UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA

GABRIEL HENRIQUES DA COSTA RODRIGUES

ANÁLISE DO DESCOLAMENTO NO PROCESSO DE LAMINAÇÃO DE EMBALAGENS RETORT PARA PET FOOD EM UMA INDÚSTRIA DE EMBALAGENS PLÁSTICAS FLEXÍVEIS

João Pessoa

Setembro, 2025

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA

GABRIEL HENRIQUES DA COSTA RODRIGUES

Trabalho de finalização de curso de Bacharelado em Engenharia Química pela Universidade Federal da Paraíba, elaborado sob a orientação do Prof. Dr. Flávio Luiz Honorato da Silva.

João Pessoa

Setembro, 2025

Catalogação na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

R696a Rodrigues, Gabriel Henriques da Costa.
Análise do descolamento no processo de laminação de embalagens retort para pet food em uma indústria de embalagens plásticas flexíveis / Gabriel Henriques da Costa Rodrigues. - João Pessoa, 2025.
43 f. : il.

Orientação: Flávio Luiz Honorato da Silva.
TCC (Graduação) - UFPB/CT.

1. Laminação, Delaminação, Melhoria Contínua, Embalag. I. Silva, Flávio Luiz Honorato da. II. Título.

UFPB/BSCT CDU 66.01(043.2)

Elaborado por ROSANGELA GONCALVES PALMEIRA - CRB-216

GABRIEL HENRIQUES DA COSTA RODRIGUES

ANÁLISE DO DESCOLAMENTO NO PROCESSO DE LAMINAÇÃO DE EMBALAGENS RETORT PARA PET FOOD EM UMA INDÚSTRIA DE EMBALAGENS PLÁSTICAS FLEXÍVEIS.

Trabalho de finalização de curso de Bacharelado em Engenharia Química pela Universidade Federal da Paraíba.

Aprovada em: setembro de 2025.

BANCA EXAMINADORA

gov.br Documento assinado digitalmente
FLAVIO LUIZ HONORATO DA SILVA
Data: 09/09/2025 17:15:31-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. Flávio Luiz Honorato da Silva

Orientador

gov.br Documento assinado digitalmente
JOSE ETIMOGENES DUARTE VIEIRA SEGUNDO
Data: 09/09/2025 15:47:25-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. José Etimógenes Duarte Vieira Segundo

Examinador

gov.br Documento assinado digitalmente
RONALD HENRIQUE RODRIGUES DELFINO DA SI
Data: 09/09/2025 16:10:06-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Eng. Ronald Henrique Rodrigues Delfino da Silva

Examinador

AGRADECIMENTOS

Antes de tudo agradeço a Deus, pelo atendimento a todos pedidos de paciência, sabedoria e força. Ademais, gostaria de expressar minha profunda gratidão ao suporte incondicional da minha família, que me proporcionou demasiadas experiências nesses anos de graduação.

A minha mãe, sou eternamente grato pelo seu exemplo de dedicação, abdicação e amor, sem seus esforços, eu jamais teria tido tantas oportunidades de garantir uma educação de qualidade e uma jornada confortável. Suas contribuições foram essenciais para finalização desse ciclo e nossas conversas foram acalento em momentos de dificuldade.

Ao meu pai, agradeço imensamente pelo exemplo de persistência, hombridade e força. Seu companheirismo discreto sempre foi essencial para me fortalecer nessa jornada, principalmente nos momentos de maior fragilidade, e sem seu apoio eu sei que minha caminhada teria sido muito mais árdua.

Ao meu irmão, dedico minhas maiores inspirações criativas, críticas e fora do padrão, que muitas vezes foi estabelecido pelo meu perfil metódico. Você sempre será um símbolo de coragem, atitude e sem dúvidas foi responsável por me abrir os olhos pra viver, por isso, meu muito obrigado.

Aos meus colegas de curso, agradeço pela paciência, carinho e companheirismo, desde minha chegada fui muito bem recebido e encerro essa fase da graduação repleto de experiência enriquecedoras de vida e alma, graças a vocês, que levarei para o resto da vida. A todos que cruzaram minha jornada na pesquisa científica, no centro acadêmico e em especial no movimento empresa júnior, meu muito obrigado.

Por falar em empresa júnior, não poderia deixar de demostrar o quão sou grato ao movimento que mudou minha vida. Agradeço demasiadamente a todos que vieram antes de mim na PROJEQ e a todos que deram continuidade a esse projeto repleto de esforço e propósito, agradeço também aos integrantes da PB Júnior que me ensinaram sobre auto-valorização, trabalho em equipe, comunicação assertiva e responsabilidade com o próximo. Em especial, cito

Félix, Dudão, Rai e Ju, como os principais presentes que esse movimento poderia ter me concedido.

Por conseguinte, gostaria de expressar meu profundo agradecimento aos professores, que foram lanternas que iluminaram minhas ideias e me guiaram no caminho certo. Agradeço com profundo respeito e admiração, os professores que foram além das salas de aulas e se mostraram de fato orientadores, em especial o Prof. Dr. Flávio Luiz Honorato da Silva, que me orientou nesse trabalho, mas também foi calmaria em meus momentos de indecisão, principalmente durante suas aulas, de fato um grande exemplo que levo da graduação.

Aos meus amigos, colegas e gestores Ísis, Vivianne, Silvio, Lúcio, Ezequiel e Jonata, meu sincero agradecimento pelo suporte de todos os dias, por depositarem sua confiança em mim e pela oportunidade de desenvolvimento e crescimento.

Por fim, expresso minha gratidão à Universidade Federal da Paraíba, por todas portas abertas ao longo dessa jornada.

RESUMO

A laminação é uma das etapas mais importantes e custosas de um processo produtivo de embalagens do tipo retort, já que nesse processo teremos a união de filmes plásticos flexíveis com alguns insumos secundários, como filmes de alumínio, adesivos e solventes orgânicos, o que resultará numa embalagem resistente a umidade, a compostos orgânicos e a temperaturas elevadas, possibilitando assim o acondicionamento de alimentos úmidos para animais. Por se tratar de um processo extremamente sensível as modificações, devido à quantidade de variáveis, a laminação demanda um controle de qualidade mais rígido. Deste modo, buscou-se na literatura o apoio intelectual necessário para entender de maneira mais profunda o processo e suas variáveis, tornando viável o mapeamento de possíveis causa para um dos principais defeitos encontrado na etapa de laminação durante 18 meses numa fábrica localizada em João Pessoa na Paraíba, a **delaminação**. Através das informações coletadas por questionário aplicado aos operadores/auxiliares do setor e com os detalhamentos de relatórios de não conformidade, foi possível entender quais eram as causas mais críticas para esse erro produtivo, como dosagem de adesivo, tempo de cura, tratamento do filme, temperatura de laminação, umidade relativa do sistema, alinhamento do filme e sensibilidade a mudança de insumos. Para contornar esse problema, foram propostas ferramentas da qualidade, que ajudassem a mitigar a recorrência dessas falhas, além de otimizar a resolução desses entraves.

Palavras-chave: Laminação, Delaminação, Melhoria Contínua, Embalagens Retort.

ABSTRACT

Lamination is one of the most important and costly stages in the production process of retort packaging, as it involves the bonding of flexible plastic films with secondary inputs such as aluminum films, adhesives, and organic solvents. This results in packaging with high resistance to moisture, organic compounds, and elevated temperatures, thus enabling the storage of wet pet food. Since it is an extremely sensitive process due to the large number of variables involved, lamination requires stricter quality control. In this context, a literature review was conducted to provide the necessary theoretical foundation for a deeper understanding of the process and its variables, allowing the mapping of possible causes for one of the main defects observed in the lamination stage over an 18-month period in a factory located in João Pessoa, Paraíba: **delamination**. Based on data collected through questionnaires applied to operators/assistants in the sector and the analysis of nonconformity reports, it was possible to identify the most critical causes of this production defect, such as adhesive dosage, curing time, film treatment, lamination temperature, system relative humidity, film alignment, and sensitivity to input changes. To address this issue, quality tools were proposed to help mitigate the recurrence of these failures and to optimize the resolution of these bottlenecks.

Keywords: Lamination, Delamination, Continuous Improvement, Retort Packaging.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Exemplo de embalagem retort de alimentos para pets 11
Figura 2 – Fluxograma do processo produtivo de uma embalagem plástica do tipo retort. 14
Figura 3 - Esquema simplificado de extrusora do tipo balão 16
Figura 4 - Imagem microscópica de perfis de curvas de gravação. 19
Figura 5 - Fluxograma do Processo de Galvanização 20
Figura 6 - Cilindro para rotogravura 20
Figura 7 - Exemplo de Impressora de Rotogravura. 21
Figura 8 - Processo de laminação úmida utilizando adesivo base solvente. 22
Figura 9 - Exemplo de revisora para filmes plásticos 23
Figura 10 - Exemplo de rebobinadeira 24
Figura 11 - Máquina utilizada no corte e solda de embalagens retort. 24
Figura 12 - Filme apresentando delaminação 27
Figura 13 - Cenário de motivos de não conformidade para itens retort. 31
Figura 14 - Respostas referentes a eficiência dos procedimentos de controle de qualidade durante a laminação 32
Figura 15 - Respostas referentes a frequência de treinamentos para prevenir a delaminação 32
Figura 16 - Resposta referentes aos motivos que eles acreditam ser os causadores principais 33
Figura 17 - Aplicação da análise no Diagrama de Ishikawa 36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Cálculo para cenário atual do número de prioridade de risco 34
Tabela 2 - Cálculo para cenário desejado do número de prioridade de risco ...35
Tabela 3 - Matriz 5W2H referente ao plano de ação para resolução de falhas 37

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 11

1.1. JUSTIFICATIVA E PROBLEMA 12

1.2. OBJETIVOS 12

1.2.1. Objetivo Geral 12

1.2.2. Objetivos específicos: 12

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 13

2.1. PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE EMBALAGEM RETORT 13

2.1.1. Principais matérias-primas utilizadas no processo 14

2.1.1.1. Poli(tereftalato de etileno) – PET 14

2.1.1.2. Polipropileno – PP 15

2.1.1.3. Poliamida biaxialmente orientada – BOPA 15

2.1.1.4. Insumos secundários 15

2.1.2. Extrusão de polímeros para formação de filmes plásticos 16

2.1.3. Preparação de cilindros para impressão em rotogravura 17

2.1.3.1. Processo de Niquelagem 17

2.1.3.2. Processo de Cobreamento 17

2.1.3.3. Processo de Cromagem 18

2.1.4. Rotogravura 20

2.1.5. Laminação 21

2.1.6. Revisora 22

2.1.7. Rebobinadeira 23

2.1.8. Corte e Solda (acabamento) 24

2.2. LAMINAÇÃO BASE SOLVENTE 25

2.2.1. Tempo de cura 25

2.2.2. Variáveis do Processo 26

2.2.3. Delaminação: Causas e efeitos 27

3. METODOLOGIA 27

3.1. FMEA (Failure Mode and Effects Analysis), DIAGRAMA DE ISHIKAWA E MATRIZ 5W2H 29

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO 30

4.1. LEVANTAMENTO INICIAL DE DADOS 30

4.2. DELAMINAÇÃO: CAUSAS POTENCIAIS 31
4.2.1. Priorização com o FMEA 34
4.2.2. Identificação das causas potenciais com o Diagrama de Ishikawa 36
4.2.3. Proposta de plano de ação (Matriz 5W2H) 36
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS 38
REFERÊNCIAS 39
Apêndice A – Pesquisa com Colaboradores 41

1. INTRODUÇÃO

O mercado pet brasileiro tem se mostrado promissor nos últimos anos. Em 2024, o setor faturou cerca R$ 75 bilhões, com previsão de crescimento contínuo (ABINPET, 2025). Esse avanço pode ser relacionado com as mudanças no perfil das famílias brasileiras, como o aumento de domicílios unipessoais onde em 2010 ainda representavam 12,2% da população brasileira e hoje representa 18,9% (IBGE, 2022) e a valorização da companhia dos animais de estimação. Nesse cenário, a demanda por alimentos de qualidade para animais de estimação, consequentemente os alimentos úmidos, vem se intensificando.

Por conseguinte, busca-se maneiras de garantir a segurança e conservação destes alimentos e em grande parte a forma mais viável se dá através da escolha das embalagens utilizadas. As embalagens plásticas flexíveis têm se destacado nesse contexto, por proporcionarem resistência mecânica, barreira contra umidade, gases externos e incidência de luz, além de permitirem a esterilização em autoclave por utilizar materiais como o BOPP (Polipropileno Biorientado) que suportam temperaturas de até 160 ºC (ANYADIKE, 2009), o que é essencial no caso das embalagens *retort,* que são as mais utilizadas para o pet food úmido.

Figura 1 - Exemplo de embalagem retort de alimentos para pets

Fonte: Embalagem tendência e expertise em pet food, Pet Center (2021).

A fabricação dessas embalagens envolve a laminação de diversos filmes plásticos e metalizados, unidos por adição de adesivos específicos. Esse

processo, além de utilizar insumos de custo elevados como base de adesivos, catalisadores e solventes, é crítico para garantir a integridade da embalagem. Qualquer defeito na laminação, pode comprometer a força de colagem, resultando em descarte de material, perda de produtividade operacional e riscos à segurança do alimento.

1.1. JUSTIFICATIVA E PROBLEMA

Num setor de laminação de uma indústria de embalagens plásticas flexíveis em João Pessoa - PB, no período de janeiro de 2024 a junho de 2025, foi observado um aumento de defeitos por delaminação em produtos do tipo *retort*. No olhar empresarial, essas falhas comprometem não apenas a integridade do produto, mas também geram custos elevados com retrabalho, até para realizar o descarte deles, além de expor os consumidores finais a contaminação com materiais orgânicos nocivos.

Diante disso, o presente trabalho buscou analisar criticamente os dados industriais disponíveis, discutir com os trabalhadores do setor as causas dos defeitos e em conjunto com uma revisão bibliográfica, identificar os principais fatores que corroboram para o descolamento no processo de laminação de embalagens para comida úmidas para animais.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo Geral

Utilizar dados de produção da fábrica para analisar, em conjunto com as ferramentas de gestão da qualidade, as causas de descolamento observadas no processo de laminação, com o intuito de identificar os fatores críticos do processo e propor recomendações técnicas que contribuam para a redução de não conformidades.

1.2.2. Objetivos específicos:

a) Identificar os principais mecanismos e causas associadas a delaminação entre estruturas;
b) Analisar aproximações dos dados reais da indústria, com foco em ordens de produção que apresentaram defeito de laminação por delaminação, a

fim de encontrar padrões, desvios ou correlação com variáveis do processo;

c) Comparar os dados industriais com a literatura disponível, a fim de validar as hipóteses sobre os fatores críticos de sucesso na laminação;
d) Propor recomendações técnicas que possam ser implementadas na indústria para mitigar a ocorrência de descolamento das embalagens produzidas.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE EMBALAGEM RETORT

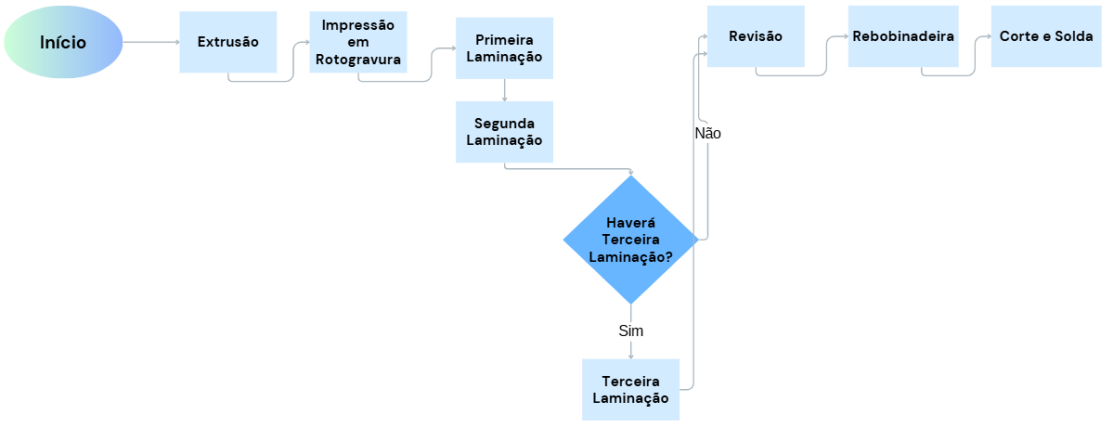
A fabricação desse tipo de embalagem, requer conhecimentos aprofundados em materiais poliméricos para entender suas características, e em química para conseguir correlacionar suas interações estruturais, analisar a qualidade do produto e garantir a eficiência do processo. Por mais que essas sejam premissas básicas para uma produção correlata, o caso desse material consegue agregar maior peculiaridade devido ao seu modo de preparação.

Mesmo sendo um produto designado a acondicionar alimentação animal, requer cuidados extras devido a possibilidade de impactar diretamente vidas. O alimento úmido é preparado no próprio invólucro plástico finalizado, que após a cocção será armazenado e comercializado.

Após passar por etapas de recebimento de tintas e vernizes e ser laminada, a embalagem precisa suportar as condições ambientais às quais será exposta e ainda apresentar integridade visual para o consumidor intermediário que, neste caso, é o tutor dos animais.

Portanto, para desenvolver um processo com desempenho positivo, existe um fluxo que esse produto precisa seguir, como expresso na Figura 2:

Figura 2 – Fluxograma do processo produtivo de uma embalagem plástica do tipo *retort*.



Fonte: Autor (2025).

2.1.1. Principais matérias-primas utilizadas no processo

Alguns dos materiais utilizados são o poli(tereftalato de etileno) - PET, poliamida biaxialmente orientada - BOPA, polipropileno biorientado - BOPP, polipropileno - PP e polietileno - PE, onde cada um entra no processo de forma estratégica a fim de assegurar a qualidade do material final.

Mesmo com diversas opções de insumos a serem utilizados, existem algumas combinações mais comuns, uma delas é a utilização de PET, BOPA, PP, junto matérias-primas secundárias, como alumínio, adesivo, catalizadores e zíper. Essa junção será responsável por garantir características específicas a embalagem e podemos entendê-las da seguinte forma:

2.1.1.1. Poli(tereftalato de etileno) – PET

O poli(tereftalato de etileno) – PET se trata de uma resina muito utilizada para fabricação de embalagens, podendo ser rígidas, como garrafas de refrigerantes ou então flexíveis com multicamadas, como o caso de embalagens autossustentáveis e esterilizáveis.

O filme biorientado do PET tem excelente barreira a aromas e a gases, elevada transparência e brilho, boa resistência química a óleos e gorduras, boa resistência à tração, boa rigidez e alta estabilidade térmica. No entanto sua

barreira ao vapor d'água é média (Embalagens Plásticas Flexíveis, 2017, pág.45). Entendendo os pontos positivos e negativos desse filme, podemos buscar aprimorá-los através da utilização de outros insumos.

2.1.1.2. Polipropileno – PP

O PP se trata de uma poliolefina resultante da polimerização do propileno. No ramo de embalagens, se destaca pela utilização em embalagens rígidas como frascos e garrafas plásticas, tampas e até no processo de termoformagem de copos, potes e bandejas.

Já em embalagens flexíveis, sua utilização se destaca por ter uma ótima barreira contra vapor d'água, média barreira a gases, boa resistência a óleos, gorduras, a produtos químicos e à abrasão, além de ser termicamente estável e não suscetível ao fissuramento sob tensão (Embalagens Plásticas Flexíveis, 2017, pág.36). Tais características somam-se às do PET, agregando a barreira contra vapor d'água.

2.1.1.3. Poliamida biaxialmente orientada – BOPA

Seguindo a linha de polímeros, a poliamida ou como é conhecido, *Nylon*, é um polímero linear, que se caracteriza pela repetição do grupo funcional amida, não coincidentemente essa função assegura certa influência no comportamento dos filmes compostos com esse material, tais como barreira para gases, aromas, produtos químicos de baixa polaridade, além de alta resistência mecânica e térmica (Embalagens Plásticas Flexíveis, 2017, pág. 46).

Além dos atributos supracitados, as poliamidas podem ser biaxialmente orientadas e formar o filme conhecido por BOPA. Essa alteração física no material potencializa as propriedades mecânicas, de barreira e de resistência a flexão (Embalagens Plásticas Flexíveis, 2017, pág. 49), tornando assim esse produto ainda mais interessante e viável para seu uso.

2.1.1.4. Insumos secundários

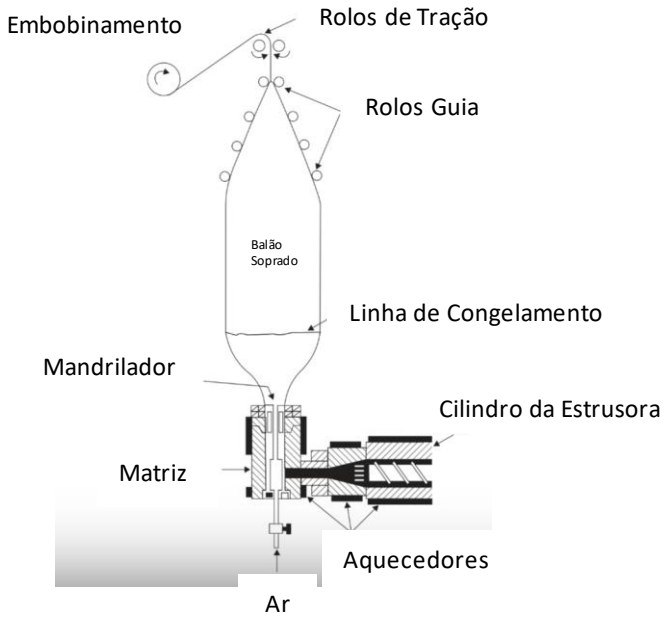
Por fim, outros insumos corroboram nesse processo, já que influenciam diretamente no resultado da embalagem, como folha de alumínio, tintas,

solventes e adesivos, mas eles serão detalhados nas seções seguintes, já que impactaram diretamente em etapas de fabricação.

2.1.2. Extrusão de polímeros para formação de filmes plásticos

Indústrias do ramo tendem a iniciar sua produção pela extrusão do filme plástico, pois essa é uma etapa fundamental para as propriedades mecânicas e para isotropia do material, que é quando materiais possuem a mesma propriedade física, independente da sua orientação. Utiliza-se uma extrusora de único sugador ou paralela, onde pequenos grãos de polímero (geralmente PE, PP ou PA) são alimentados, fundidos e expelidos através de uma matriz, a qual determinará o formato do material (Embalagens Plásticas, 2009, pág.98). O material fundido escoa através de um mandril e emerge por uma matriz anelar, a qual se abre em forma de tubo (Embalagens Plásticas, 2009, pág.98), é então inflado com ar, formando um "balão" que é resfriado por um anel de ar e transformado em filme plano por meio de rolos de tração.

Figura 3 - Esquema simplificado de extrusora do tipo balão



Fonte: Pira International Ltd., Embalagens Plásticas (2009, p.99).

O controle da “razão de sopro” e da velocidade de tração determina as características do filme produzido, como por exemplo a espessura e as propriedades mecânicas do filme. Linhas com coextrusão permitem estruturas multicamadas com controle preciso de até 11 camadas finas, conferindo ao filme

funcionalidades como barreira térmica e resistência à punctura, que seria a geração de furos no filme por questão física ou mecânicas.

2.1.3. Preparação de cilindros para impressão em rotogravura

A impressão em rotogravura é baseada na transferência direta de tinta por meio de cilindros metálicos gravados. Para que esses cilindros apresentem a precisão, resistência e estabilidade exigidas no processo produtivo, é necessário submetê-los a um conjunto de etapas metalúrgicas que envolvem a galvanização controlada com metais como cobre, níquel e cromo.

O processo de galvanização tem por objetivo conferir ao cilindro as propriedades físicas e químicas necessárias para suportar tanto a gravação das células quanto o desgaste repetitivo durante a impressão em alta velocidade.

O cilindro base geralmente é feito de aço carbono, que é inicialmente usinado para atingir as dimensões geométricas desejadas e em seguida, passa por uma etapa de limpeza química (desengraxe e decapagem) com o objetivo de remover óleos, sujeiras, óxidos e contaminantes da superfície metálica, garantindo a aderência dos metais aplicados na galvanização. Na indústria em questão esse cilindro é comprado de um terceiro, então não entra diretamente no processo, mas a galvanização é feita em loco e da seguinte forma:

2.1.3.1. Processo de Niquelagem

O banho de níquel tem função intermediária e opcional, mas segue sendo utilizado para melhorar a resistência à corrosão, sua deposição também é feita por eletrodeposição, utilizando banho contendo sulfato de níquel, cloreto de níquel e ácido bórico como tamponante.

2.1.3.2. Processo de Cobreamento

A camada de cobre eletrolítico é a mais importante para o processo de gravação. Ela forma o corpo gravável do cilindro, no qual as microcélulas são abertas por meio de um diamante. O cobre é depositado por eletrodeposição em banho ácido de sulfato de cobre, ácido sulfúrico e aditivos para controle de brilho, dureza e deposição uniforme.

2.1.3.3. Processo de Cromagem

A camada de cromo duro é aplicada como proteção final após a gravação do cilindro. Ela não participa da impressão diretamente, mas forma uma barreira de resistência ao desgaste, à abrasão da tinta, solventes e contato com as facas (lâminas que "raspam" a tinta aplicada no cilindro). A galvanização com cromo é feita em banho ácido de dicromato, que exige controle rigoroso por conta da toxicidade e da instabilidade do cromo hexavalente.

Após detalhar a fundo os processos químicos, é viável discutir a produção geral. O fluxo inicia com a abertura da ordem de serviço para um conjunto de cilindros. Posteriormente, é preciso avaliar se o cilindro utilizado será novo ou reutilizado, sendo novo ou apresentando algum defeito na sua base composta por níquel e cobre, ele precisará passar pelo fluxo completo, onde será retrabalhado no torno (apenas cilindros antigos com defeito na base) para fazer a retirada da camada superficial, o deixando apenas com sua estrutura de aço carbono, depois será niquelado ele passará pelo seu primeiro processo de cobreamento, assim fechando a base do cilindro.

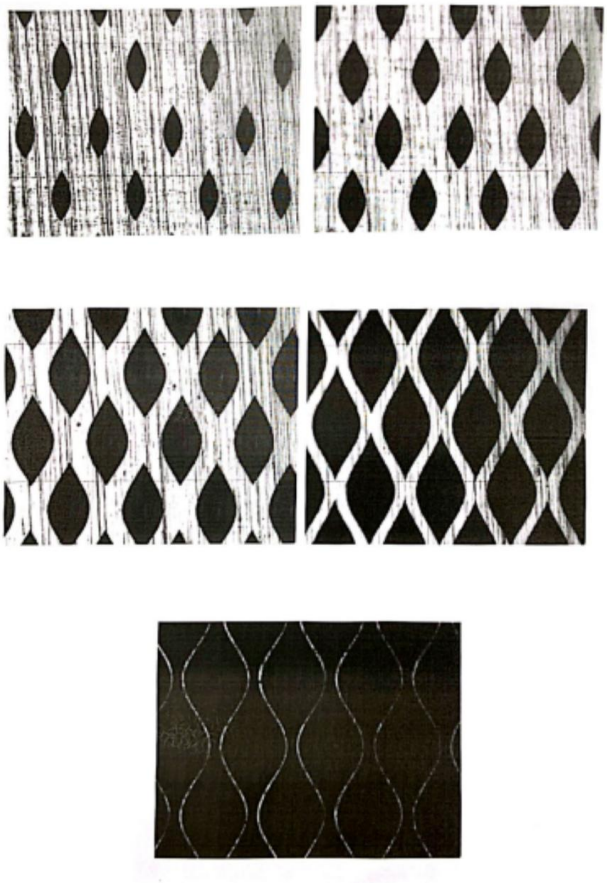
Nessa primeira etapa, o cilindro passará pelo primeiro polimento, utilizando lixas rígidas de diferentes porosidades, a fim de garantir as dimensões ideias para ser trabalhado em rotogravura.

A etapa seguinte será o segundo cobreamento, onde formará a camisa de cobre. Essa etapa existe, a fim de formar uma fina camada de cobre, que irá garantir uma reutilização desse cilindro sem precisar refazê-lo do zero, pois será possível utilizá-lo na impressora e ao finalizar a ordem de produção ele voltará ao setor de preparação de cilindros e mecanicamente será retirada sua camada metálica até a camisa de cobre, sem afetar a base de Ni-Cu. É válido salientar que por garantia, também é realizada uma etapa de polimento, buscando manter a camada homogênea e sem grandes variações de perímetro.

Posteriormente, o cilindro será levado para uma gravadora de cilindros elétrica, onde utilizará uma peça de cobre com ponta composta de diamante para a criação de pequenas células na superfície do cilindro que armazenarão a tinta durante o processo de impressão. Essas células são gravadas por esse equipamento chamado de sapata, que é conhecida por sua precisão e

durabilidade (YUBO, 2025). A profundidade e o tamanho das células são cuidadosamente controlados para reproduzir diferentes tonalidades e detalhes na impressão final, caracterizando assim a lineatura e o ângulo da gravação.

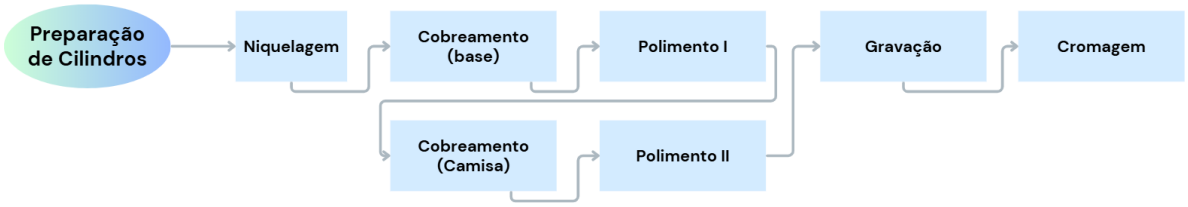
Figura 4 - Imagem microscópica de perfis de curvas de gravação.



Fonte: Autor (2025).

Podemos ver de maneira mais resumida o processo de preparação de cilindros na Figura 5:

Figura 5 - Fluxograma do Processo de Galvanização

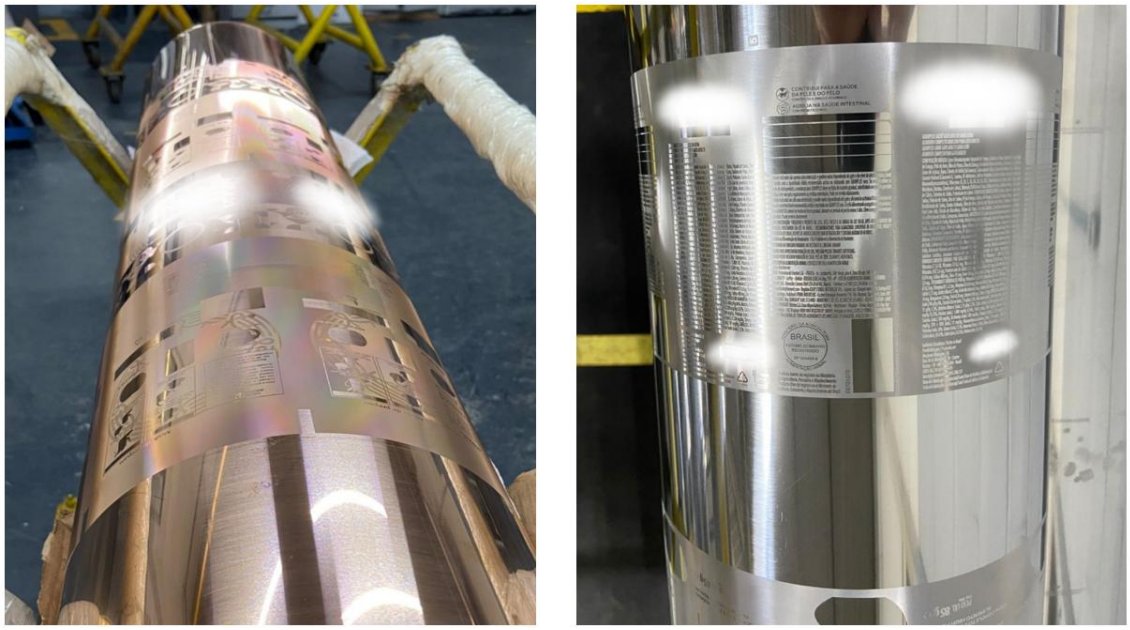


Fonte: Autor (2025).

2.1.4. Rotogravura

Como brevemente apresentado no tópico anterior, a rotogravura se trata de um processo de impressão mundialmente difundido, que utiliza de cilindros tratados pelos métodos supracitados, a galvanização e gravação.

Figura 6 - Cilindro para rotogravura



(a) (b)

Figura 6(a) cilindro pré cromagem apenas gravado e 6(b) cilindro finalizado.

Fonte: Autor (2025).

Essa é a etapa ocorre após a extrusão do material e é onde se evidencia a aparência de embalagem aos filmes, já que será trabalhada a estética do produto. Tendo os cilindros preparados, eles são levamos para as impressoras, onde serão acoplados em banhos de tintas enquanto rotacionam. Com isso, o

filme é adicionado a máquina, fazendo com que ele seja tracionado e consequentemente receba a tinta que impregna nas células do cilindro e é raspado por uma espécie de faca, que assegura que haverá tinta apenas nas gravações.

Figura 7 - Exemplo de Impressora de Rotogravura.

Fonte: Direct Industry (2025).

As imagens são formadas através da sobreposição das cores, ou seja, cada cilindro é gravado para uma cor específica, e recebe gravações respectivas ao desenho que precisa ser formado. Ademais, as cores podem ser construídas tanto por essa junção das gravações, através das cores chamadas de cromia, quanto pelas formulações específicas, que ocorre quando necessita chegar a uma cor que foge da capacidade das cromias, nesses casos são utilizadas as cores Pantone.

As cromias são compostas pelas cores ciano, magenta, amarelo (yellow) e preto (black) que caracterizam o formato de cor CMYK.

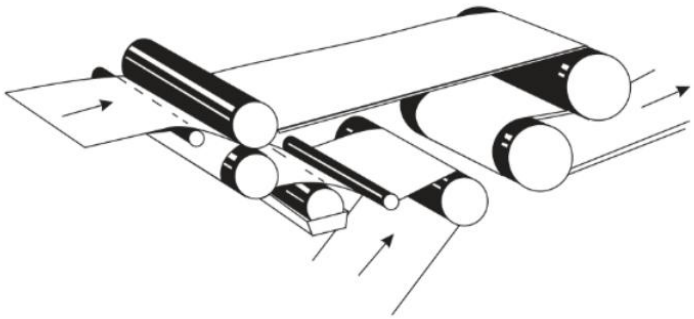
2.1.5. Laminação

Após impresso, o filme é direcionado para laminação, que será a etapa responsável por assegurar a união dos materiais e a mesma pode ocorrer pela utilização de calor ou através de um método úmido, utilizando água ou solvente (Embalagens Flexíveis, 2009, p. 103). A definição de qual método é mais

assertivo depende das condições que o material será exposto e o custo de operação, vale ressaltar que o processo úmido tende a ser mais econômico.

Para laminação a úmido, os filmes serão unidos através da utilização de adesivos e rolos cilíndricos, onde um filme vem sendo tracionado de baixo para cima, passando por um cilindro gravado com ranhuras que irão carregar o conteúdo da banheira de adesivo e depositar no filme. Em sincronia, um outro filme percorre o topo convergindo com parte inferior que recebeu o adesivo, formando assim um filme, que pode ser, por exemplo, PET laminado com alumínio. Esse processo fica mais claro na Figura 8.

Figura 8 - Processo de laminação úmida utilizando adesivo base solvente.



Fonte: Pira International Ltd., Embalagens Plásticas (2009, p.103).

Nessa etapa, alguns compostos são de significativa importância como a folha de alumínio, adesivo e catalisador. Isso porque além dos filmes já discutidos, esses insumos serão de extrema importância para agregar propriedades essenciais ao produto, como o alumínio por exemplo, que tem uma excelente barreira a gases, vapor d'água, vapores orgânicos e luz. Ademais, esse material contribui para a aparência do produto, trazendo um aspecto mais nobre, por conta do seu brilho metálico, além de assegurar uma maior resistência a dobraduras sem desformar (Embalagens Plásticas Flexíveis, 2017, p. 56).

2.1.6. Revisora

Após laminado, o filme vai ser levado para revisar. A revisora se trata de uma etapa de qualidade, para evitar maiores perdas ao longo do processo. Basicamente ela irá desenrolar as bobinas, enquanto analisa o filme que passa por ela, utilizando uma câmera de revisão e uma luminária, que serve para melhorar tanto a visualização da câmera como do operador responsável.

Figura 9 - Exemplo de revisora para filmes plásticos

(a) (b)

Figura 9(a) demostra uma visão frontal da revisora desbobinando o filme para conferência, enquanto a Figura 9(b) mostra a central de controle gerado pela câmera de revisão.

Fonte: Mega Steel Máquinas (2025).

Essa avaliação mais cuidadosa possibilita a identificação de rugas, vincos, bolhas, delaminação e defeitos de impressão, então o ideal é que ele aconteça após as laminações visando identificar o quanto antes os problemas, a fim de buscar resolvê-los de maneira ágil, tornando a quantidade de material descartado por defeitos menor.

2.1.7. Rebobinadeira

Seguido da revisão, o material será direcionado para o setor de finalização, onde ocorrerá o refile residual das laterais do material, o corte para quando tiver mais de uma imagem no espaço axial do filme e em alguns casos possibilitar o tombamento da bobina, que nada mais é do que inverter a maneira que ela será puxada na próxima máquina ou então inverter o lado da impressão, o deixando para dentro da bobina ou para fora, isso depende do que é demandado do processo seguinte.

Figura 10 - Exemplo de rebobinadeira

Fonte: Mega Steel Máquinas (2025).

2.1.8. Corte e Solda (acabamento)

Por fim, o material é levado para última etapa, a de finalização, onde será cortado, soldado e em alguns casos terá a inserção do fundo do produto, normalmente necessário quando essa parte é composta de outras estruturas. Nesse momento é onde o produto tomará forma e ficará nas condições ideais de acondicionamento dos produtos pet food. Eventualmente é demandada a inserção de válvulas ou zíperes, mas caso contrário, os sacos serão separados, embalados e direcionados ao cliente.

Figura 11 - Máquina utilizada no corte e solda de embalagens retort.

Fonte: Poli Máquinas (2025).

2.2. LAMINAÇÃO BASE SOLVENTE

Como detalhado no tópico 2.1.4. a laminação nesse processo é amplamente utilizada, com a finalidade de aferir melhor resistência mecânica, boa aparência e excelente adesão entre diversos substratos. Nesse processo, adesivos poliuretânicos são aplicados após serem dissolvidos em solventes orgânicos, isso ocorre para que melhore a “molhabilidade” do produto, ou em termos técnicos, reduzir a viscosidade, permitindo uma melhor distribuição sobre o substrato.

Por mais que a presença de um solvente orgânico próximo a alimentos possa causar certa estranheza, a sua utilização é pensada considerando sua volatidade, garantindo que não haverá vestígios dele no material finalizado e isso ocorre devido ao tempo que cura.

2.2.1. Tempo de cura

Uma etapa chave nesse processo é justamente o tempo de cura. Basicamente será o tempo necessário para o adesivo secar e evaporar todo solvente utilizado. Estudos buscam entender qual o melhor espaço de tempo para realizar esse processo e afirmam que a cura completa ocorre entre 24 horas até uma semana (SKRZYNIARZ, 2024). As variáveis para esse caso seriam a umidade presente no substrato e no ambiente, já que a variabilidade dos mesmos afetará a resistência à aderência.

Quando esse período não é respeitado e baseado nas condições ao qual o adesivo é exposto, a rede polimérica do adesivo não se forma, o que prejudica diretamente as propriedades críticas, como resistência mecânica e coesão, o que pode gerar defeitos de laminação. Ademais, a aplicação irregular do adesivo, seja por excesso ou falta, pode criar bolhas dentro do filme, favorecendo a delaminação entre outras falhas.

Por esses motivos, diferentes formulações vêm sendo pensadas para otimizar o tempo de cura e favorecer o *takt time*, que é a o tempo necessário para a produção atender à demanda do cliente. Uma opção seria fazer formulações contendo poliol com aminas terciária, que apresentaram ganhos

consideráveis na cura de filmes laminados, conseguindo reduzir a espera entre quatro e cinco horas (Adhesives & Sealants, 2010).

2.2.2. Variáveis do Processo

Ao analisar as etapas no processo de laminação, foi possível observar alguns grupos de variáveis que seriam interessantes analisar a fim de coibir a geração dessas falhas, tais quais:

A) Variáveis do Adesivo

- Variações na relação de mistura
- Homogeneização do adesivo
- Quantidade insuficiente de adesivo aplicada
- Contaminação do adesivo por umidade
- Alta viscosidade
- Interação química entre o adesivo e a tinta

B) Variáveis dos Substratos

- Filmes com tratamento corona ineficiente
- Variações indesejadas no COF (coeficiente de atrito) do material
- Variação de espessura
- Presença de tintas de impressão com baixa adesão

C) Variáveis Operacionais

- Velocidade das laminadoras
- Temperatura dos rolos (NIP) inadequada
- Pressão insuficiente nos rolos de laminação
- Rolos desalinhados ou com folgas (pressão irregular)
- Ar aprisionado entre camadas (formação de bolhas)

D) Variáveis Ambientais

- Altas temperatura ambiente (retarda cura do adesivo)
- Alta umidade relativa do ar (pode contaminar permanentemente o adesivo aumentando a molhabilidade)

E) Variáveis Relativas ao Tempo de Cura

- Tempo de cura insuficiente entre os processos de laminação
- Armazenamento em temperatura inadequada durante cura
- Cura interrompida por troca de lote ou processamento acelerado

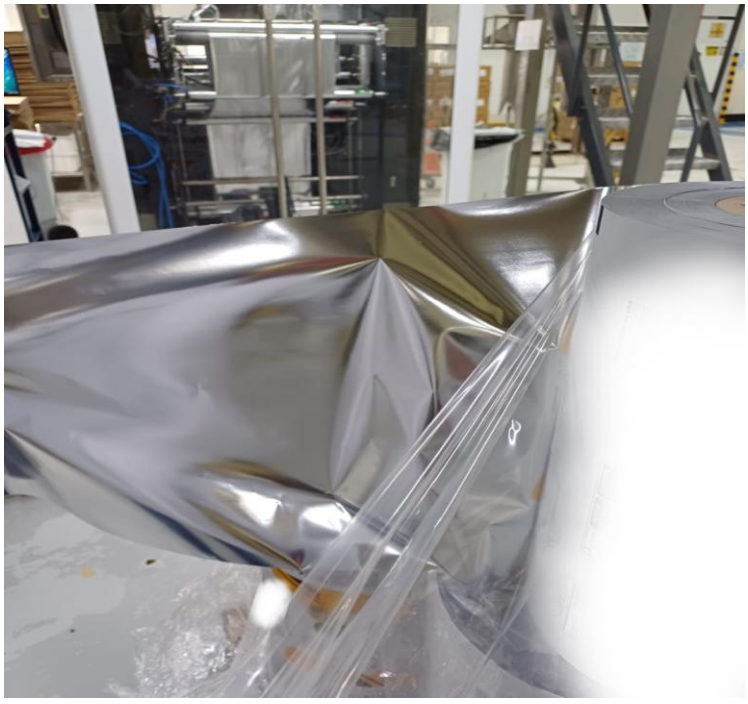
F) Outras causas indiretas

- Tensão inadequada entre bobinas (durante rebobinamento ou corte)
- Presença de tinta úmida em áreas a serem laminadas
- Delaminação por esforço mecânico posterior (corte, envase, dobra)

2.2.3. Delaminação: Causas e efeitos

A delaminação para esses produtos se trata do ato de separar dois ou mais filmes através de ações químicas, físicas ou mecânicas. Se o procedimento for feito de maneira padronizada seguindo as recomendações do formulador/fornecedor, as principais causas a serem discutidas estão no processo ou no ambiente externo, como supracitados no tópico 2.2.2.

Figura 12 - Filme apresentando delaminação.



Fonte: Autor (2025).

3. METODOLOGIA

A metodologia utilizada para desenvolvimento deste trabalho foi estruturada a fim de possibilitar o entendimento, análise e proposição de ações corretivas para o problema de delaminação em embalagens plásticas flexíveis de uma empresa específica. Desse modo, a pesquisa se caracteriza como aplicada, já que busca solucionar um problema prático de relevância para o setor produtivo.

A mesma possui um caráter qualitativo e quantitativo, tendo em vista que analisa tanto dados observacionais e relatos de profissionais, quanto a análise de dados numéricos referentes ao processo produtivo. Quanto aos objetivos, configura-se como exploratória e descritiva, na medida que descreve o fenômeno estudado e explora suas possíveis causas e alternativas de mitigação (GIL, 2008).

A fim de garantir a finalização dos objetivos propostos, a metodologia foi dividida em cinco etapas principais, sendo elas revisão bibliográfica, pesquisa documental, estudo de caso, análise de dados coletados e proposição de plano de mitigação.

Na revisão bibliográfica, foram consultados majoritariamente livros e artigos científicos que abordam o processo estudado, além de seus efeitos e causas. Ademais, foi considerado a leitura de normas que auxiliassem a compreensão de metodologias de gestão de qualidade.

Já referente a pesquisa documental, foi essencial para definir a linha de investigação do trabalho, quantificando as ocorrências de delaminação, bem como possibilitou a conexão da maneira com que os parâmetros e características do processo afetavam a qualidade final do filme. Isso foi possível através da coleta de informações internas como relatórios de produção, registro de não conformidade e fichas técnicas de matérias-primas.

Em seguida, foi desenvolvido um estudo de caso, onde a empresa foi analisada como objeto principal da pesquisa. Essa abordagem possibilitou avaliar o problema de forma contextualizada, considerando as particularidades da produção, as tecnologias empregadas e a interação entre operação com gestores da qualidade.

A etapa de análise de dados coletados envolveu a utilização de ferramentas estatísticas e da qualidade, tais como gráficos de Pareto, histogramas, diagramas de causa e efeitos e a técnica dos 5 por quês. Essa análise buscou identificar os fatores críticos relacionados à delaminação, como os fatores supracitados em variáveis do processo.

Com base nos resultados obtidos, elaborou-se a proposição de plano de ação, fundamenta em ferramentas da melhoria contínua, como o FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) numa abordagem adaptada, o diagrama de Ishikawa

e a matriz 5W2H. Esses recursos auxiliaram na estruturação de medidas preventivas e corretivas, que visam reduzir a incidência dessa falha, contribuindo para melhoria do processo.

Como instrumentos de pesquisa, foram empregados a análise bibliográfica e documental, entrevista informal com operadores e líderes da produção, observação in loco e aplicação de técnicas estatísticas para avaliação de dados históricos das falhas.

É válido ressaltar as limitações dessa metodologia. O estudo restringe-se a realidade da empresa analisada, de modo que os resultados não podem ser generalizados a todas as indústrias do setor, por mais que sirva como um direcional. Ademais, a disponibilidade de dados internos esteve sujeita a aspectos de confidencialidade e a implementação de medidas corretivas dependerá de fatores organizacionais e técnicos da empresa.

Desse modo, a metodologia delineada permitiu não apenas entender as causas da delaminação, como também propor soluções práticas e aplicáveis a realidade industrial, alinhadas ao objetivo de reduzir a reincidência do problema e aprimorar a qualidade do produto final.

3.1. FMEA (Failure Mode and Effects Analysis), DIAGRAMA DE ISHIKAWA E MATRIZ 5W2H

O Diagrama de Ishikawa, também conhecido como diagrama de causa e efeito ou espinha de peixe é uma ferramenta que permite organizar, de maneira visual, as possíveis causas que influenciam diretamente o problema analisado, agrupando-as em categorias como métodos, materiais, mão de obra, máquinas, meio ambiente e medidas. A utilização do Ishikawa foi fundamental para compreender as origens potenciais dos defeitos, servindo como ponto de partida para análises mais detalhadas.

Na sequência, foi aplicada numa abordagem adaptada a Análise de Modos de Falha e Efeitos (FMEA), a qual possibilitou avaliar de forma sistemática os modos de falha identificados no processo. Por meio do cálculo do Número de Prioridade de Risco (RPN), a ferramenta viabilizou a priorização das falhas mais críticas, considerando sua gravidade, frequência de ocorrência e

capacidade de detecção. Essa etapa garantiu maior objetividade na definição dos riscos que exigiam maior atenção e intervenção imediata.

Para viabilizar a execução das ações corretivas e preventivas resultantes da análise FMEA, foi adotado o 5W2H, instrumento de planejamento que organiza os planos de ação a partir de sete questões essenciais: o que será feito (What), por que será feito (Why), onde será realizado (Where), quando será implementado (When), quem será o responsável (Who), como será conduzido (How) e qual o custo estimado (How much). A aplicação do 5W2H trouxe direcionamento, uma ideia de prazos a serem propostos e clareza nas responsabilidades, favorecendo, posteriormente, a implementação prática das soluções propostas.

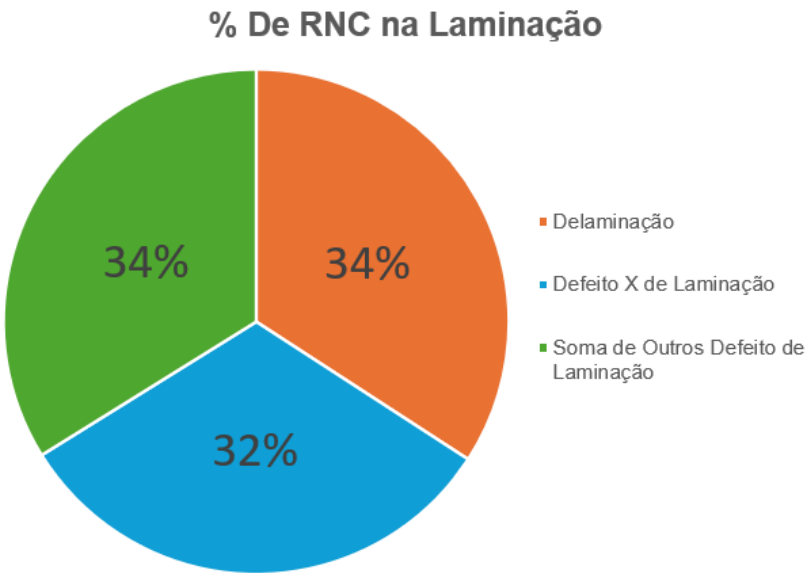
A integração das três ferramentas resulta em uma metodologia robusta onde o Ishikawa auxilia setorizando as possíveis causas do problema, o FMEA contribui com a análise crítica e priorização dos riscos e por fim o 5W2H virá para estruturar a proposta de execução das medidas corretivas e preventivas. Essa abordagem integrada proporciona maior confiabilidade ao método, favorecendo a prevenção de falhas, a otimização de recursos e a melhoria contínua do processo investigado, em consonância com recomendações feitas por VIANA NERIS et al. (2024) e MOREIRA et al. (2021).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. LEVANTAMENTO INICIAL DE DADOS

O primeiro passo consistiu na análise documental e estatística dos registros de não conformidade da indústria. Foi avaliada a produção no período de janeiro de 2024 a junho de 2025, permitindo assim identificar a taxa média de delaminação de 34% em relação ao volume total produzido nas RNCs (relatórios de não conformidade). Esse número evidencia um alto índice de retrabalho, a fim de recuperar o volume de material perdido, para atender o pedido. Além disso, os materiais descartados por falhas não conseguem ser reaproveitados no processo, gerando um custo de inutilização, e além do mais, é um material que demanda um descarte especial, fazendo com que a companhia custeie o seu destino final.

Figura 13 - Cenário de motivos de não conformidade para itens retort.



Fonte: Autor (2025).

Diferente dos motivos “Defeito X de laminação” e “Soma de Outros Defeitos de Laminação”, a delaminação era a única falha processual que tinha um volume considerável e era um efeito isolado, o Defeito X se caracterizava por ser generalista, onde poderia ter diversas causas e efeitos, já os demais ocorriam em volumes bem menores, que não chegariam nem a compor um 80/20, que é uma ferramenta da qualidade que tem por objetivo trabalhar em cima dos 20% das atividades que geraram 80% de impacto possível para um objetivo.

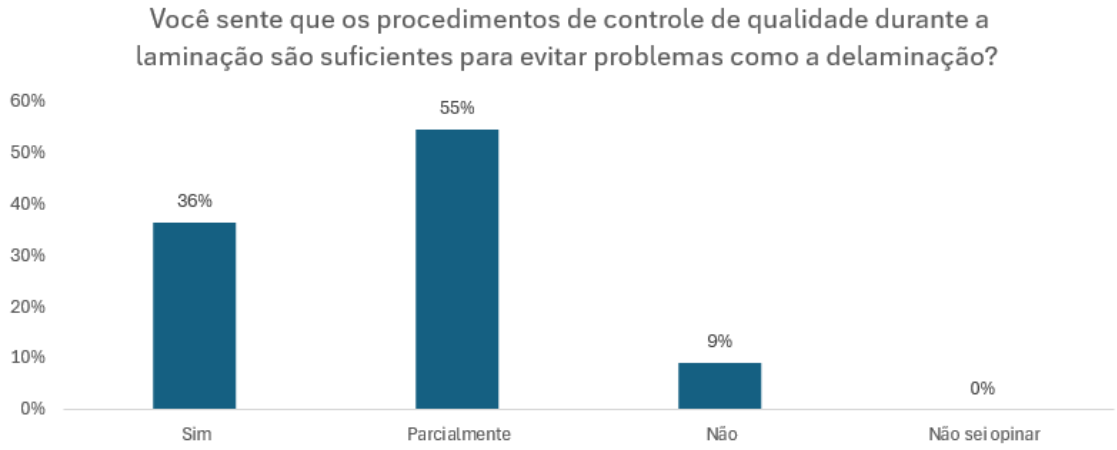
Por essa razão, a escolha da linha de estudo para o seguinte trabalho ganhou força e é válido salientar que por motivos de confidencialidade, os descritivos dos outros itens foram modificados e suprimidos.

4.2. DELAMINAÇÃO: CAUSAS POTENCIAIS

Por meio da aplicação de um questionário, presente no Apêndice A, com 75% colaboradores do setor. A elaboração das questões, foi baseada na investigação das instruções de trabalho e análise da literatura, o que viabilizou o estudo da visão dos colaboradores referente a quais seriam os fatores mais associados a

delaminação. Algumas das repostas obtidas foram expressas nos gráficos das Figuras 14, 15 e 16 a seguir.

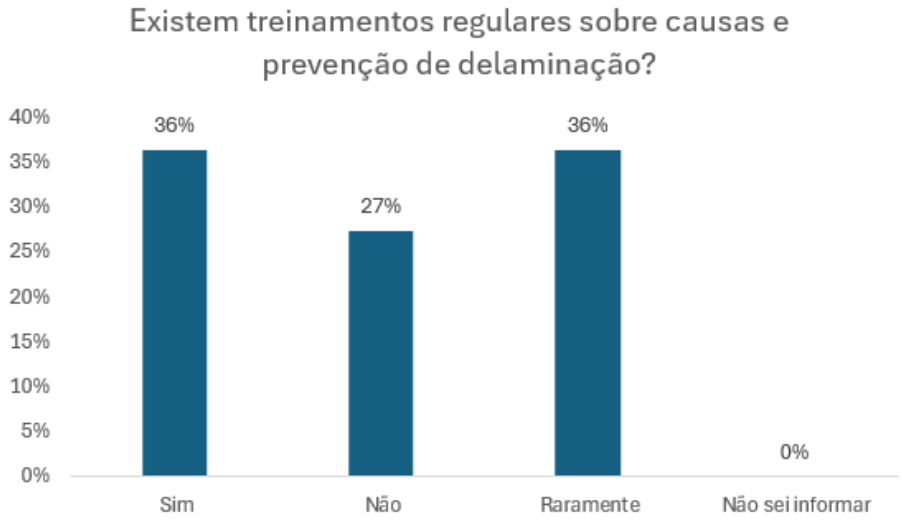
Figura 14 - Respostas referentes a eficiência dos procedimentos de controle de qualidade durante a laminação.



Fonte: Autor (2025).

Quando questionados sobre a efetividade das medidas de erradicação da falha, boa parte das respostam dão a entender que existe espaço para mudanças e melhorias, já que 64% dos respondentes afirmam que as ações não são suficientes.

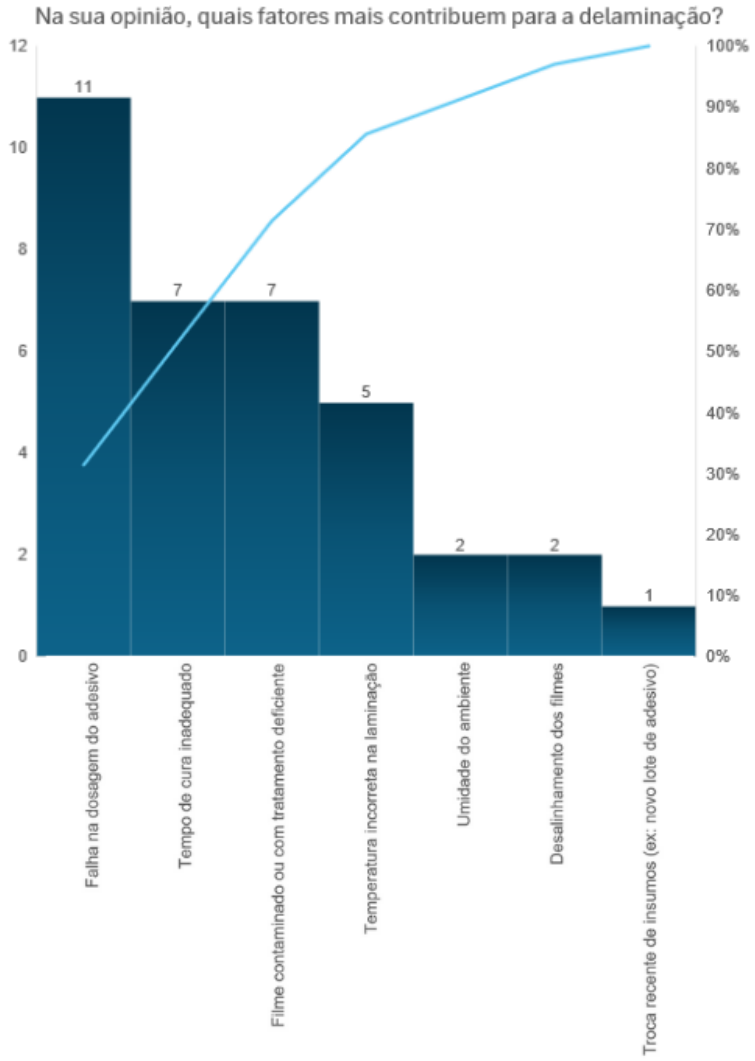
Figura 15 - Respostas referentes a frequência de treinamentos para prevenir a delaminação.



Fonte: Autor (2025).

Essa resposta evidencia o porquê de haver certa insegurança sobre as medidas de prevenção de erros, já que os operadores sentem a necessidade de participarem de mais treinamentos, o que traria mais confiança para a produção.

Figura 16 - Resposta referentes aos motivos que eles acreditam ser os causadores principais.



Fonte: Autor (2025).

Trazendo essa opinião dos colaboradores, fica muito mais fácil de identificar quais são os defeitos mais críticos e que precisam de uma atenção maior, para conseguir gerir um resultado mais eficaz e coeso.

Por fim, se tornou mais fácil mapear as causas do efeito de maneira mais assertiva, tendo em vista que se pôde filtrar do tópico 2.2.2. quais causa impactaram diretamente o processo.

4.2.1. Priorização com o FMEA

Após o levantamento inicial das causas, se tornou possível a aplicação da metodologia, onde para cada causa levantada a equipe atribuiu notas de Severidade (S), Ocorrência (O) e Detecção (D). As decisões foram tomadas baseando-se no histórico de produção e na complexidade de detectar cada falha.

As sete causas apontadas pela produção configuram um caso de urgência, pois apresentaram alta severidade, já que impactam diretamente a adesão e a integridade do processo, além de demostrarem ocorrências significativas e com detecção complexa, devido à espera do tempo de cura. Com isso, seu RPN fica acima das demais alternativas variáveis de processo analisadas, configurando assim a seguinte ordem, conforme Tabela 1.

Tabela 1 - Cálculo para cenário atual do número de prioridade de risco

Cenário Atual						
Ordem	Causa crítica	S	O	D	RPN	Justificativa (curta)
1	Falha na dosagem de adesivo	9	7	6	378	Impacto direto na adesão (gravíssimo). Ocorrência relativamente frequente; detecção difícil antes de cura.
2	Filme contaminado / tratamento deficiente	9	5	6	270	Alta severidade (falha de superfície impede adesão). Ocorrência moderada; detecção nem sempre sistemática.
3	Tempo de cura inadequado	8	6	5	240	Afeta adesão/resistência final; ocorre por aceleração de processo/rotina; detecção só após processos subsequentes.
4	Umidade do ambiente	7	6	5	210	Contamina o adesivo e altera cura/molhabilidade; presente com certa frequência; detecção se não houver monitoramento é difícil.
5	Temperatura incorreta na laminação	8	5	5	200	Afeta viscosidade/cura; ocorre por controle insuficiente; pode ser detectada com sensores, se existirem.
6	Desalinhamento dos filmes	6	6	5	180	Gera bolhas/falha local; ocorrência média; detecção possível durante processo mas nem sempre precoce.
7	Troca recente de insumos	7	4	6	168	Pode introduzir variabilidade súbita; menos frequente que outros modos, mas difícil de detectar sem validação de lote.

Fonte: Autor (2025).

Em contraponto, quando discutida a meta planejadas, utilizando o do plano de ação proposto, os parâmetros para um cenário futuro, foram estimados e esse cenário é apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 - Cálculo para cenário desejado do número de prioridade de risco

Cenário Desejado						
Ordem inicial	Causa	RPN antes	S (Desejado)	O (Desejado)	D (Desejado)	RPN depois (estimado)
1	Falha na dosagem de adesivo	378	9	3	3	81
2	Filme contaminado / tratamento deficiente	270	9	3	3	81
3	Tempo de cura inadequado	240	8	2	2	32
4	Umidade do ambiente	210	7	3	3	63
5	Temperatura incorreta na laminação	200	8	2	2	32
6	Desalinhamento dos filmes	180	7	2	3	42
7	Troca recente de insumos	168	7	2	3	42

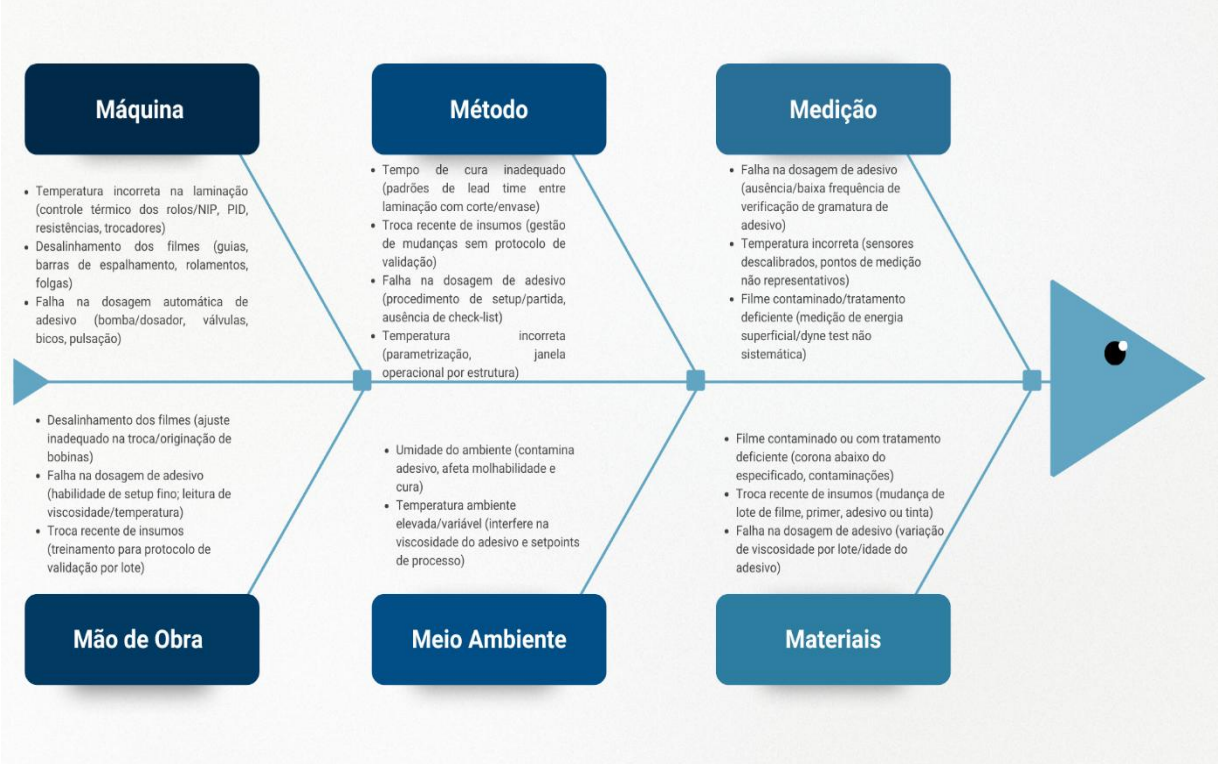
Fonte: Autor (2025).

A intenção discutida, seria alcançar esse cenário a partir da resolução dos problemas discutidos na justificativa dada para cada nota do RPN, tal qual será tratado mais a frente no tópico 4.2.3., onde será detalhado o plano de ação para cada uma das causas mapeadas.

4.2.2. Identificação das causas potenciais com o Diagrama de Ishikawa

Com os resultados provenientes dos esforços do FMEA, o primeiro passo foi desenvolver o diagrama escama de peixe (Figura 17), que permitiu mapear de forma estruturada e setorizada, os fatores que influenciavam a ocorrência da delaminação em embalagens retort.

Figura 17 - Aplicação da análise no Diagrama de Ishikawa



Fonte: Autor (2025).

4.2.3. Proposta de plano de ação (Matriz 5W2H)

Para guiar o processo de mitigação de falhas, foi idealizado o seguinte plano de ação, a fim de direcionar a produção no combate das falhas encontradas no processo de laminação, que está apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 - Matriz 5W2H referente ao plano de ação para resolução de falhas

Causa crítica	O que (What)	Por quê (Why)	Onde (Where)	Quando (When)	Quem (Who)	Como (How)	Quanto (How much)
Falha na dosagem de adesivo	Garantir a calibração correta dos dosadores e padronizar o processo de dosagem manual	Pois a dosagem errada pode gerar falhas na molhabilidade do adesivo, gerando deslocamento e retenção de solvente	Setor de Laminação/ Área de preparação de adesivos	A padronização é urgente, mas a longo prazo. Entretanto, precisará considerar as adversidade de clima como tempos mais quentes e estações de maior umidade para definir um padrão sazional. Então fazer duas amostragens no ano, durante o verão e em épocas de chuvas intensas na região.	Controle de Qualidade / Laminação / Manutenção	1- Verificação de gramatura úmida no início, meio e fim da bobina (ao longo do comprimeto); 2- Calibração mensal do sistema de dosagem automática; 3- Auditoria na preparação de adesivo acompanhando o preparo e de viscosidade periódico na produção;	Baixo–médio (tempo de máquina + consumíveis p/ teste)
Tempo de cura inadequado	Revisar a definição do tempo mínimo de cura, fazer isso segmentado por estruturas e bloquear liberação antes disso	Evitar delaminação e retenção de solvente	Área de cura/armazenagem	Imediato	PCP / Controle de Qualidade	1- Criar uma matriz que correlacione "estrutura × adesivo × temperatura" para uma melhor adequação ao lead time; 2- Criar etiqueta com "liberação após (horário específico)" por bobina produzida; 3- Auditoria de FIFO (First IN - First Out);	Baixo
Filme contaminado ou tratamento deficiente	A impureza nos filmes pode prejudicar a desempenho do mesmo no processo de laminação por alta/baixa no coeficiente de atrito (COF). O ideal é manter dentro de um um padrão (considerando o desvio) o valor do COF para produção.	As variações do COF podem prejudicar direta e indiretamente o processo de laminação, prejudicando aderência e fixagem do insumo no filme.	Estoque	Imediato e Contínuo	Controle de Qualidade / Movimentação de Estoque	1- Teste de dyne (Testar a tensão superficial) por bobina no início do processo e para filmes comprados, testar em novos lotes; 2- Rejeitar bobinas abaixo do limite; 3- Fazer uso ano antiestático/ionização se necessário;	Baixo–médio
Temperatura incorreta na laminação	Controlar e monitorar as temperatudas das estufas e dos rolos, de preferência de maneira automatizada por meio de um controlador	Assegurar uma estabilidade de cura/viscosidade do adesivo	Setor de Laminação	Médio/Longo Prazo	Laminação / Manutenção	1- Como medida paliativa, realizar a aferição manual da temperatura (ex.: utilizando termômetros a laser) semanalmente. 2- Manutenção preventiva para garantir a confiabilidade dos sensores, soando o alarme para variações de ±3 °C; 3- Adquirir um controlador do tipo PID, a fim de receber os sinais de variação na temperatura paralisando o processo e assionando o alarme até resolução do problema;	Médio
Umidade do ambiente	Controlar umidade relativa do ar, de modo a evitar contaminação do adesivo (com água) que em condições ideais, deveria operar com até 1% de água	A contaminação do adesivo gera falhas na cura, ocasionando a perda total do adesivo e consequentemente dos insumos.	Setor de Laminação	Longo prazo	Engenharia de Processos / Gerência Industrial / Gerente da Planta / Manutenção	1- Fechar o sistema de preparação e aplicação de adesivo, a fim de garantir maior controle da operação. 2- Desumidificação do sistema de formulação e aplicação de adesivo; 3- Registro de umidade relativa; 4- Travas de processo se for observado uma variação da viscosidade maior que aceitável, fazendo a troca do adesivo;	Médio–alto
Desalinhamento dos filmes	Garantir o alinhamento e nivelamento dos rolos	Prevenir bolhas no produto final	Setor de Laminação	Imediato + preventiva mensal	Manutenção / Laminação	1- Criar gabaritos de alinhamento; 2- Checagem após cada troca de bobina; 3- Cronograma de lubrificação e estimativa de folgas;	Baixo
Troca recente de insumos	Criar protocolo de validação por lote (Production Part Approval Process - PPAP Interno)	Evitar variabilidade súbita	Setor de Laminação	Imediato e Contínuo	Controle de Qualidade / Engenharia de Produto / Laminação	1- Aferir toda entrada de novo lote, garantindo a qualidade do material recebido/produzido; 2- Criar plano para mudanças de fornecedor ou materia prima, rodando um mini-piloto de 500–1000 m, fazendo: medição de gramatura de adesivo, espessura de filme, teste de tração e só a partir da emissão do laudo positivo liberar item.	Baixo (tempo de máquina)

Fonte: Autor (2025).

A ideia é ter a Matriz como um guia do que mantém o processo funcional e em casos de variação, utiliza-lo como um caminho para a resolução, uma vez que investigado as principais raízes das falhas, em caso de recorrência, será encurtando o tempo para a resolução.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho, analisa as principais causas para o defeito de delaminação na etapa de laminação do processo produtivo de embalagens plásticas flexíveis em uma indústria na Paraíba, onde se compreende, através da análise bibliográfica e prática, que não existe uma causa única (ter uma visão ampliada), pois diversas variáveis apresentam-se como significativas para o efeito, de modo que sua conjuntura configura o cenário ideal para aparecimento de casos parecidos.

Para delaminação, sugere-se que busquem implementar o plano apresentado na matriz 5W2H, a fim de reduzir significativamente às variações indesejadas, de modo que seja possível coibir erros: na dosagem de adesivo, no estabelecimento do tempo de cura das bobinas, no tratamento corona dos filmes plásticos, na temperatura das etapas de laminação, composição do adesivo utilizado no processo, na estabilidade dos filmes e na mudança de formulação das estruturas dos filmes.

Ademais, como o presente trabalho não teve tempo hábil para realizar os testes devidos, aconselha-se para esforços futuros realizar os testes na estrutura produtiva, a fim de gerar dados sólidos para certifica-se de que o método assegura uma redução na recorrência de descolamentos no processo, de maneira cadenciada, dando a devida atenção a cada ponto, a fim de medir seu impacto no fluxo de produção.

Mas, a discussão dos dados qualitativos e quantitativos do referido trabalho, consolida-se como um aprendizado e um caminho de referencial para futuros estudos na área, o que alcança a finalidade de um trabalho de final de curso de graduação.

REFERÊNCIAS

ADHESIVES & SEALANTS INDUSTRY. **CASE STUDY: Avoiding Delamination and Waste in Flexible Packaging**. Adhesivesmag.com. Disponível em: <https://www.adhesivesmag.com/articles/89062-case-study-avoiding-delamination-and-waste-in-flexible-packaging?utm_source=chatgpt.com>. Acesso em: 7 ago. 2025.

ANYADIKE, Nnamdi. **Embalagens flexíveis**. São Paulo - SP: [s.n.], 2009. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br>. Acesso em: 12 jun. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE PRODUTOS PARA ANIMAIS. **O Setor Pet E Seus Números**. Abinpet. Disponível em: <https://abinpet.org.br/informacoes-gerais-do-setor/>. Acesso em: 31 maio 2025.

DIRECT INDUSTRY. **Máquina de impressão por rotogravura WINDMÖLLER & HÖLSCHER**. Direct Industry. Disponível em: <https://www.directindustry.com/pt/prod/windmoeller-hoelscher/product-28430-1901983.html>. Acesso em: 22 jul. 2025.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos E Técnicas De Pesquisa Social**. 6. ed. Atlas, São Paulo-SP, 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo 2022: Em 12 anos, proporção de mulheres responsáveis por domicílios avança e se equipara à de homens**. IBGE. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/13223-asi-ibge-detecta-mudancas-na-familia-brasileira>. Acesso em: 31 maio 2025.

MEGA STEEL. **Revisora de Impressão - Mega Steel Máquinas**. Mega Steel Máquinas. Disponível em: <https://megasteelmaquinas.com.br/produtos/rebobinadeiras/revisora-de-impressao/>. Acesso em: 22 jul. 2025.

MOREIRA, Melkzedekue; AZEVEDO, Thiago; SILVEIRA, Samuel; et al. **FERRAMENTAS DA QUALIDADE: UMA REVISÃO DE DIAGRAMA DE ISHIKAWA, 5W2H, CICLO PDCA, DMAIC E SUAS INTERREALÇÕES**. Anais do Simpósio em Gestão e Engenharia de Produção – SiPGEP, São Carlos-SP, 2021. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/directbitstream/b7f13b16-0640-4823-9809-9f76cc7a7df8/3170-9459-2-PB.pdf>. Acesso em: 7 ago. 2025.

NERIS, Josiele Viana ; SOUZA, Maria de Nazaré de Pantoja. Aplicabilidade das ferramentas da qualidade fmea e 5w2h: um estudo em uma empresa varejista em Tomé-Açu no Pará. Ufra.edu.br, 2024. Disponível em: <https://bdta.ufra.edu.br/jspui/handle/123456789/3674>. Acesso em: 8 ago. 2025.

PET CENTER. Embalagem tendência e expertise em pet food. Disponível em: <https://revistapetcenter.com.br/embalagem-tendencia-e-expertise-em-pet-food-2/>. Acesso em: 22 jul. 2025.

POLIMÁQUINAS. **Polimaquinas**. Polimaquinas. Disponível em: <https://polimaquinas.com.br/maquina-de-corte-e-solda-de-embalagem-pouch/>. Acesso em: 25 jul. 2025.

SARANTOPOULOS, Claire I. G. L. ; TEIXEIRA, Fábio G. **Embalagens Plásticas Flexíveis**. 2ª. ed. [s.l.]: ITAL, 2017.

Apêndice A – Pesquisa com Colaboradores

Pesquisa: Percepção dos Colaboradores sobre Ocorrências de Delaminação no Setor de Laminação

Objetivo da pesquisa:
Levantar informações, percepções e experiências dos operadores e auxiliares do setor de laminação em relação a possíveis causas de delaminação em embalagens plásticas flexíveis utilizadas para pet food retort.

Público-alvo: Colaboradores diretamente envolvidos na operação e controle do processo de laminação.

Tempo estimado de resposta: 5 a 10 minutos

Observação: As respostas serão utilizadas exclusivamente para fins acadêmicos e tratadas de forma anônima e confidencial.

1. Informações básicas (opcional)

1.1. Qual sua função no setor de laminação?

( ) Auxiliar
( ) Operador
( ) Técnico de processos
( ) Líder
( ) Outro: _____

1.2. Há quanto tempo você trabalha com laminação?

( ) Menos de 1 ano
( ) 1 a 3 anos
( ) 3 a 5 anos
( ) Mais de 5 anos

2. Conhecimento e percepção do processo

2.1. Você já presenciou casos de delaminação nas embalagens durante ou após o processo de laminação?

( ) Sim
( ) Não

2.2. Com que frequência ocorrem falhas por delaminação, segundo sua experiência?

( ) Muito raramente
( ) Ocasionalmente
( ) Frequentemente
( ) Quase sempre

2.3. Na sua opinião, quais fatores mais contribuem para a delaminação? (Pode marcar mais de uma opção)

[ ] Falha na dosagem do adesivo
[ ] Tempo de cura inadequado
[ ] Temperatura incorreta na laminação

[ ] Umidade do ambiente
[ ] Filme contaminado ou com tratamento deficiente
[ ] Desalinhamento dos filmes
[ ] Troca recente de insumos (ex: novo lote de adesivo)
[ ] Outros: _____

2.4. Você acredita que o tempo de cura é sempre respeitado antes do envio para próxima etapa de laminação?

( ) Sim
( ) Na maioria das vezes
( ) Às vezes não
( ) Não sei informar

2.5. Existe algum padrão de turno, operador, ou horário em que as falhas ocorrem com mais frequência?

( ) Sim, quais: _____
( ) Não
( ) Não sei dizer

3. Procedimentos e controle

3.1. Você sente que os procedimentos de controle de qualidade durante a laminação são suficientes para evitar problemas como a delaminação?

( ) Sim
( ) Parcialmente
( ) Não
( ) Não sei opinar

3.2. Existem treinamentos regulares sobre causas e prevenção de delaminação?

( ) Sim
( ) Não
( ) Raramente
( ) Não sei informar

3.3. Quais medidas você sugeriria para reduzir ou evitar a delaminação?

_____

_____

4. Comentários adicionais (opcional)

_____

_____