9	Am10	Am11	Am12
01/01/2015	06:30:00	A	0,53	0,04	20,16	0,05	0,17	0,05	0,35	38,84	0,01	0,03	0,05	0,03
01/01/2015	06:55:56	A	0,17	2,44	0,03	0,03	0,32	0,05	17,79	0,84	0,03	0,13	0,02	0,07
01/01/2015	07:24:07	A	3,75	0,03	0,01	2,87	0,07	0,06	0,03	0,07	27,2	0,06	0,02	0,79
01/01/2015	07:53:41	A	3,43	0,03	0,04	0,05	0,03	0,58	0,06	0,26	0,04	0,66	0,11	0,17
01/01/2015	08:40:54	A	0,04	0,18	8,56	0,38	0,03	7,68	4,18	0,03	3,98	0,37	16,6	1,2
01/01/2015	08:54:56	A	0,06	0,06	0,03	0,11	0,04	0,04	1,34	3,37	0,08	0,73	4,18	0,08
01/01/2015	09:32:43	A	65,1	0,04	0,07	0,02	0,66	1,75	0,05	0,25	0,37	8,94	0,02	0,03
01/01/2015	09:57:21	A	0,05	0,04	0,05	0,24	0,02	0,71	0,42	0,09	0,03	38,74	0,38	5,64
01/01/2015	10:25:59	A	0,03	0,09	0,16	0,02	0,05	0,03	9,5	3,54	0,1	0,06	6,25	0,05
01/01/2015	10:58:18	A	26,42	9,83	14	0,64	4,1	0,02	0,05	0,07	0,01	0,06	0,03	1,85
01/01/2015	11:25:55	A	0,08	0,03	0,06	0,04	0,07	0,15	10,96	0,13	0,04	0,13	0,07	57,9
01/01/2015	11:54:29	A	0,03	12,84	0,02	0,6	0,03	0,02	0,07	8,12	6,03	2,5	0,02	0,08
01/01/2015	13:30:55	A	3,21	0,05	0,03	0,65	1,86	0,02	0,08	0,03	0,15	0,01	51,85	0,03
01/01/2015	14:25:19	A	0,03	0,01	0,06	0,04	0,05	4,05	7,66	1,66	0,03	0,02	0,06	3,3
01/01/2015	15:02:49	A	4	0,02	1,55	1,12	0,02	0,24	0,22	0,63	0,72	0,04	5,07	1,47
01/01/2015	16:23:53	A	0	0,02	0	0	0,02	31,27	5,76	0,16	0,02	0,14	0,21	0,01
01/01/2015	16:58:26	A	0,01	0,01	0,34	1,79	3,03	0,01	8,32	0,02	0,05	9,94	0,75	0,04
01/01/2015	17:31:59	A	0,26	0,03	0,58	0,04	0,24	0,02	0,01	0,01	0,04	0,03	1,92	0,57

Figura 13 – Planilha de registro de medições de metal exposto.
Fonte: Autor (2016)

Na Figura 13 acima, as cores indicam o nível de metal exposto em mA (miliampere) de cada amostra, verde para valores no alvo, de 0 a 1 mA; azul mostra a tendência a sair do alvo, de 1 a 6 mA; amarelo a metal exposto atingiu o limite superior da especificação do processo, de 6 a 15 mA; verde escuro indica que os valores estão dentro do especificado do cliente, de 15 a 25 mA e o vermelho indica o processo fora das especificações do cliente, como explica a Figura 14.

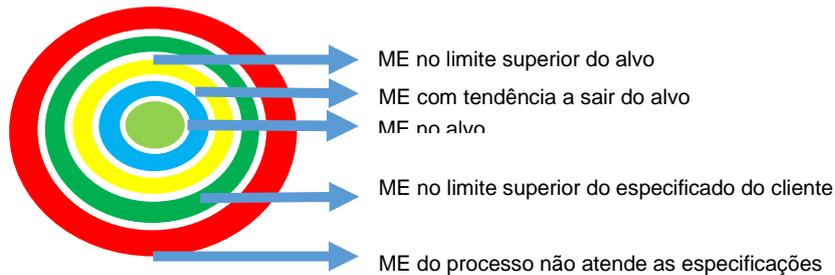


Figura 14 – Esquema de cores para medição de metal exposto.
Fonte: Autor (2016)

Foram aplicados questionamentos às pessoas envolvidas no processo com a finalidade de verificar o nível de compreensão de cada uma sobre o modo de falha metal exposto e quais seriam os seus principais geradores. Este questionamento se efetuou com perguntas abertas conforme o Quadro 1.

Quadro 1 – Perguntas Abertas sobre Metal Exposto

Perguntas abertas sobre o modo de falha
Na sua opinião quais são os agentes causadores de metal exposto nas latas de alumínio?
Conhece algum processo ou procedimento diferente do que a empresa utiliza?
Na sua opinião existe algum agente externo que possa causar a metal exposto?
Você conhece os parâmetros de qualidade exigidos pela empresa?
Onde você busca informações sobre os parâmetros?
Como você avalia a manutenção preventiva e autônoma deste equipamento?
O que você conhece dos processos anteriores a estes?
Qual é o nível de importância que você dá a estes parâmetros de qualidade?
Qual é a diferença média alta de metal exposto com metal exposto fora do limite de especificação?
Na sua opinião por que existe diferença de especificação entre produtos?
Qual é a relação entre consumo e distribuição?
Como você identifica uma falha de aplicação de verniz?
Explique os parâmetros de setup?
Quais parâmetros você verifica ao iniciar o seu turno?
Na sua opinião qual a influência da cura do verniz no metal exposto?

Fonte: Autor (2016).

Os principais resultados referentes ao questionário serão apresentados na seção aplicação de métodos de análise.

Após análise preliminar dos dados, foram instalados instrumentos para capturar os dados como a temperatura e viscosidade do verniz, bem como a temperatura da lata de alumínio, os quais geraram novas discussões e ampliaram as possibilidades para a compreensão das variáveis que proporcionam o aparecimento de falhas de revestimento interno nas embalagens. A Figura 15 mostra como as informações são apresentadas ao operador do equipamento que aplica o revestimento.

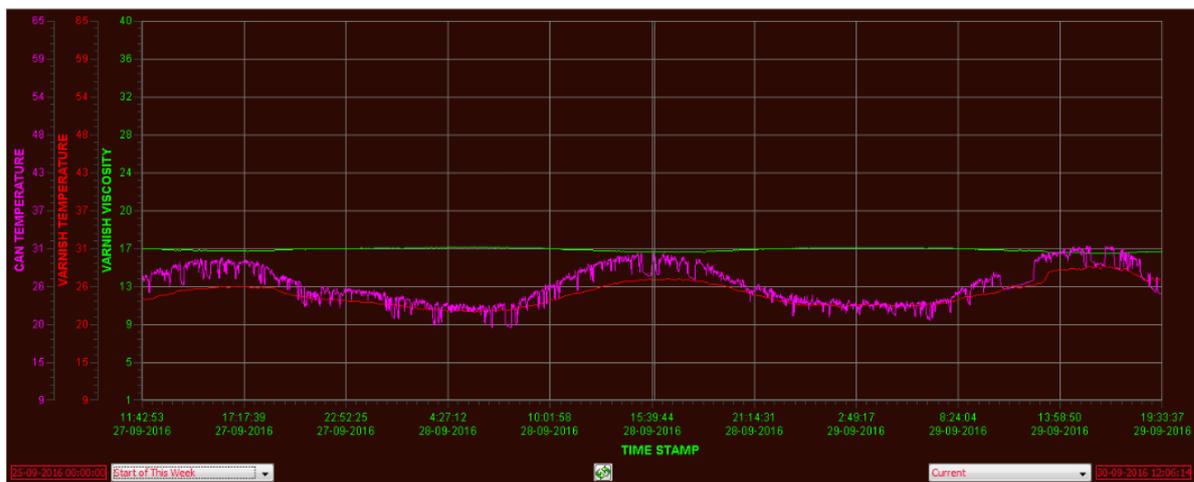


Figura 15 – Registro de viscosidade e temperaturas
Fonte: Autor (2016)

A Figura 15 mostra um registro de dados implementado a partir da necessidade que a pesquisa apontou para se verificar a correlação entre a temperatura e viscosidade do verniz, e verificar se há interferência na má aplicação de revestimento. A temperatura da lata também foi uma sugestão da equipe multidisciplinar da empresa que contribuiu com a pesquisa para conhecer a influência da temperatura da lata na secagem do verniz.

4.3 APLICAÇÃO DE MÉTODOS DE ANÁLISE

O primeiro método utilizado para se encontrar os agentes geradores do modo de falha metal exposto foi a análise das respostas do questionário com perguntas abertas que pessoas da área envolvida no estudo responderam com a finalidade de uniformizar as informações e transformá-las em conhecimento utilizável para se criar

um *Brainstorming* com as possíveis causas para a falha na aplicação do revestimento interno das latas de alumínio. As respostas foram compiladas e listadas a abaixo:

- Falha na aplicação de verniz na LSM;
- *Set up* de máquina LSM mal feito;
- Falha na limpeza da máquina LSM;
- Filtros de verniz entupidos, instalados na LSM;
- Falha no escoamento de verniz dentro da embalagem;
- Falta de verniz;
- Viscosidade do verniz fora do especificado;
- Baixa concentração de sólidos no verniz;
- Falha na lavagem da lata;
- Impurezas dentro da lata vindas de processos anteriores;
- Falha no forno de cura do verniz, IBO;
- Temperatura de trabalho do IBO errada;
- Tempo de residência da embalagem dentro do IBO fora do especificado;
- Problemas na zona de resfriamento do IBO;
- Ajustes incorretos do IBO;
- Falha na recirculação de ar dentro do IBO;
- Velocidade das esteiras transportadores inadequadas até o IBO;
- Temperatura ambiente elevada;
- Temperatura da lata elevada;
- Falhas na manutenção preventiva e autônoma;
- As pessoas que trabalham em setores diferentes da fábrica não conhecem bem o processo anterior ou posterior ao que atuam;
- Entendimento divergente em relação aos ajustes de máquina.

As respostas apontaram para a necessidade de análise para dois processos que se complementam e que devido a sua complexidade foram estudados separadamente. Tratam-se da LSM (*Lacquer Spray Machine*), aplicador de verniz interno e do IBO (*Inside Bake Oven*), forno de cura interna, e para estes processos foram construídos diagramas de Ishikawa separadamente, como mostram as Figuras 16 e 17.

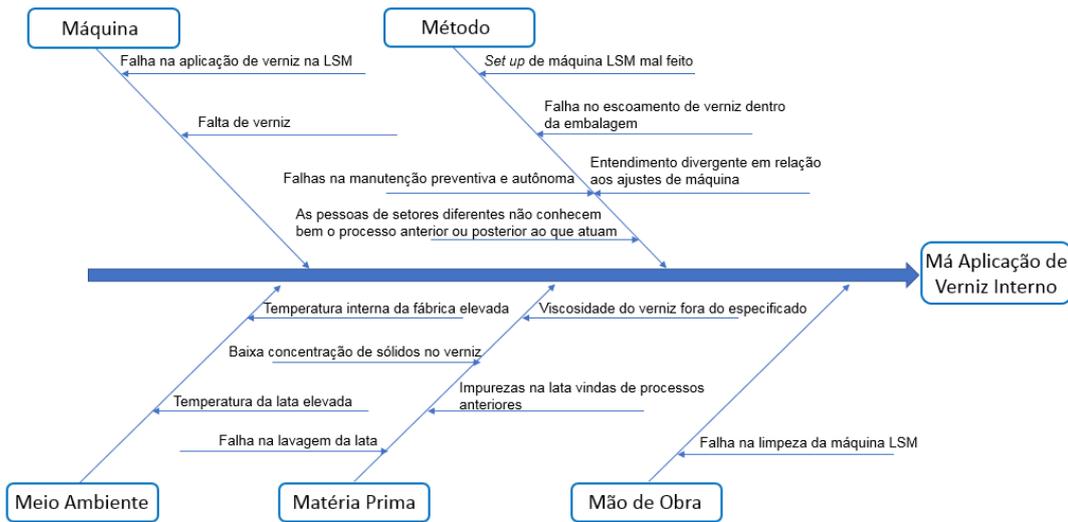


Figura 16 – Diagrama de Ishikawa para LSM.
Fonte: Autor (2016)

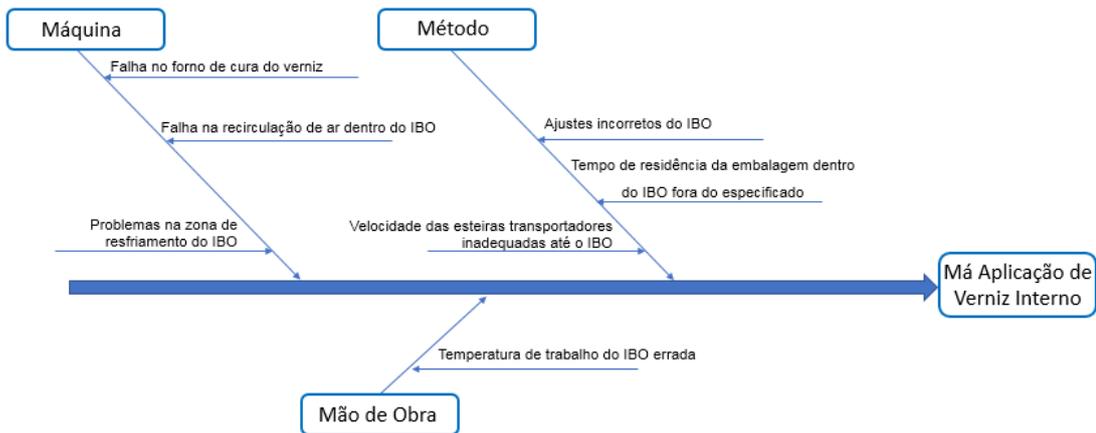


Figura 17 – Diagrama de Ishikawa para IBO.
Fonte: Autor (2016)

Através dos diagramas de Ishikawa (Figuras 16 e 17), pode-se verificar qual o impacto de cada uma das causas apontadas na geração do modo de falha metal exposto. As causas levantadas foram organizadas nos Quadros 2 e 3 para análise de probabilidade, severidade e controle, nos quais a probabilidade indica a facilidade de a falha ocorrer, severidade é a gravidade para o processo quando a falha acontece e controle é o grau de dificuldade em se resolver ou controlar a falha. O valor do impacto é dado pela multiplicação da probabilidade, severidade e controle (Impacto = Probabilidade X Severidade X Controle), este método utilizado em análises FMEA elege as causas mais impactantes para serem trabalhadas, afim de evitá-las ou controlá-las. Os impactos com maiores índices são os que causam mais problemas e

devem ser tratados primeiros, a experiência adquirida neste trabalho aponta que os impactos menores não devem ser ignorados, uma vez que os impactos podem ser mascarados por erros de ponderação do grupo de pessoas que trabalharam para se encontrar os índices de impacto.

Quadro 2 – Análise de modos de falhas e seus efeitos para LSM

CAUSA	EFEITO	FMEA			
		Probabilidade	Severidade	Controle	Impacto
Falha na aplicação de verniz na LSM	Lata sem revestimento de verniz	1	3	2	6
Set up de máquina LSM mal feito	Apresenta falhas na cobertura do revestimento do verniz	3	3	2	18
Falha na limpeza da máquina LSM	A sujidade provoca falha de adesão do revestimento de verniz na parede da lata	2	3	1	6
Filtros de verniz entupidos, instalados na LSM	Apresenta falhas na cobertura do revestimento do verniz	2	3	2	12
Falha no escoamento de verniz dentro da embalagem	Apresenta falhas na cobertura do revestimento do verniz	2	3	3	18
Falta de verniz	Lata sem revestimento de verniz	1	3	2	6
Viscosidade do verniz fora do especificado	Aplicação de verniz precisa de ajustes fora dos padrões da máquina	1	3	3	9
Baixa concentração de sólidos no verniz	Apresenta falhas na cobertura do revestimento do verniz	1	3	3	9
Falha na lavagem da lata	A sujidade provoca falha de adesão do revestimento de verniz na parede da lata	3	3	3	27
Impurezas dentro da lata vindas de processos anteriores	A sujidade provoca falha de adesão do revestimento de verniz na parede da lata	2	3	2	12
Temperatura ambiente elevada	Altera o escoamento do verniz dentro da lata	3	3	3	27
Temperatura da lata elevada	Altera o escoamento do verniz dentro da lata	3	3	3	27
Falhas na manutenção preventiva e autônoma	Mau funcionamento da aplicação do verniz	2	3	3	18
As pessoas de setores diferentes não conhecem bem o processo anterior ou posterior	Falha na investigação da causa geradora do modo de falha metal exposto	3	1	2	6
Entendimento divergente em relação aos ajustes de máquina	Cada turno ajusta os parâmetros de forma diferente	1	2	1	2

Fonte: Autor (2016).

Quadro 3 – Análise de modos de falhas e seus efeitos para IBO

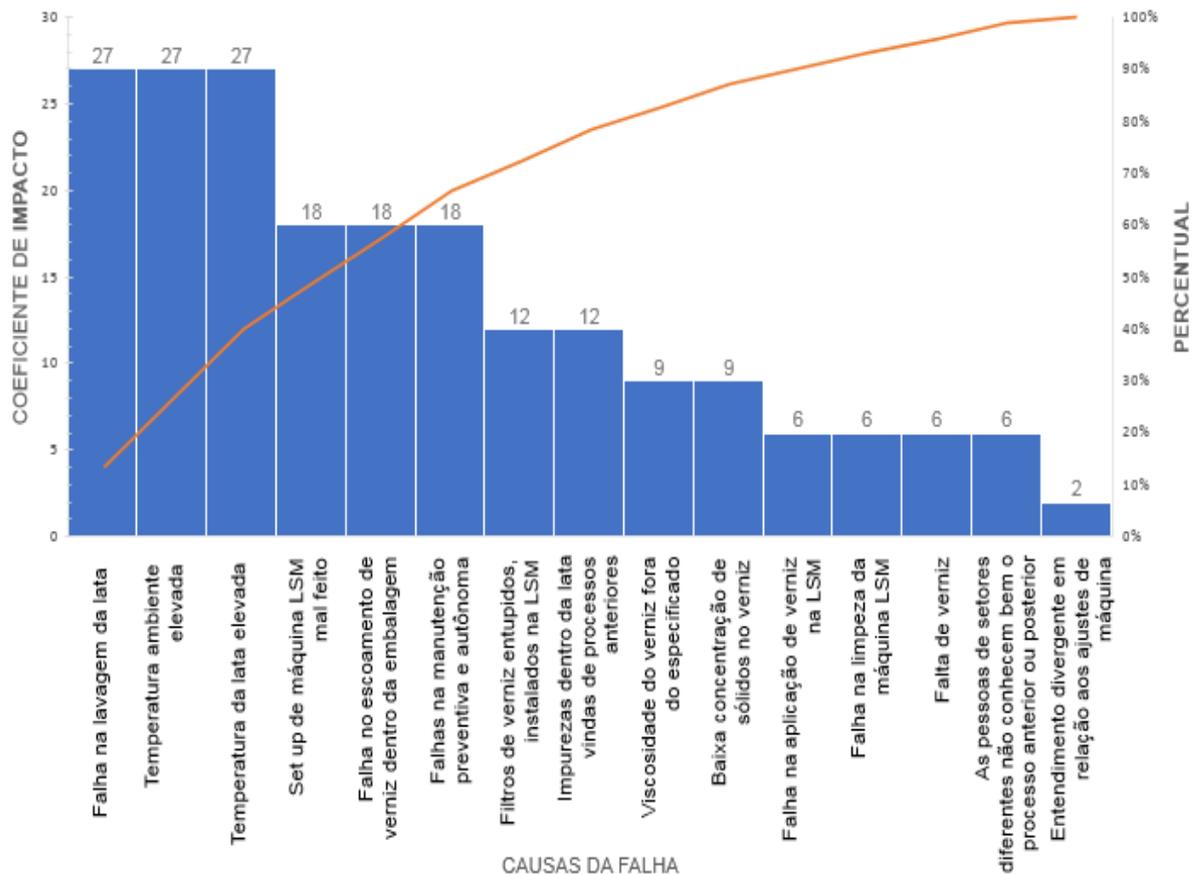
CAUSA	EFEITO	FMEA			
		Probabilidade	Severidade	Controle	Impacto
Falha no forno de cura do verniz, IBO	Queima ou falha no processo de cura do verniz	1	3	2	6
Temperatura de trabalho do IBO errada	Interfere no processo de cura do verniz	1	3	1	3
Tempo de residência da embalagem dentro do IBO fora do especificado	Interfere no processo de cura do verniz	1	3	1	3
Problemas na zona de resfriamento do IBO	As latas saem do forno com temperaturas superiores a 60 graus Celsius.	1	1	1	1
Ajustes incorretos do IBO	Interfere no processo de cura do verniz	3	3	1	9
Velocidade das esteiras transportadores inadequadas até o IBO	O verniz não escoar corretamente até o fundo da lata	3	3	1	9

Fonte: Autor (2016).

Os impactos encontrados nos Quadros 2 e 3 foram organizados nos Gráficos 3 e 4 para melhor visualização das falhas mais importantes que causariam a falha de metal exposto nas embalagens de alumínio. Para este tipo gráfico, Pareto, representam as falhas em seu grau de relevância na geração do metal exposto nas latas de alumínio, o que ajudou a equipe a focar nos agentes causadores da falha com maior eficácia.

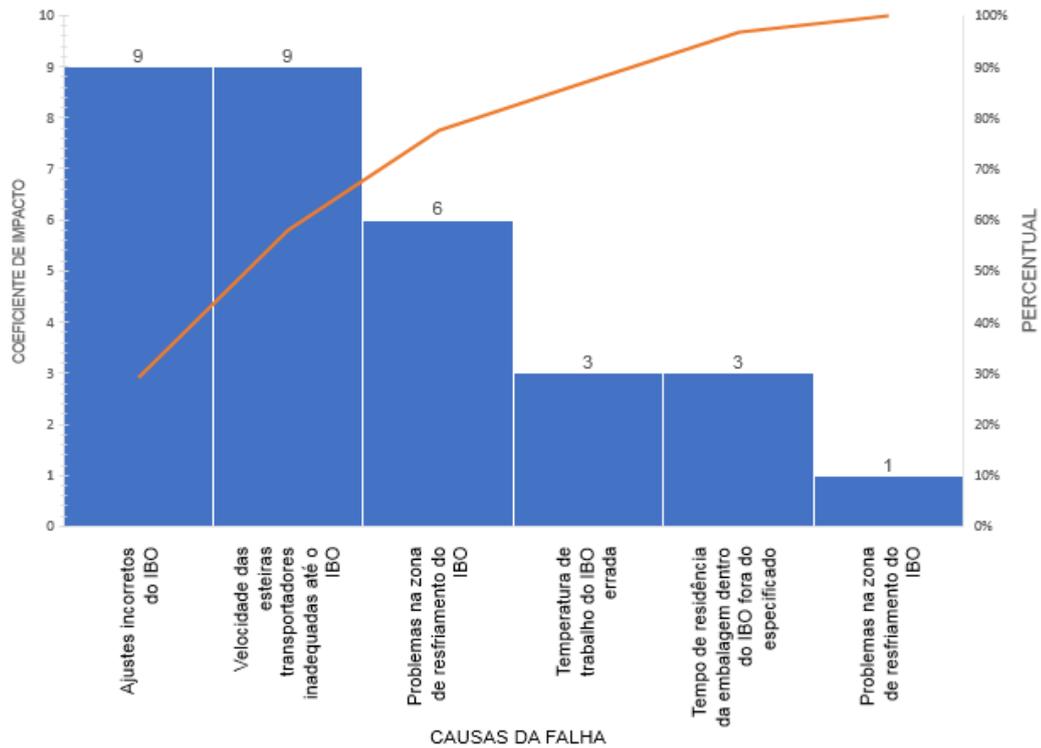
Com os índices de impacto devidamente organizados nos gráficos, a equipe multidisciplinar da empresa que contribuiu com esta pesquisa, optou por fazer uma linha de corte para trabalhar as falhas apontadas. Assim, foi estipulado que as falhas com impacto menor que nove não seriam trabalhadas neste momento para não sobrecarregar a equipe com tarefas que não trariam resultados expressivos a este trabalho.

Gráfico 3 – Pareto de falhas encontradas na LSM



Fonte: Autor (2016).

Gráfico 4 – Pareto de falhas encontradas no IBO



Fonte: Autor (2016).

Após a linha de corte com impacto igual a nove, restaram doze falhas a serem estudadas e solucionadas (em LSM e IBO), como mostra a lista abaixo:

- Falha na lavagem da lata;
- Temperatura ambiente elevada;
- Temperatura da lata elevada;
- *Set up* de máquina LSM mal feito;
- Falha no escoamento de verniz dentro da embalagem;
- Falha na manutenção preventiva e autônoma;
- Filtros de verniz entupidos, instalados na LSM;
- Impurezas dentro da lata vindas de processos anteriores;
- Viscosidade do verniz fora do especificado;
- Baixa concentração de sólidos no verniz;
- Ajustes incorretos no IBO;
- Velocidades das esteiras transportadoras inadequadas até o IBO.

Cada uma das falhas listadas foi estudada pela equipe multidisciplinar que se reunia semanalmente para trazer o *status* das ações propostas e resultados obtidos.

4.4 IMPLANTAÇÃO DE AÇÕES PROPOSTAS PELO ESTUDO

Para cada uma das causas encontrada como geradoras do metal exposto nas latas de alumínio foi feita investigação e propostas ações para a sua correção ou controle. Entretanto, algumas causas exigem um investimento mais elevado, os quais precisam ser aprovados pela diretoria para que as ações propostas possam ser realizadas, como será mostrada na sequência.

4.4.1 Falha na Lavagem da Lata

A evidência de que o metal exposto aparece por falha na lavagem da lata são os chamados pontos marrons, que surgem pela ineficiência do processo de lavagem em tirar a totalidade das impurezas vindas das prensas de conformação, as latas que chegam a lavadora carregam consigo resíduos de óleo e líquido refrigerante, conhecido como *coolant*, elementos importantes para a correta conformação das latas, entretanto são resíduos difíceis de remover no processo de lavagem.

Para minimizar os efeitos elementos utilizados na conformação o grupo sugeriu a colocação de filtros mantas nos tanques de produtos químicos da lavadora de latas, esta simples implementação fez com que a maioria dos resíduos ficassem presa na filtragem, estes filtros são trocados pelos operadores semanalmente.

Outra ação proposta foi a instalação de um dispositivo chamada faca de ar na entrada da lavadora (Figura 18), esta faca de ar varre o excesso de *coolant* depositado na lata que vem da conformação. Vale explicar que as latas entram na lavadora com boca vira para baixo pois isso facilita a lavagem.



Figura 18 – Sistema de faca de ar
Fonte: Autor (2016)

Com a instalação da faca de ar na entrada da lavadora para a remoção de resíduos da conformação, foi possível recuperar 100 mil litros de *coolant* por ano, ou seja, além de não contaminar o processo de lavagem das latas este resíduo é reaproveitado no processo de conformação levando a economia direta na compra de produtos utilizados no processo.

4.4.2 Temperatura Ambiente Elevada

A suposição de que a temperatura ambiente da fábrica estava interferindo no metal exposto foi embasada na observação de que a maioria das ocorrências aconteciam das 12 até as 16 horas do dia e se agravavam em dias considerados muito quentes, com temperaturas no interior da fábrica superiores a 35°C.

A fábrica conta com sistema de ventilação forçada instalada na cobertura do prédio (Figura 19). Entretanto, percebeu-se que o sistema não estava oferecendo o máximo desempenho proposto pelo fabricante.



Figura 19 – Insuflador de ar para telhado
Fonte: Tec Vent (2016)

Em consulta aos engenheiros da fabricante do sistema de ventilação chegou-se a ação de aumentar a frequência das trocas dos filtros de ar instalados para evitar a entrada de sujeira para dentro da fábrica. Como a troca dos filtros percebeu-se a queda da temperatura ambiente da fábrica em torno de 4°C. A frequência de trocas passou de trimestral para mensal.

4.4.3 Temperatura da Lata Elevada

A temperatura das latas que chegam na LSM, máquina que aplica o revestimento interno, varia com a temperatura ambiente e com a velocidade da linha, as latas vêm do processo de decoração que possui um forno para a secagem da tinta a 200°C, o resfriamento das latas ocorre apenas pelo transporte das latas através de esteira, ou seja, sem resfriamento forçado.

Em uma primeira etapa do estudo a equipe multidisciplinar optou por instalar um transmissor de temperatura para investigar qual era a real temperatura da lata durante o dia, foi escolhido o transmissor de temperatura infravermelho, conforme Figura 20, por não necessitar de contato com a lata.



Figura 20 – Transmissor de temperatura infravermelho
Fonte: Omega (2016)

A temperatura lida pelo transmissor foi registrada de supervisão da empresa para que se pudesse acompanhar as variações da temperatura em relação a hora do dia. Examinando a Figura 21, percebe-se que a temperatura da lata (*can temperature*) de 23 °C a 31°C no horário mais quentes do dia.

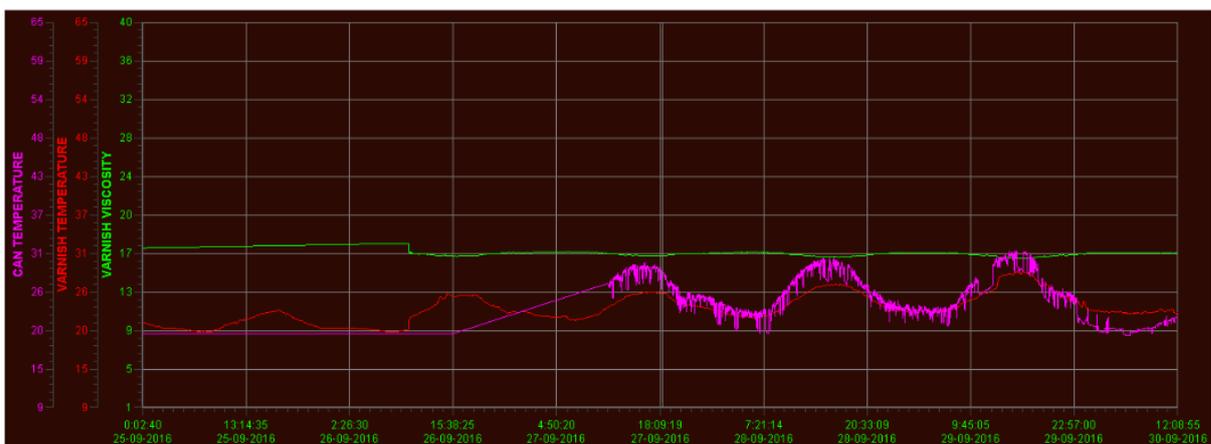


Figura 21 – Registro de informações do processo
Fonte: autor (2016)

Na tentativa de se baixar a temperatura da lata foi instalado na entrada de latas da máquina um ventilador que soprava ar diretamente nas latas, o efeito desta ação foi a redução de 2°C na temperatura da lata. Embora percebido a redução na temperatura, foi necessária a retirada do ventilador por não oferecer segurança aos operadores.

A experiência com o ventilador originou o projeto para a instalação de facas de ar, sistema mais limpo e seguro, mas que necessita de investimento maior. Devido ao alto valor para sua instalação esta ação ficará aguardando por aprovação de recursos.

4.4.4 Set Up de Máquina LSM Mal Feito

A fábrica onde este trabalho foi elaborado conta com sete tipos de latas de alumínio, que variam desde o diâmetro até a altura e isso exige que se façam ajustes específicos para cada tipo de lata. Estes ajustes eram feitos de forma empírica e cada funcionário os fazia de foram diferentes, muitas vezes por desconhecer os procedimentos ou não encontrar o procedimento para efetuar os ajustes. Os principais ajustes feitos na LSM são os de ângulo de aplicação, tipo de bico, altura da pistola de aplicação, pressão do verniz, tempo de aplicação e *offset*.

Para sanar erros de ajuste foi disponibilizado os parâmetros de ajustes em um computador que fica localizado junto a máquina, além de reunião com os operadores para equalizar e consolidar as informações, a Figura 22 mostra os ajustes são necessários para cada tipo de lata.

Setup LSM - Sleek 269 ml (9.1 Oz)			Setup LSM - 350 ml (12 Oz)			REESPRAY LSM - 350 ml (12 Oz)		
	1ª Pistola	2ª Pistola		1ª Pistola	2ª Pistola		1ª Pistola	2ª Pistola
Bico	122003	122305	Bico	122003	122305	Bico	122003	122305
Offset	1 5/8"	2 1/2"	Offset	7/8"	2 1/2"	Offset	- 1/4"	2 1/2"
Ângulo	9°	12°	Ângulo	15°	10°	Ângulo	35°	7°
Distância	62 mm	55mm	Distância	64mm	47mm	Distância	90mm	47mm
Timer	45ms	45ms	Timer	51 ms	51ms	Timer	51 ms	51ms
Pressão	700psi	700psi	Pressão	650psi	650psi	Pressão	650psi	650psi
Altura da Pistola	10mm	12mm						
Setup LSM 473 ml - (16 Oz)			Setup LSM 550 ml - (19 Oz)			Setup LSM 550 ml - (19 Oz)		
	1ª Pistola	2ª Pistola		1ª Pistola	2ª Pistola		1ª Pistola	2ª Pistola
Bico	122003	122305	Bico	122316	1056214	Bico	122316	1E+06
Offset	1 5/8"	2 1/2"	Offset	1 1/8"	2 5/8"	Offset	1 1/8"	2 5/8"
Ângulo	9°	12°	Ângulo	12°	12°	Ângulo	12°	12°
Distância	28mm	25mm	Distância	10mm	0	Distância	15mm	12mm
Timer	65ms	65ms	Timer	70ms	70ms	Timer	70ms	70ms
Pressão	700psi	700psi	Pressão	650psi	650psi	Pressão	650psi	650psi
Setup LSM - Novo modelo 550 ml (19 Oz)			Setup LSM - Sleek 310 ml (10.5 Oz)					
	1ª Pistola	2ª Pistola		1ª Pistola	2ª Pistola			
Bico	122003	122305	Bico	122316	122008 (Obs: bico para dentro)			
Offset	1 1/8"	2 3/8"	Offset	1 5/8"	2 1/4"			
Ângulo	10°	13°	Ângulo	14°	12°			
Distância	10mm	0	Distância	40mm	32mm			
Timer	66 ms	64 ms	Timer	45ms	45ms			
Pressão	650psi	650psi	Pressão	600psi	600psi			
			Chiller	19°	19°			
			Compressor	M 325 76,8 Hz M326 49 Hz				
			IBO	RECIRCULADOR 1,2,3 45Hz				
			Temperatura	60RA 1- 95° 2- 200° 3-205°				

Figura 22 – Parâmetros de ajustes de pistolas da LSM
Fonte: autor (2016)

A ideia da padronização surgiu dos próprios operadores ao serem questionados sobre o que deveria ser feito para que não ocorrem mais erros de ajustes no momento de conversão da LSM de uma lata para outra.

4.4.5 Falha no Escoamento de Verniz dentro da Embalagem

A estrutura da lata de alumínio não é totalmente coberta pelo jato de verniz expelido pelas pistolas, sendo necessário que o verniz chegue até o fundo da lata pela ação de escoamento durante o seu transporte até chegar ao forno cura, o escoamento depende da temperatura ambiente e o tempo que o verniz permanece escoando até chegar ao fundo. O tempo não pode ser curto demais porque o verniz não chega ao fundo, e não pode ser longo demais pois o verniz forma bolhas de ar.

Testes mostraram que tempos inferiores a 50 segundos não cobriam completamente o fundo e tempos superiores a 90 segundos formavam bolhas. Em comum acordo com outras unidades fabris chegou-se ao consenso de que 70 segundos seria o tempo ótimo para o correto escoamento do verniz sem a preocupação com a variação da temperatura interna da fábrica.

4.4.6 Falha na Manutenção Preventiva e Autônoma

Metal exposto ocorre também pelo travamento do giro da lata, que precisa ser maior que 360 graus ao ser aplicado o jato de verniz, quando o travamento ocorre o revestimento não cobre todo o raio da lata. Ao verificar a lista de trabalhos executados na manutenção preventiva verificou-se que não constava a correia de acionamento do componente chamado *spinner pad*, responsável pelo giro da lata.

Foi incluído este item na lista de manutenção preventiva, que é feita trimestralmente, além do *check list* dos operadores, que agora precisam verificar o estado deste componente uma vez a cada três dias.

4.4.7 Filtros de Verniz Entupidos, Instalados na LSM

A máquina LSM é composta por nove pares de pistolas e cada par possui um filtro que evita que partículas estranhas passem e se alojem nos bicos das pistolas e

bloqueiem o jato de verniz. Se o filtro ficar saturado a pressão é reduzida e isso provoca a aplicação incorreta do jato.

Incluído no *check list* operacional da máquina a limpeza preventiva do filtro a cada seis dias, garantindo assim a confiabilidade do sistema de pressão do jato de verniz.

4.4.8 Impurezas dentro da Lata vindas de Processos Anteriores

Os processos anteriores a LSM são as prensas de conformação, a lavadora e as decoradoras, e as impurezas que estes processos podem gerar são: óxidos de alumínio oriundos da conformação das latas, pontos marrons e ajustes de dosagem de químicos na lavadora além da fuligem e respingos de verniz externo vindos das decoradoras.

Para as impurezas das prensas conformadoras a solução para minimizar a geração de óxidos de alumínio foi a inspeção diária, na qual o operador verifica a formação e procede o polimento das ferramentas de fabricação da lata.

Para os pontos marrons da lavadora foi instalado faca de ar para remover óleos oriundos das prensas de conformação, descrito anteriormente neste trabalho. Os ajustes de dosagem de químicos são feitos automaticamente por um sistema chamado *Line Guard*, que mede através de sondas a condutividade e pH de cada estágio de lavagem da lata, como mostra a Figura 23.

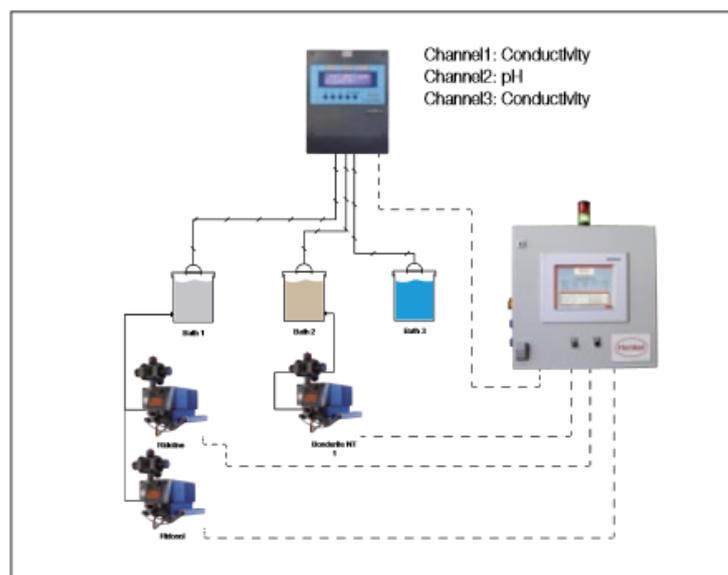


Figura 23 – Sistema *Line Guard* para dosagem de químicos
Fonte: Henkel (2016)

Os operadores da lavadora fazem análises em laboratório seis vezes ao dia para garantir a correta concentração dos químicos utilizados nos banhos da lavadora para assegurar total limpeza das latas. Para esta falha potencial foi chamada um técnico da empresa que fornece os produtos químicos para confirmar que as análises feitas estavam sendo executadas de maneira correta.

O processo de decoração gera respingos de verniz externo e fuligem do forno de secagem, este tipo de contaminantes tem correlação com a falta de limpeza das máquinas. Para solucionar os problemas gerados neste processo foram feitos ajustes da envernizadora, que fica instalada dentro da decoradora, estes ajustes eliminam os respingos de verniz. Já a fuligem gerada pelo forno de secagem a solução foi a limpeza preventiva da corrente de pinos, componente do forno, esta limpeza é feita mensalmente com o jateamento de gelo seco, como mostra a Figura 24.



Figura 24 – Jateadoras de Gelo Seco
Fonte: Kärcher (2016)

Outras ações foram incluídas para eliminar a geração de contaminantes com a inspeção de limpeza da máquina diariamente, que está no *check list* de operação da máquina.

4.4.9 Viscosidade do Verniz fora do Especificado

A viscosidade do verniz foi uma dúvida levantada pela equipe da empresa que contribuiu com esta pesquisa, pois suspeitava-se que a temperatura ambiente da fábrica estivesse interferindo no verniz. Para conhecer o comportamento da

viscosidade foi instalado um transmissor de temperatura e viscosidade na linha que alimenta a máquina LSM, como mostra a figura 25.

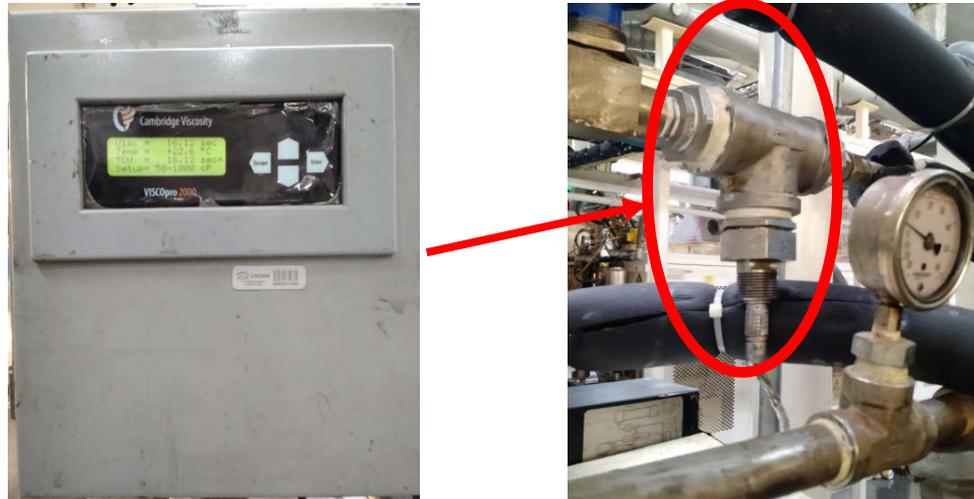


Figura 25 – Viscosímetro instalado na linha de verniz da LSM
Fonte: Autor (2016)

A informação de viscosidade do processo foi armazenada no sistema de informação MES, onde as pessoas poderiam acessar a qualquer momento para saber o comportamento do verniz. Criou-se uma tela para mostrar e acompanhar a evolução como na Figura 26.

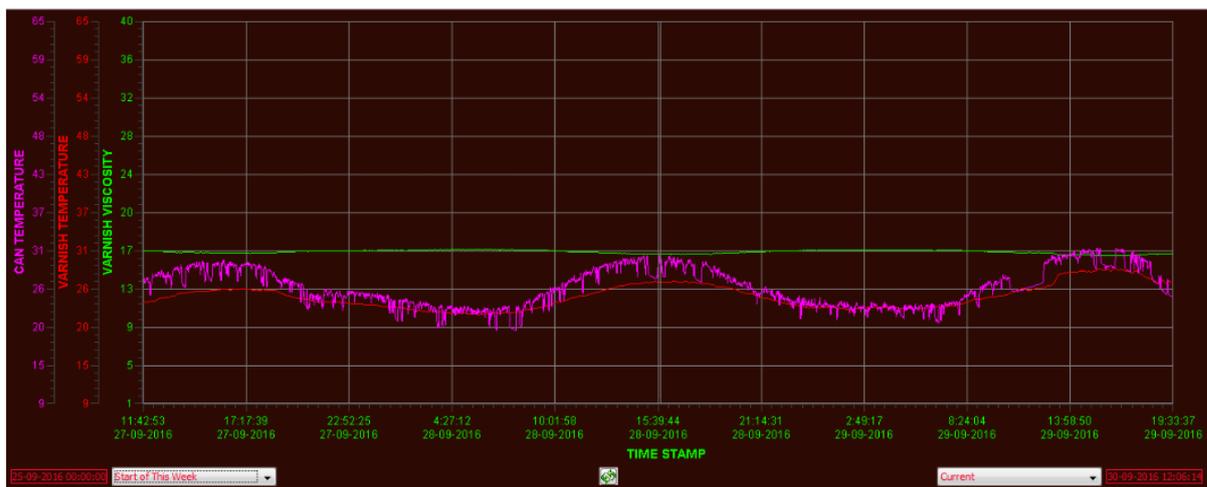


Figura 26 – Tela de monitoramento para temperatura e viscosidade
Fonte: Autor (2016)

O comportamento da viscosidade em correlação com a temperatura do verniz. Como é de conhecimento científico, quando a temperatura sobe a viscosidade baixa, e quando a temperatura baixa a viscosidade sobe. Mesmo respeitando este

comportamento a variação de temperatura percebida no verniz da LSM não é suficiente para que a viscosidade saia dos valores de mínimo e máximo do especificado pelo fabricante. Entretanto, com a finalidade de manter a temperatura estável foi ajustado a temperatura de resfriamento do verniz através de um sistema resfriamento chamado *chiller* para uma temperatura em torno de 20°C.

4.4.10 Baixa Concentração de Sólidos no Verniz

Embora fosse uma preocupação levantado pelos membros da equipe de estudo, a baixa concentração de sólidos no verniz não se evidenciou, entretanto, para sanar dúvidas sobre este assunto, foram feitos testes de evaporação de latas que se resumem em aplicar verniz em uma lata de peso conhecido e deixá-la em uma estufa a 200°C, por 10 minutos e depois repesá-la para verificar o quanto de sólido permaneceu na lata. Não foram encontrados valores fora do especificado.

4.4.11 Ajustes Incorretos do IBO

O IBO é o forno responsável pela cura do verniz aplicado pela LSM, e conta com três zonas de aquecimento e sistema de sopradores que conduzem o ar quente até as latas com revestimento recém aplicado. Cada uma das três zonas possui controle de temperatura independente uma da outra e as temperaturas sobem de forma gradativa até a atingir a temperatura de cura que para este processo é de 189°C. Conta também com uma esteira que transporta as latas da entrada a saída do forno durante cinco minutos.

O grupo estudou o funcionamento do forno e descobriu que a regulação dos difusores não alterados em relação à altura das latas. Os difusores servem para homogeneizar a distribuição do ar quente, descobriu-se que os difusores deveriam ser ajustados de forma a ficarem a quarenta milímetros de boca da lata. Testes mostraram que com os difusores a uma distância maior que quarenta milímetros a médias de metal exposto subiram.

A partir destes testes foi determinado que toda vez que se convertesse a fábrica para um tipo de lata, os difusores deveriam ser ajustados na distância correta, que neste processo é de quarenta milímetros.

4.4.12 Velocidades das Esteiras Transportadoras Inadequadas até o IBO

As velocidades das esteiras estão diretamente ligadas ao escoamento do verniz. Para garantir que as latas tivessem a melhor cobertura de revestimento estas esteiras foram ajustadas de modo a evitar que as mesmas variassem conforme o volume lata, ou seja, as esteiras rodam sempre na mesma velocidade diferentemente do que ocorria antes de estudo, na qual as velocidades alteravam dependendo do volume de latas produzidas.

4.5 CONTROLE DAS AÇÕES IMPLANTADAS

Para que as ações implantadas se mantenham eficientes no processo foram criados mecanismos de controle como os seguintes:

- Os procedimentos de ajustes para cada tamanho de lata estão junto à máquina e também acompanham a lista de atividades distribuída durante as conversões de tipo de lata;
- Foram incluídas atividades de manutenção preventiva de partes importantes da máquina como a correia de giro da lata;
- Monitoramento da temperatura ambiente, temperatura da lata e viscosidade do verniz de forma automatizada e de fácil leitura;
- Disponibilização dos dados de processo no sistema de gestão M.E.S.;
- Criado rotina para análise das condições dos banhos da lavadora;
- Criado rotina para verificar as condições de limpeza das decoradoras;
- Incluído a verificação dos filtros de verniz na lista de atividades da manutenção autônoma;
- Os procedimentos de ajustes do forno de cura IBO foram revisados e afixados no equipamento para facilitar a consulta pelos operadores, bem a inclusão das etapas de ajustes dos difusores do forno nas conversões da fábrica;
- Acompanhamento das medições de metal exposto feitas automaticamente com geração de alarmes em casos em que o equipamento entre em falha.

4.6 RESULTADOS ALCANÇADOS

Os resultados alcançados por este trabalho vão além da redução na incidência de metal exposto no processo de revestimento de latas de alumínio, pois fez a equipe observar outros processos e conceitos que antes eram isolados nos setores da fábrica e mostrou que o melhor resultado de um trabalho só é alcançado quando todos compreendem os fenômenos físicos envolvidos no processo industrial.

A Tabela 3 mostra que as ações implantadas até o momento fizeram a quantidade de paletes desviados para retrabalho diminuir para a média 5,5 paletes por mês no ano de 2017, número estes nunca antes atingido pela planta.

Tabela 3 – Paletes retrabalhados por metal exposto

ANO	PALETES RETRABALHADOS	MÉDIA MENSAL
2014	1188	99
2015	226	18,83
2016	1066	88,83
2017	11	5,5
TOTAL	2491	65,55

Fonte: Autor (2017)

A quantidade de retrabalho não proporciona a visão completa da melhoria do sistema como se verifica nas médias de metal exposto das amostras, que antes eram sempre acima de 1,5 mA para médias abaixo de 0,9 mA, como mostra a Tabela 4.

Tabela 4 – Média de metal exposto

MÊS/ANO	QUANTIDADE DE AMOSTRAS	METAL EXPOSTO (mA)
Jan/2016	9852	3,9
Fev/2016	8256	2,2
Mar/2016	8328	2,2
Abr/2016	9408	2,3
Mai/2016	4944	3,1
Jun/2016	888	1,8
Jul/2016	1728	1,7
Ago/2016	7332	2,8
Set/2016	7205	2,3
Out/2016	6459	2,0
Set/2016	7203	2,3
Nov/2016	8904	1,6
Dez/2016	10208	1,5
Jan/2017	14460	0,9
Fev/2017	15034	0,8
TOTAL	120209	

Fonte: Autor (2017)

Ações significativas, mas de alto custo ainda não foram implantadas devido ao seu alto valor de investimento, tal como o iTRAx, um sistema que monitora a aplicação

do jato de verniz na lata, parando a máquina caso um dos parâmetros de medição esteja fora do especificado, como tempo e pressão.

Entretanto, as ações já implantadas mostram uma redução substancial na quantidade de revestimento utilizada para o retrabalho, como mostra a Tabela 5.

Tabela 5 – Quantidade de verniz utilizado no retrabalho

ANO	PALETES	LATAS	VERNIZ (kg)	VERNIZ MENSAL (kg)
2014	1188	9704772	824,91	68,74
2015	226	1846194	156,93	13,08
2016	1066	8708154	740,19	61,68
2017	11	89859	7,64	3,82
TOTAL	2491	20348979	1729,66	45,52

Fonte: Autor (2017)

Ao comparar o ano de 2017, que começou com as ações propostas implantadas, com 2015, o melhor resultado desde 2014, obteve-se uma redução de 70,8% na reaplicação de revestimento. Tal resultado aponta que as ações implantadas foram efetivas para o sucesso do trabalho, e que ao finalizar com as ações de barreira de qualidade mais precisas o número de retrabalho por metal exposto tenderá a zero, ou seja, próximo ao ideal.

Vale salientar que para se efetuar o retrabalho é necessário que a linha de produção esteja parada, e muito embora o retrabalho seja feito em momentos de conversão de linha, ou seja, em momentos de ociosidade da linha, se o número de retrabalho for elevado, será necessário atrasar a produção após a conversão, isso significa dizer que a fábrica deixaria de produção 180.000 latas por hora.

A empresa, onde este trabalho foi elaborado está investindo em técnicas e equipamentos para diminuir os tempos de conversão de linha, mais um forte motivo para se reduzir ou eliminar retrabalhos que demandam de linha parada, como é o caso do metal exposto.

5 CONCLUSÃO

O objetivo geral deste trabalho foi controlar as falhas de revestimento interno nas latas de alumínio em relação aos anos anteriores, o que correspondia a perda de credibilidade da empresa perante seus clientes, e para reduzir o alto custo de retrabalho que as falhas no revestimento causavam. Foi utilizado com ferramenta principal o método DMAIC, sequência de trabalho utilizada na metodologia Seis Sigma, que é em síntese, definir o que fazer, medir os dados do processo, analisar as informações coletadas, implantar melhorias e controlar os seus resultados.

Outras ferramentas foram utilizadas neste trabalho como suportes ao DMAIC, por exemplo: *brainstorming* – chuva de ideias, que na verdade são sugestões oferecidas pela equipe que compôs o grupo de estudo; diagrama de Ishikawa, conhecido também como espinha de peixe, sistema que auxiliou na identificação do que mais afetava os resultados do processo; FMEA, um esquema utilizado para analisar os modos de falhas e seus efeitos dando peso a cada sugestão previamente aceita pelo grupo de gestores da empresa que contribuiu para a realização dessa pesquisa.

Após o diagnóstico e antes de efetuar qualquer melhoria, a equipe fez a restauração do sistema original para se certificar que o problema não ocorria apenas por mau funcionamento dos seus componentes. A prática mostrou que o sistema original não respondia bem mesmo com todos os seus componentes em bom estado de conservação.

Elucidada a dúvida sobre o funcionamento do sistema original, foram implantadas as melhorias, como por exemplo: a implantação da faca de ar na lavadora para diminuir a contaminação nos banhos químicos; instalação de transmissores de viscosidade e temperatura para verificar as condições do verniz a ser aplicado às latas; a criação do monitoramento de informações da máquina no sistema de gestão da fábrica; melhoria nas ações da manutenção preventiva e autônoma; disponibilização dos ajustes de máquina de forma fácil e rápida.

Cada uma das melhorias implantadas contribuiu substancialmente para o sucesso deste trabalho, entretanto este trabalho não teria logrado êxito não fosse o grande conhecimento que as pessoas envolvidas detinham, pessoas essas que formaram um grupo de trabalho multidisciplinar e engajado na solução do problema, característica solicitada pela metodologia Seis Sigma.

Melhoria como o soprador de ar instalado no processo de lavagem reduziu a zero a incidência de pontos marrons nas latas, um problema crônico para o aparecimento do metal exposto; jateamento do forno de pinos e decoradoras com gelo seco diminuiu a presença de fuligem no interior das latas; ajuste do difusor do forno de cura – IBO, melhorou a secagem das latas contribuindo para o correto escoamento do verniz dentro da lata; o controle das temperatura ambiente e da lata favoreceu criar um processo mais estável e livre de influências externas.

A redução das falhas na aplicação do revestimento de verniz está, obviamente, aquém da meta dos padrões de qualidade, mas considerando que a empresa jamais tinha conseguido baixar o número de desvios de produção, pode-se dizer que este trabalho cumpriu a proposta de redução no retrabalho causado por má aplicação de verniz interno.

Os novos controles e ajustes desenvolvidos e implantados por este trabalho abrem portas para novas pesquisas que podem aprimorar ainda mais o processo, pois apresenta possibilidades de ajustes que antes não existiam e agora permitem aos outros pesquisadores utilizar um sistema de informações confiável e integrado aos dados de processo da fábrica.

Os resultados deste trabalho não esgotam, de maneira alguma, novos trabalhos que visem o aprimoramento do processo estudado, ao contrário, exemplifica que se forem utilizados métodos de pesquisas juntamente com conhecimento técnico pode-se conseguir inúmeras soluções.

REFERÊNCIAS

ABRALATAS. Processo de fabricação da lata de alumínio para bebidas. Disponível em: <<http://www.abralatas.org.br/#containerLata>>. Acesso em: 25 nov. 2016.

ARAUJO, L. C. G. **Organização, Sistemas e Métodos e as Modernas Ferramentas de Gestão Organizacional**: arquitetura, benchmarking, empowerment, gestão pela qualidade total, reengenharia. São Paulo: Atlas, 2001.

CANADIAN FOOD INSPECTION AGENCY. Metal Can Defects: identification and classification manual. Disponível em: <<http://www.inspection.gc.ca/food/fish-and-seafood/manuals/metal-can-defects/eng/1348848316976/1348849127902?chap=0#c5>>. Acesso em: 22 nov. 2016.

CIMM. Definição: o que é conformação mecânica. Disponível em: <<http://www.cimm.com.br/portal/verbetes/exibir/606-conformacao-mecanica>>. Acesso em: 23 nov.2016.

CINCINNATI INDUSTRIAL MACHINERY. Can washers. Disponível em: <<http://www.canwash.com/can-washers/>>. Acesso em: 25 nov. 2016.

CMB ENGINEERING. 3200 Lacquer Spray Machine. Disponível em: <<http://canlinespares.com/products-3200.php>>. Acesso em: 25 nov. 2016.

CMB ENGINEERING. 5000 Bodymaker. Disponível em: <<http://www.canmaker.com/online/major-milestones-for-cmb-engineering/>>. Acesso em: 23 nov. 2016.

CROWN EMBALAGENS METÁLICAS DA AMAZÔNIA S.A. Produção de Latas. Disponível em: <<http://www.crownembalagens.com.br/producao-de-latas.html>>. Acesso em: 19 nov. 2016.

ERVINA, E. M. N.; et al. A review of welding parameter on corrosion behavior of aluminum. **International Journal of Engineering and Applied Sciences**, v.1, n.1, nov. 2012.

GENTIL, V. **Corrosão**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

GONÇALVES, J. E. L. As Empresas são Grandes Coleções de Processos. **RAE - Revista de Administração de Empresas**, v. 40, n. 1, p. 6-19, 2000.

HENKEL. Lineguard Value Package - Full Control of Processes. Disponível em: <http://www.henkel-terason.com/com/content_data/102799_Lineguard_A4_engl.final.pdf>. Acesso em: 25 nov. 2016.

HWANG, B.; et al. Measuring the Impact of Rework on Construction Cost Performance. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 135, ed. 3, p. 187-198, 2009.

ITS – INTERNATIONAL THERMAL SYSTEMS. How do you differentiate pin oven Technology? Disponível em: <https://internationalthermalsystems.com/download/metal_packaging/PinOvenProductBulletin.pdf>. Acesso em: 25 nov. 2016.

ITS – INTERNATIONAL THERMAL SYSTEMS. Internal Bake Oven. Disponível em: <https://internationalthermalsystems.com/download/metal_packaging/MPTB%20IBO%20PDF.pdf>. Acesso em: 25 nov. 2016.

KÄRCHER. Jateadoras de Gelo Seco IB 7/40 ADV. Disponível em: <<http://www.karcherline.com/jateadoras-de-gelo-seco>>. Acesso em: 25 nov. 2016.

LOVE, P. E. D.; et al. A rework reduction model for construction projects. **IEEE Transactions on Engineering Management**, v. 51, n. 4, nov. 2004.

MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. **Administração da Produção**. São Paulo: Saraiva, 1999.

MAGOMYA A. M.; et al. Comparative evaluation of metal levels in canned and non-canned soft drinks: an investigation for possible impacts of metal cans. **International Journal of Scientific Engineering and Applied Science**, v. 2, n. 7, jul. 2016.

NORDSON. Itrax Spray Monitor and Control System. Disponível em: <<http://www.nordson.com/-/media/Files/Nordson/industrial-coating-systems/Products/Container/CNL5232.pdf?la=en>>. Acesso em: 23 nov. 2016.

NORDSON. Meg II Compact Spray Gun. Disponível em: <<http://www.nordson.com/-/media/Files/Nordson/industrial-coating-systems/Products/Container/CNL1228.pdf?la=en>>. Acesso em: 23 nov. 2016.

NOVELIS. Capturing Opportunities: Sustainability Report 2015. Disponível em: <<http://novelis.com/pt-br/sustainability/>>. Acesso em: 26 nov. 2016.

OMEGA. Transmissor de Temperatura Infravermelho Sem Contato em Miniatura. Disponível em: <<http://br.omega.com/pptst/OS136.html>>. Acesso em 26 nov. 2016.

PAIXÃO, J. C.; et al. Algumas reflexões sobre a qualidade em serviços de documentação, informação e arquivo. **Revista do Tribunal de Contas**, n. 44, p. 631- 707, 2005.

PENTEADO, E. Fabricação de latas de alumínio pelo processo de drawing ironing. In: V CONFERÊNCIA NACIONAL DE CONFORMAÇÃO DE CHAPAS. Gramado, RS: Gráfica e Editora Brasil, 2002. p. 183-208.

REKAS et al. Numeric analysis of relationship between height and geometry of bottom of a beverage can and its resistance to increase in internal pressure. **10th European LS-DYNA Conference**, Würzburg, Germany, 2015.

RIADH M. A.; et al. Study of new users of internal coating for food and beverage cans. **International Journal of Chemical Studies**, v. 3, n. 2, p. 35-37, 2015.

SENCOR INCORPORATED. Disponível em: <http://www.sencor.com/pt/qa_systems/auto_ename_l_rater.php?trans=pt>. Acesso em: 20 nov. 2016.

SOUZA, J.; et al. Aplicação do método de análise e solução de problemas (MASP) para redução de avarias com movimentação de latas vazias em uma indústria de bebidas. **Revista Espacios**, v. 35, n. 4, p.5, 2014.

STOLLE MACHINERY. Cupping Systems. Disponível em: <<https://www.stollemachinery.com/en/products/cupping-systems>>. Acesso em: 23 nov. 2016.

STOLLE MACHINERY. Rutherford Decorator and Basecoat. Disponível em: <<https://www.stollemachinery.com/en/products/rutherford-decorator-and-basecoater>>. Acesso em: 25 nov. 2016.

TEC VENT. Insuflador Axial de Telhado com Caixa Filtro. Disponível em: <<http://tecvent.com.br/sistemas/insufladores-axiais/insuflador-axial-de-telhado-com-caixa-filtro/>>. Acesso em: 25 nov. 2016.

TEKBRASIL. Datapaq. Disponível em: <<http://www.tekbrasil.com.br/produtos/datapaq>>. Acesso em: 25 nov. 2016.

TORUS-GROUP. Z313 Enamel Rater. Disponível em: <<http://www.torus-group.com/measurement/products/packaging/beer-beverage/z313-enamel-rater/>>. Acesso em: 20 nov. 2016.