

INSTITUTO FEDERAL
GOIANO
Câmpus Rio Verde

BACHARELADO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS

**DESENVOLVIMENTO DE AMOSTRAS E VALIDAÇÃO DE
PARÂMETROS DE PROCESSO EM EMBALAGENS FLEXÍVEIS**

FERNANDA RIBEIRO PEREIRA DA MATA

Rio Verde, GO
2026

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CÂMPUS RIO**

VERDE

BACHALERADO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS

**DESENVOLVIMENTO DE AMOSTRAS E VALIDAÇÃO DE
PARÂMETROS DE PROCESSO EM EMBALAGENS FLEXÍVEIS**

FERNANDA RIBEIRO PEREIRA DA MATA

Trabalho de Curso apresentado
ao Instituto Federal Goiano –
Câmpus Rio Verde, como
requisito parcial para a obtenção
do Grau de Bacharel em em
Engenharia de Alimentos.

Orientador: Dr(a). Raphaela Gabri Bitencourt

Rio Verde – GO

Maio, 2026

**Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática do Sistema Integrado de Bibliotecas do IF Goiano - SIBi**

R484d Da Mata, Fernanda Ribeiro Pereira
Desenvolvimento de Amostras e Validação de Parâmetros de
Processo em Embalagens Flexíveis / Fernanda Ribeiro Pereira
Da Mata. Rio Verde Goias 2026.

47f. il.

Orientadora: Prof^ª. Dra. Raphaela Gabri Bitencourt.
Tcc (Bacharel) - Instituto Federal Goiano, curso de 0220034 -
Bacharelado em Engenharia de Alimentos - Integral - Rio Verde
(Campus Rio Verde).

1. Barreira. 2. Controle de Qualidade. 3. Polímeros. 4.
Termoplásticos. I. Título.

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

- | | |
|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Tese (doutorado) | <input type="checkbox"/> Artigo científico |
| <input type="checkbox"/> Dissertação (mestrado) | <input type="checkbox"/> Capítulo de livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia (especialização) | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input checked="" type="checkbox"/> TCC (graduação) | <input type="checkbox"/> Trabalho apresentado em evento |

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Matrícula

Título do trabalho:

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: Não Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIIF Goiano: / /


O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Documento assinado digitalmente
 **FERNANDA RIBEIRO PEREIRA**
Data: 22/05/2026 21:33:29-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Local

/ /

Data

Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:

Assinatura do(a) orientador(a)



Documento assinado digitalmente

RAPHAELA GABRI BITENCOURT

Data: 25/05/2026 15:34:43-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Regulamento de Trabalho de Curso (TC) 3 IF Goiano - Campus Rio Verde

ANEXO V - ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Aos 11 dias do mês de maio de dois mil e vinte e seis, às 9:30 horas, reuniu-se na sala de aula do Bloco de Engenharia de Alimentos, a Banca Examinadora composta por: Profa. Dra. Raphaela Gabri Bitencourt (orientador), Profa. Dra. Geovana Rocha Plácido (membro interno) e Ma. Geisa Priscilla Araújo Gomes Maia (membro externo), para examinar o Trabalho de Curso (TC) intitulado <DESENVOLVIMENTO DE AMOSTRAS E VALIDAÇÃO DE PARÂMETROS DE PROCESSO EM EMBALAGENS FLEXÍVEIS= de Fernanda Ribeiro Pereira da Mata, estudante do curso de Engenharia de Alimentos do IF Goiano – Campus Rio Verde, sob

Matrícula nº 2020102200340210. A palavra foi concedida à estudante para a apresentação oral do TC, em seguida houve arguição do candidato pelos membros da Banca Examinadora. Após tal etapa, a Banca Examinadora decidiu pela APROVAÇÃO do(a) estudante. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata, que, após apresentação da versão corrigida do TC, foi assinada pelos membros da Banca Examinadora e Mediador de TC.

Rio Verde, 11 de maio de 2026.

Profa. Dra. Raphaela Gabri Bitencourt

Orientador(a)

Profa. Dra. Geovana Rocha Plácido

Membro da Banca Examinadora

Ma. Geisa Priscilla Araújo Gomes Maia

Membro da Banca Examinadora

Profa. Dra. Geovana Rocha Plácido

Mediador de TC

Documento assinado eletronicamente por:

- **Raphaela Gabri Bitencourt**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO , em 11/05/2026 10:46:35.
- **Geisa Priscilla Araujo Gomes Maia**, 2024202320340006 - Discente, em 14/05/2026 09:41:59.
- **Geovana Rocha Placido**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO , em 26/05/2026 13:14:35.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 16/04/2026. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 811486

Código de Autenticação: 01d8c30a9d



DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho ao meu esposo, Lennon e filha, Sophia, e à instituição do IF que, com sua dedicação e paixão, tornaram possível a realização deste sonho. Aos que compartilharam conhecimentos, experiências e apoio, meu sincero agradecimento. Este trabalho é fruto do nosso esforço coletivo e é dedicado a todos que acreditam no potencial dos filmes flexíveis e na inovação tecnológica.

AGRADECIMENTOS

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho, expressei minha gratidão. Agradeço a Deus Jeová, por me guiar e me dar forças para superar os desafios. Ao meu marido Lennon e filha amada Sophia, pelo amor, apoio e compreensão incondicionais. Aos meus pais Adalcides e Vânia, pelo apoio constante e incentivo durante a graduação. À minha orientadora de TCC Raphaela, pela orientação valiosa e dedicação. Meu sincero agradecimento a todos.

RESUMO

DA MATA, Fernanda Ribeiro Pereira. **Desenvolvimento de Amostras e Validação de Parâmetros de Processo em Embalagens Flexíveis**. 2026. 47p TCC (Curso de Bacharelado em Engenharia de Alimentos). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, GO, 2026.

O setor de embalagens flexíveis constitui um segmento estratégico da engenharia na indústria moderna, sendo essencial para preservar a integridade dos alimentos, protegê-los contra agentes físicos, químicos e microbiológicos, além de garantir uma comunicação eficiente com o consumidor. Este trabalho descreve as atividades desenvolvidas durante o estágio supervisionado numa indústria de embalagens flexíveis, analisando o processo produtivo e o rigoroso sistema de controle de qualidade, indispensáveis para a segurança alimentar. A experiência permitiu uma visão sistêmica que se inicia no setor de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), onde a participação no desenvolvimento de amostras foi fundamental para validar estruturas e garantir a compatibilidade entre resinas, adesivos e impressões antes da produção em grande escala. No chão de fábrica, o estágio enfatizou o controle de variáveis críticas na extrusão, como a monitorização da espessura para assegurar as propriedades de barreira e o desempenho em máquina do filme. Sequencialmente, acompanhou-se os processos de impressão flexográfica e laminação, compreendendo a sinergia entre substratos como o Tereftalato de Polietileno e o Polietileno, união necessária para conferir brilho, resistência e a capacidade de termossoldagem ao complexo. Na fase de acabamento, a prática focou na otimização dos parâmetros de corte-solda para garantir selagens herméticas através da interpenetração das cadeias moleculares. A componente central do estágio foi o controle de qualidade, onde se aplicaram métodos analíticos para determinar a gramagem de componentes com balanças de precisão. Esta abordagem integrada permitiu a classificação técnica de defeitos em críticos, graves ou toleráveis, consolidando a importância da monitorização constante para a excelência operacional e conformidade com as exigências do mercado.

Palavras - chaves: Barreira; Controle de Qualidade; Polímeros e Termoplásticos.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - DESTILAÇÃO DO PETRÓLEO	15
FIGURA 2 - REPRESENTAÇÃO DOS DIFERENTES TIPOS DE CADEIA APRESENTADOS PELO POLIETILENO.	16
FIGURA 3 - PROCESSO DE EXTRUSÃO POR SOPRO	20
FIGURA 4 - ESQUEMA SIMPLIFICADO DE UMA EXTRUSORA MONOROSCA: A) ALIMENTAÇÃO, B) ROSCA E CANHÃO E C) CABEÇOTE E MATRIZ.....	21
FIGURA 5 - MATRIZ DE FILMES FLEXÍVEIS COEXTRUSADOS E A COMBINAÇÃO DAS VÁRIAS CORRENTES DE FLUXO PARA FORMAR UM FILME DE CAMADA ÚNICA.....	21
FIGURA 6 - COMPORTAMENTO DA CANETA DYNE EM SUPERFÍCIES: A) SEM TRATAMENTO CORONA E B) COM TRATAMENTO CORONA.....	23
FIGURA 7 - MODELO DE UM TUBETE COLOCADO COM UM CLICHÊ FOLHAGEM, PRONTO PARA SER UTILIZADO PARA IMPRESSÃO.	23
FIGURA 8- IMPRESSÃO CIRCULAR DE FLEXOGRAFIA DEMONSTRANDO A INTENSIDADE DA COR.	24
FIGURA 9 - BOBINAS DE FILMES IMPRESSAS.	25
FIGURA 10 - DESENHO REPRESENTATIVO DAS FORÇAS DE ADESÃO E COESÃO ENTRE O SUBSTRATO E O ADESIVO.	26
FIGURA 11 - TÚNEL DE LAMINADOS FLEXÍVEIS.	27
FIGURA 12 - ESQUEMA QUE REPRESENTA O PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DESTE TIPO DE MÁQUINA ONDE A LAMINAÇÃO É FEITA A SECO.....	28
FIGURA 13 - REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO REFILE.	29
FIGURA 14 - ILUSTRAÇÃO DO PROCESSO DE CORTE-SOLDA	30
FIGURA 15 - MECANISMO MOLECULAR DE SELAGEM À QUENTE	30
FIGURA 16 - FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE AMOSTRAS DE EMBALAGENS FLEXÍVEIS.	34
FIGURA 17 - PLANILHA ACOMPANHAMENTO DE PRODUÇÃO DAS AMOSTRAS.	37

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DE ALGUNS MATERIAIS USADOS EM EMBALAGENS FLEXÍVEIS.....	18
TABELA 2 - PRINCIPAIS ADITIVOS E SUAS RESPECTIVAS FUNÇÕES.	19
TABELA 3 - VANTAGENS E DESVANTAGENS DA UTILIZAÇÃO DE ADESIVOS COM E SEM SOLVENTE.....	27
TABELA 4 - ÁREAS DE ATUAÇÃO DA EMPRESA: SETORES E ESPECIALIZAÇÕES.	33
TABELA 5 - CHECKLIST DA VIABILIDADE DE PRODUÇÃO PARA AMOSTRAS....	35
TABELA 6 - CHECKLIST PARA CADASTRO DA AMOSTRA, NO SISTEMA SAP.....	36
TABELA 7 - PARÂMETROS CRÍTICOS DE QUALIDADE E RASTREABILIDADE POR FASE PRODUTIVA DA AMOSTRA.....	38

LISTA DE ABREVIACOES E SÍMBOLOS

ABRE	Associação Brasileira de Embalagens.
BOPP	polipropileno orientado;
COF	coeficiente de atrito;
EAA	copolímero de etileno ácido acrílico;
EMAA	etileno cido Metacrílico;
EEA	etileno etil acrilato;
EVA	etileno vinil acetato;
EVOH	etileno álcool vinílico;
OP	ordem de produção;
OV	ordem de venda;
P&D	pesquisa e desenvolvimento;
PA	poliamida ou nylon;
PCP	planejamento e controle de produção;
PE	polietileno;
PEAB	polietileno de alta densidade;
PEBD	polietileno de baixa densidade;
PET	tereftalato de polietileno;
PP	polipropileno;

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1	Embalagens plásticas flexíveis	14
2.2	Polímeros na fabricação de embalagens	14
2.3	Etapas para produção de filmes flexíveis	19
2.3.1	Mistura e Extrusão.....	19
2.3.2	Impressão.....	22
2.3.3	Flexografia.....	24
2.3.3	Laminação	25
2.3.4	Acabamento	28
2.4	Controle de qualidade na produção de embalagens flexíveis.....	30
3	ATIVIDADES DESENVOLVIDAS E DISCUSSÃO	33
3.1	Apresentação da Empresa.....	33
3.2	Produção de Amostras de Embalagens Flexíveis	33
3.3	Elaboração De Relatórios Mensais	40
3.3.1	Taxa de conversão	40
3.3.2	Eficiência do Processo Produtivo	40
3.3.3	Análise de Demanda e Mercado	40
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	42
5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44

1 INTRODUÇÃO

O setor de embalagens flexíveis desempenha um papel estratégico na indústria moderna, indo muito além da simples função de conter um produto. Atualmente, a embalagem é concebida como um sistema complexo de engenharia, essencial para a preservação da integridade dos alimentos e para a proteção contra agentes químicos, físicos e microbianos, além de fornecer informações cruciais ao consumidor (MALVESSI, 2023). Para garantir estas funções, a produção envolve polímeros como os polietilenos de baixa e alta densidade (PEBD e PEAD), classificados como termoplásticos devido à sua capacidade de serem fundidos e solidificados repetidamente sem perderem suas propriedades básicas (MANRICH, 2005).

Especificamente, o trabalho busca descrever a importância do controle de qualidade em cada etapa produtiva, correlacionando os parâmetros operacionais, como controle de espessura e gramatura, com a integridade final da embalagem. Além disso, objetiva-se analisar a aplicação prática dos ensaios laboratoriais na detecção de defeitos e na garantia da selagem térmica dos filmes laminados. Com isso, pretende-se consolidar o conhecimento teórico acadêmico através da vivência prática no chão de fábrica, evidenciando como a monitorização rigorosa das variáveis de processo é fundamental para a eficiência operacional e para o atendimento dos padrões de conformidade exigidos pelo setor industrial.

O ciclo produtivo de embalagens flexíveis inicia-se na extrusão, onde a transformação das resinas poliméricas define as propriedades estruturais do filme. Nesta fase, o controle da espessura do filme é o parâmetro crítico, sendo que variações nesta métrica implicam diretamente problemas de desempenho mecânico e perda de propriedades de barreira. Um filme com perfil irregular na extrusão resultará em dificuldades de tensão e rugas durante a laminação, cujo processo agrega valor à embalagem ao unir diferentes substratos para combinar propriedades de barreira e proteção (SILVEIRA, 2015). A compreensão desta sinergia é importante; por exemplo, materiais como o polietileno tereftalato (PET) oferecem resistência e brilho, mas necessitam ser laminados com polietileno (PE) para permitir a selabilidade térmica.

Após a laminação, o material segue para o acabamento, que compreende as etapas realizadas na refiladeira e no corte-solda. Na refiladeira, a "bobina mãe" é desbobinada e cortada em dimensões personalizadas, exigindo um perfeito alinhamento lateral para garantir o desempenho operacional nas linhas automáticas. No processo de corte-solda, o filme é convertido em sacos através da aplicação de calor e pressão. Esta vedação térmica depende da interpenetração das cadeias moleculares na interface e a força máxima de vedação só é atingida

após a fusão total do polímero, sendo posteriormente consolidada pelo resfriamento e pela cristalização (STEHLING; MEKA, 1994).

Para garantir a confiabilidade deste fluxo, o controle de qualidade atua transversalmente. A avaliação visual permite detectar defeitos que podem ser classificados como críticos, graves ou toleráveis, dependendo do seu impacto na proteção ou na aparência da embalagem (SARANTÓPOULOS, 2002). Além disso, o uso de balanças analíticas para aferição da gramagem e de dinamômetros para testar a resistência à delaminação e tração são práticas indispensáveis para assegurar que o produto final cumpra as especificações técnicas e de segurança (MOTA, 2004).

Considerando a complexidade dos processos envolvidos na fabricação de embalagens flexíveis, este Trabalho de Conclusão de Curso tem como objetivo geral relatar as atividades desenvolvidas durante o período de estágio supervisionado na indústria, focando na análise técnica dos processos de extrusão, impressão, laminação e acabamento, e nos aspectos relacionados ao desenvolvimento de novos produtos, setor no qual o estágio foi desenvolvido.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Embalagens plásticas flexíveis

A natureza ensinou ao homem a importância das embalagens ao criar o corpo humano, um sistema de acondicionamento que protege órgãos e tecidos. O homem primitivo utilizava materiais naturais como bexigas de animais, sacos de couro, folhas, bambu e vasos de barro para armazenar e transportar alimentos. (MOTA, 2004).

As embalagens desempenham um papel importante na conservação dos alimentos, protegendo-os durante o transporte e o armazenamento, prevenindo o crescimento microbiano e a contaminação por agentes químicos e físicos, além de fornecer informações essenciais ao consumidor. Para garantir a segurança dos consumidores, as embalagens devem atender a uma série de requisitos importantes, incluindo: ausência de toxicidade, proteção sanitária, facilidade de abertura e fechamento, sustentação da massa do produto, adequação aos formatos e tamanhos, viabilidade econômica e ambiental, e características que permitam a fácil eliminação após o uso. (MALVESSI, 2023).

As embalagens plásticas estão ganhando espaço na indústria moderna devido à sua versatilidade e propriedades variadas. De acordo com a Associação Brasileira de Embalagem (ABRE), em 2024, o setor de embalagens plásticas representou 33,4% do valor bruto da produção de embalagens no Brasil, que atingiu R\$ 165,9 bilhões, um crescimento de 14,89% em relação a 2023. A produção física de embalagens no Brasil alcançou seu maior nível desde o primeiro trimestre de 2021, com crescimento de 6,4% em 2024, conforme relatado pela entidade. Isso demonstra que o setor está em expansão (ABRE, 2024).

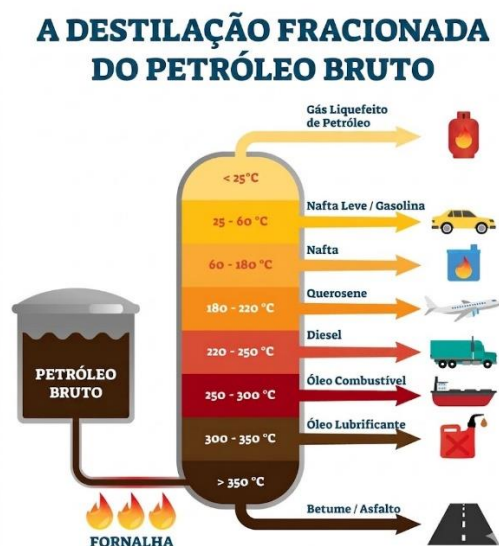
2.2 Polímeros na fabricação de embalagens

Uma variedade de materiais pode ser utilizada para a produção de embalagens, incluindo os polímeros. Polímeros são macromoléculas compostas por unidades básicas, denominadas meros, que se repetem em sua estrutura. Essas moléculas podem ser obtidas a partir de fontes fósseis, como o petróleo ou o gás natural, ou ainda derivadas de compostos naturais de fontes renováveis. Uma das principais características dos polímeros é a capacidade de serem moldados em diferentes formatos mediante a aplicação de calor e pressão. (MALVESSI, 2023).

A produção dos polímeros que compõem essas embalagens tem origem no refino do petróleo bruto. Através do processo de destilação fracionada, o petróleo é separado em diversas correntes de hidrocarbonetos, sendo a nafta uma das frações fundamentais para a indústria petroquímica, como mostrado na Figura 1. A nafta é encaminhada para unidades de

craqueamento térmico, onde as moléculas complexas são quebradas sob alta temperatura para gerar moléculas menores e insaturadas, conhecidas como monômeros. O principal subproduto desse processo para o setor de embalagens é o gás etileno (C_2H_4). (CANEVAROLO JR., 2006).

Figura 1- Destilação do Petróleo



Fonte: Canevarolo Jr., 2006.

A gestão de resíduos sólidos voltada para as embalagens flexíveis enfrenta desafios complexos devido à natureza técnica desses materiais, que frequentemente utilizam estruturas multicamadas para garantir a barreira necessária à conservação de alimentos. Segundo Canevarolo Jr. (2019), a heterogeneidade química dos materiais poliméricos e a presença de diferentes aditivos dificultam a compatibilização durante o reprocessamento, o que representa um entrave para a reciclagem mecânica convencional. Complementarmente, a ABRE destaca que o avanço do ecodesign e o incentivo à economia circular são fundamentais para viabilizar a recuperação desses materiais, integrando soluções tecnológicas que permitam a reinserção segura do reciclado na cadeia produtiva (ABRE, 2022).

Os polímeros podem ser denominados como polietilenos de alta densidade (PEAD) cuja estrutura é mais linear, e polietilenos de baixa densidade (PEBD), que são caracterizados por ramificações laterais longas, como demonstrado na Figura 2. Esses materiais são amplamente empregados na fabricação de embalagens flexíveis devido à sua resistência mecânica, química e térmica exceto em contato com ácidos oxidantes, halogênios livres (como cloro, bromo, entre outros) e certas cetonas. Os polietilenos de baixa e alta densidade são classificados como termoplásticos, ou seja, podem ser fundidos e solidificados repetidas vezes com pouca ou nenhuma alteração em suas propriedades básicas (MANRICH, 2013).

Figura 2 - Representação dos diferentes tipos de cadeia apresentados pelo polietileno.



Fonte: Twede; Goddard, 2010.

O polietileno (PE) é um polímero formado por átomos de hidrogênio e carbono, com fórmula química $(C_2H_4)_n$. Apresenta baixa rigidez e resistência à perfuração, além de alta tenacidade, flexibilidade e resistência ao impacto, e suas propriedades são influenciadas por fatores como densidade, massa molar, morfologia e grau de cristalinidade. Essas variações impactam diretamente suas características, incluindo rigidez, resistência ao calor, resistência química e capacidade de suportar cargas, por outro lado é vendável e tem baixa permeabilidade ao vapor de água. Em geral, polímeros com maior densidade PEAD tendem a apresentar maior resistência à tração, melhor barreira a gases e vapor de água, além de maior rigidez e estabilidade térmica. No entanto, isso pode comprometer propriedades como transparência, resistência ao impacto, alongamento e capacidade de selagem a quente (MARCON, 2019).

As poliamidas (PA ou Nylon) são polímeros lineares caracterizados pela presença do grupo amida como unidade repetitiva em suas macromoléculas, com fórmula química $(-CO-NH-)$, resultante da reação entre aminas e ácidos. Devido às suas propriedades excepcionais, os filmes de PA são utilizados em aplicações específicas de embalagens, onde o custo elevado é justificado pela alta performance. Entre as propriedades mecânicas destacam-se a resistência e a tenacidade, além de propriedades térmicas de alto desempenho e resistência à perfuração. Essas características conferem à PA uma barreira eficaz contra a permeação de gorduras, gases e aromas, prevenindo também a fragilização sob tensão. Embora apresente boa barreira ao oxigênio, a PA possui limitações na barreira ao vapor de água, a qual pode ser afetada pela exposição prolongada à umidade. Visando reduzir custos, é comum a coextrusão da PA com outros polímeros. (MALVESSI, 2023).

As embalagens de PA são frequentemente utilizadas em processos que envolvem altas temperaturas, como embalagens de cozimento e embalagens a vácuo para carnes processadas. Isso inclui produtos como presunto e salsichas, que podem ser cozidos diretamente na

embalagem. A resistência à perfuração e tenacidade da PA são especialmente importantes nesses casos, pois os produtos podem conter partículas afiadas ou ossos que representam risco de perfuração (TWEDE; GODDARD, 2010).

Além dos polietilenos e das poliamidas, existem vários outros materiais usados para fabricação de embalagens flexíveis, como o Etileno Acetato de Vinila (EVA), que oferece menor temperatura de selagem, bom estiramento e transparência, sendo usado em embalagens encolhíveis para carnes e queijos. Outros exemplos incluem os copolímeros Etileno Ácido Acrílico (EAA), Etileno Ácido Metacrílico (EMAA) e Etileno Etil Acrilato (EEA), que apresentam resistência à tração e *hot tack*, sendo utilizados como resinas adesivas em laminação. Os ionômeros também são utilizados, oferecendo resistência à perfuração e selagem sobre contaminantes, sendo aplicados em embalagens para carnes. O Etileno Álcool Vinílico (EVOH) é outro material importante, com alta barreira a gases e vapores, usado em embalagens a vácuo. O Polipropileno (PP) é transparente, resistente a óleos e gorduras, e é utilizado em filmes orientados Polipropileno Biorientado (BOPP). Já o PET oferece excelente barreira a aromas e gases, sendo usado em embalagens autossustentáveis. Esses materiais têm características específicas e são utilizados em diferentes aplicações (POLI INSTRUMENTOS, 2024).

A escolha do tipo de polietileno (PE) e de outros materiais poliméricos para embalagens depende de suas características específicas, como barreira à umidade, aos gases e à gordura, além da resistência térmica e mecânica. A Tabela 1 a seguir apresenta uma comparação entre alguns desses materiais, destacando suas principais propriedades e aplicações (LUIZ, 2013).

Tabela 1 - Principais características de alguns materiais usados em embalagens flexíveis.

Nome do material	Símbolo	Principais Características
Polietileno de baixa densidade	PEBD	Muito boa barreira à umidade; má barreira a gases e gordura; boa soldabilidade; gama de temperaturas: -50 a 80°C; boa resistência à tração e à perfuração/impacto.
Polipropileno	PP	Boa barreira à umidade (>PE); fraca barreira a gases e gordura; boa soldabilidade (filme orientado requer revestimento para termossoldagem); gama de temperaturas: 0 a 130°C; resistência mecânica variável; elevada transparência (>PE) e excelente brilho. Filme não orientado é frágil a temperaturas baixas.
Polipropileno orientado	BOPP	Muito boa barreira à umidade; fraca barreira a gases e à gordura; fraca soldagem; gama de temperaturas: -50 a 120°C; ótima resistência à tração e fraca resistência ao impacto/perfuração.
Polietileno Tereftalato / Poliéster	PET	Média barreira à umidade; média barreira a gases e excelente barreira à gordura; não solda; gama de temperaturas: -40 a 220°C; excelente resistência à tração e boa resistência ao impacto/perfuração.
Poliamida	PA	Má barreira à umidade; boa barreira a gases e excelente barreira à gordura; não solda; gama de temperaturas: -50 a 140°C; elevada estabilidade térmica; excelente resistência à tração e ao impacto/perfuração; elevada dureza superficial; reduzido coeficiente de atrito; boas propriedades ópticas.
Policloreto de vinilideno	PVDC	Excelente barreira à umidade, a gases e à gordura. O PVDC não é usado individualmente.
Copolímero etileno – álcool vinílico	EVOH	Fraca barreira à umidade; excelente barreira a gases e à gordura. O EVOH não é usado individualmente.

Fonte: Luís, 2013.

A permeabilidade aos gases é uma característica essencial das embalagens, pois pode influenciar diretamente a vida útil e a conservação do produto. A presença de oxigênio, por exemplo, pode favorecer o desenvolvimento de certos microrganismos ou acelerar reações de oxidação, levando à rancidez de gorduras. O controle da barreira das embalagens à passagem de gases e vapor de água é importante para reduzir reações indesejadas. A perda de massa do

produto, por exemplo, está diretamente relacionada à permeabilidade ao vapor de água, o que pode exigir o uso de embalagens impermeáveis ou técnicas de acondicionamento como vácuo ou injeção de gás inerte (atmosfera modificada). Além disso, boas características de selagem são fundamentais para garantir a integridade da embalagem e a manutenção da qualidade do alimento ao longo do tempo (LINO; LINO, 2015).

2.3 Etapas para produção de filmes flexíveis

2.3.1 Mistura e Extrusão

Desde os primórdios do processamento de polímeros, ficou evidente a necessidade de incorporar compostos auxiliares, conhecidos como aditivos, para melhorar as propriedades dos polímeros e obter produtos finais mais adequados. O termo "aditivo" se refere a ingredientes que melhoram as características do polímero sem causar alterações significativas em sua estrutura química (ROBERTSON, 1993). Os principais aditivos e suas funções estão presentes na Tabela 2.

Tabela 2 - Principais aditivos e suas respectivas funções.

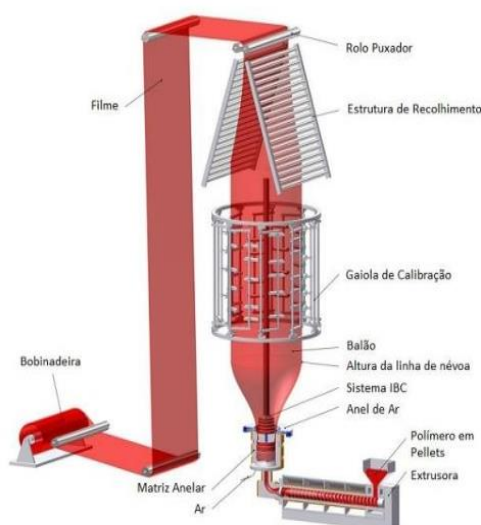
Aditivo	Função
Plastificante	Aumentar a flexibilidade
Lubrificante	Reduzir a viscosidade
Pigmentos	Atribuir a cor desejada
Cargas	Reduzir custos e aumentar a resistência ou desgaste por abrasão
Biocida	Inibir a degradação por microrganismos
Estabilizante térmico	Prevenir a degradação por aquecimento
Antiestático	Evitar eletrização por atrito
Antioxidante	Minimizar a oxidação provocada com oxigênio e ozônio atmosféricos
Agentes nucleantes	Reduzir o tempo de ciclo durante a fusão de polímeros cristalinos
Agentes desmoldantes	Facilitar a remoção de partes plásticas dos moldes

Fonte: Adaptado de Piatte, 2005.

A etapa de mistura é a primeira para a fabricação de um filme flexível. Após esta etapa, onde diferentes materiais são combinados, a mistura formada segue para a extrusora. O método de extrusão por sopro envolve a extrusão do polímero na forma de um tubo de uma única

camada através de uma matriz anelar, conforme ilustrado na Figura 3. O tubo é inflado com ar, aumentando seu diâmetro em até 500%, o que cria uma bolha. As paredes da bolha são estiradas tanto na circunferência, pelo ar injetado, quanto na vertical, pelos rolos puxadores, resultando em uma orientação biaxial que alinha as cadeias poliméricas e aumenta a cristalinidade do filme. Esse processo de alinhamento pode levar à migração de aditivos ou cargas para a superfície do material (PAOLI, 2008).

Figura 3 - Processo de extrusão por sopra.

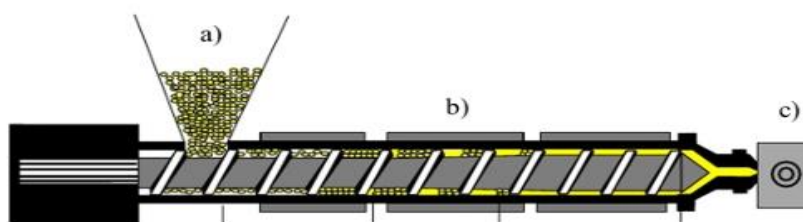


Fonte: Vercellino, 2014.

O controle do resfriamento do balão é determinante para garantir a qualidade dos filmes produzidos. Após a inflação e conformação nos rolos de compressão, o balão precisa ser resfriado de forma adequada para assegurar sua estabilidade e simetria, evitando que as paredes grudem durante a passagem pelos cilindros de compressão (CAMILO, 2022). Parâmetros como a razão de sopra e a linha de congelamento desempenham papéis importantes nesse processo. Acima da linha de congelamento, o polímero é considerado solidificado, com sua estrutura (amorfa ou semicristalina) e orientação já definidas (COSTA, 2014).

No processo de extrusão, a mistura é introduzida pelo dosador de resina no início da rosca do canhão, durante esse processo, a resina polimérica é submetida a esforços mecânicos e cisalhamento, sendo aquecida pelo cisalhamento e pelo aquecimento do canhão até atingir a viscosidade adequada para ser transportada pela rosca. A temperatura, velocidade de rotação e design da rosca são fundamentais para o transporte e a fluidez do material. O resfriamento do produto final pode ser feito por banho de água ou ar comprimido (PAOLI, 2008), como demonstrado na Figura 4.

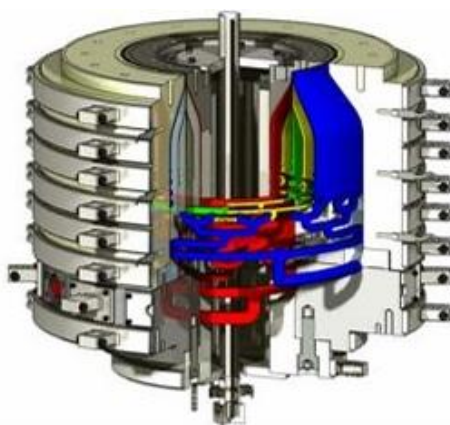
Figura 4 - Esquema simplificado de uma extrusora monorosca: a) alimentação, b) rosca e canhão e c) cabeçote e matriz.



Fonte: Malvessi, 2023.

A coextrusão é uma técnica que permite minimizar o uso de polímeros mais caros, otimizando suas quantidades e combinando propriedades específicas de selagem, aderência, rigidez, resistência ao impacto, rasgo, perfurações e brilho em um único filme. Diferente do filme monocamada, onde os componentes são misturados, a coextrusão possibilita a combinação de diferentes resinas de forma mais eficiente, reduzindo o custo de produção. Este processo envolve a combinação de duas ou mais camadas de polímeros fundidos, alimentados por uma única matriz resultando em um filme único após o resfriamento, como demonstrado na Figura 5. Esse processo permite a criação de filmes com propriedades específicas para atender às necessidades de desempenho de diferentes produtos a serem embalados. (CRIPPA, 2006).

Figura 5 - Matriz de filmes flexíveis coextrusados e a combinação das várias correntes de fluxo para formar um filme de camada única.



Fonte: Josip Mauric; R&D Manager, 2023.

Na imagem, observa-se o interior de uma matriz circular de múltiplas camadas, onde cada cor (azul, verde, amarelo e vermelho) representa um fluxo de polímero fundido proveniente de extrusoras independentes. O funcionamento detalhado do equipamento baseia-

se em um sistema de canais de distribuição espiralados, cujo design interno garante que o material fundido seja distribuído de maneira uniforme ao redor de toda a circunferência do cabeçote, assegurando a homogeneidade da espessura e a integridade estrutural do filme. Durante o processo, ocorre a convergência de fluxos, na qual diferentes camadas de resinas como o PEBD, o PEAD e camadas externas contendo aditivos de escorregamento (*slip agents*) para facilitar o manuseio, são sobrepostas ainda no estado fundido dentro da matriz. Na sequência, ocorre a formação do balão, momento em que os materiais saem pela fenda circular no topo como um tubo multicamada único e são inflados por ar injetado pelo centro, resultando no filme flexível após o resfriamento. Todo esse sistema é suportado por um rigoroso controle térmico na estrutura externa, que permite o ajuste preciso da temperatura em diferentes zonas para processar resinas com distintos pontos de fusão sem causar degradação térmica. (JOSIP MAURIC; R&D MANAGER, 2023).

2.3.2 Impressão

A impressão consiste no processo de transferência controlada de tintas para a superfície de um substrato, visando a comunicação visual e a funcionalidade da embalagem (SARANTÓPOULOS et al., 2012). Segundo Wittman et al. (2017), os elementos que serão impressos ficam em relevo na matriz ou no tubete que recebe a tinta, que então é sobreposta no suporte que leva o filme polimérico a partir da pressão aplicada.

Na produção de filmes para impressão, os polímeros mais comuns são o PE e o PP, devido à sua estrutura simples e versatilidade em termos de formatos, espessuras e tamanhos de embalagens (FERRADOR, 2011).

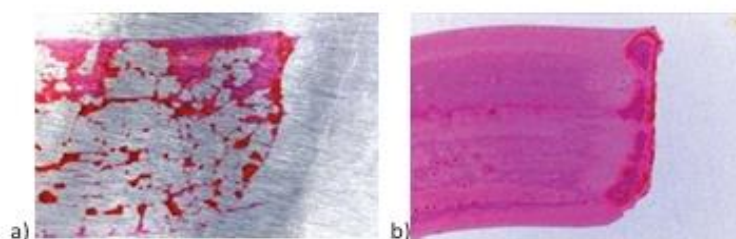
A adesão de tintas e adesivos a filmes poliméricos é influenciada por fatores como tensão superficial, molhabilidade e compatibilidade química. Devido à natureza inerte e à baixa energia superficial desses filmes, técnicas de modificação superficial, como plasma, corona e chama, são frequentemente necessárias para garantir uma adesão eficiente (MATOS, 2013).

O tratamento Corona consiste na aplicação de descargas eletrostáticas sobre a superfície do filme para aumentar a energia superficial. O equipamento é composto por uma fonte de alta frequência, um transformador de alta voltagem e um par de elétrodos (um polar e o outro ligado à terra). O efeito é obtido pela ionização do oxigênio presente entre os elétrodos que polariza a superfície do filme e aumenta a sua energia superficial, este processo pode ser feito na etapa de extrusão do filme (LUÍS, 2013). As principais desvantagens deste método são a falta de uniformidade, a degradação ao longo do tempo e a necessidade de utilização de alta voltagem para iniciar a descarga elétrica, que resulta no tratamento indesejado na face oposta do filme.

Este tratamento é o mais frequentemente aplicado nos filmes de PP, mas também pode ser utilizado em outros materiais como o PET (MATOS, 2013).

A verificação da tensão superficial, ou seja, se o tratamento Corona foi efetivo em filmes plásticos é comumente realizada através de canetas Dyne, que se destacam por serem uma solução de baixo custo, ágil e de fácil aplicação. A implementação rotineira desse monitoramento é fundamental para prevenir perdas de matéria-prima em larga escala, causadas por problemas de ancoragem da tinta durante a impressão (BÜYÜKPEHLIVAN, 2022). Na Figura 6, pode-se observar o comportamento da caneta Dyne em uma superfície não tratada e tratada.

Figura 6 - Comportamento da caneta Dyne em superfícies: a) sem tratamento Corona e b) com tratamento Corona.



Fonte: Büyükpehlivan, 2022.

A impressão pode ser exterior ou interior, o que determina se no final do processo de fabricação da embalagem a tinta estará na superfície externa ou interna da mesma, respectivamente. Na Figura 7 pode-se observar um modelo de um tubete com um clichê, pronto para ser utilizado para impressão.

Figura 7 - Modelo de um tubete colocado com um clichê folhagem, pronto para ser utilizado para impressão.

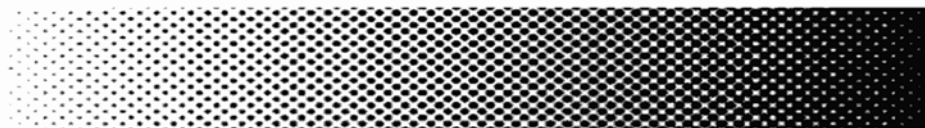


Fonte: Gerada por IA, GEMINI (Google). Em 10 janeiro de 2026.

2.3.3 Flexografia

A flexografia é um processo de impressão direta que utiliza matrizes em relevo e pigmentos fluidos e voláteis, permitindo a impressão em diferentes filmes plásticos, como PET e BOPP. É um método inovador, flexível e de baixo custo para produção de embalagens flexíveis (WITTMAN, 2017). As retículas circulares são as mais comuns na indústria da flexografia. A Figura 8 ilustra um passo fotocélula impresso e as retículas circulares, uma marcação importante que serve como referência para equipamentos de acabamento. Essa marcação garante precisão no corte e solda de embalagens flexíveis, aumentando a eficiência e reduzindo erros. Com o passo fotocélula, é possível automatizar o processo de acabamento, aumentando a eficiência e reduzindo os custos de produção.

Figura 8- Impressão circular de flexografia demonstrando a intensidade da cor.



Fonte: Tronchin, 2022.

A ilustração detalha a variação da gravação dos pontos. No lado direito, observa-se uma densidade de 100%, representando a cobertura total da cor (chapado). Já na extremidade esquerda, o valor de 0% indica a ausência total de gravação e, conseqüentemente, de pigmentação (TRONCHIN, 2022).

As tintas são formuladas a partir de uma combinação de resinas, pigmentos e aditivos dispersos em um meio volátil, que pode ser solvente ou água. O processo de secagem ocorre por meio da evaporação do solvente, resultando na formação de uma película sólida sobre o suporte que desempenha funções tanto estéticas quanto de proteção (TORRENS, 2022.).

Segundo Conceição (2006), além dos aditivos adicionados, algumas características das tintas devem ser monitoradas antes de qualquer processo, para garantir a formação de uma película uniforme sobre o substrato. No caso das tintas de impressão, a viscosidade e a secagem se tornam parâmetros essenciais para análises antes do processo, visto que uma tinta muito viscosa ou muito secativa pode acarretar problemas de impressão. O ideal é que a secagem esteja entre 25 e 35 segundos. Na Figura 8 observa-se bobinas impressas.

Figura 9 - Bobinas de filmes impressas.



Fonte: Lima, 2004.

2.3.3 Laminação

Após a etapa de impressão, o material pode ou não seguir para o setor de laminação, que é uma etapa amplamente empregada para combinar as propriedades de dois ou mais materiais em uma única estrutura. Segundo Torrens (2022), essa técnica visa não apenas o aprimoramento estético e a proteção da camada impressa, mas também o reforço das funções de acondicionamento e barreira, facilitando significativamente as etapas posteriores de enchimento e selagem.

O processo de laminação baseia-se na sobreposição de camadas de filmes variados sobre o substrato (filme impresso), originando materiais conhecidos como duplex (duas camadas) ou triplex (três camadas). Essa união é viabilizada pela aplicação de adesivos, cujas formulações podem ser classificadas como base solvente ou *solventless* (sem solvente) (MATOS, 2013.).

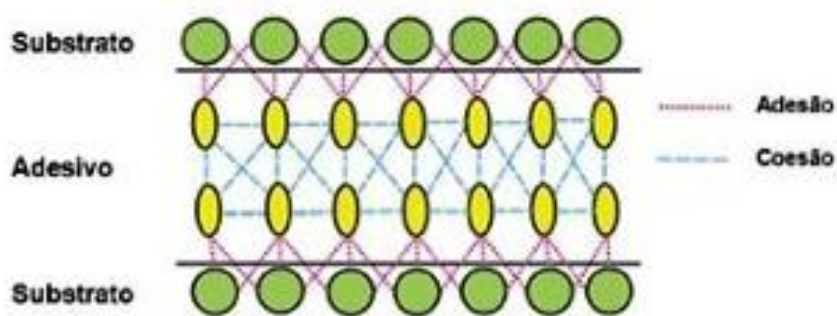
O desempenho de uma embalagem laminada está diretamente condicionado à dosagem correta do adesivo. Segundo Silveira (2015), a aplicação de uma gramatura inferior à especificada compromete a aderência, resultando em delaminação ou falhas na cobertura visual (espelhamento). Inversamente, o excesso de adesivo interfere na cinética de cura, o que pode desajustar o coeficiente de atrito (COF) e gerar imperfeições na aparência externa do material.

Em processos que envolvem laminação posterior à impressão, a prática comum é realizar a impressão no verso do substrato. Esse método posiciona a camada de tinta entre os filmes, isolando-a de fatores externos e impedindo o contato direto com o alimento, o que elimina riscos de contaminação. No entanto, o PET Químico Metalizado é uma exceção: nele, a impressão deve ser externa. Isso ocorre porque o revestimento metálico é aplicado na face interna e, devido à sua opacidade, ocultaria qualquer grafismo que não estivesse na superfície externa da embalagem (MATOS, 2013.).

O fenômeno da migração é definido como o transporte de compostos químicos do invólucro para o conteúdo alimentar. Esse processo é um tema crítico na indústria, pois a transferência de aditivos ou resíduos pode acarretar riscos toxicológicos aos consumidores, além de causar alterações organolépticas (sabor e odor) e comprometer as propriedades físicas da própria embalagem (LUÍS, 2013.).

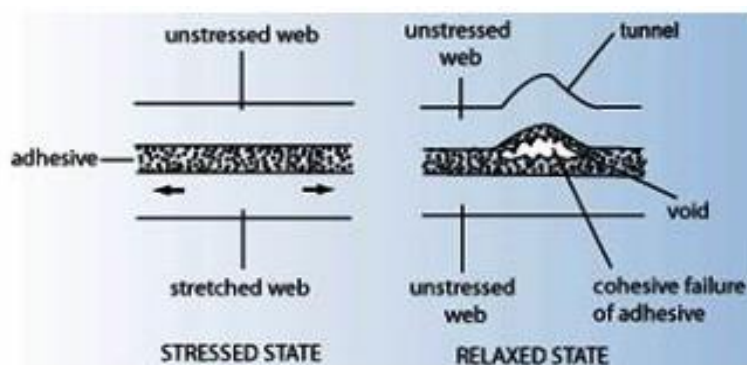
Dois conceitos regem o comportamento de um adesivo: a adesão e a coesão. O primeiro diz respeito à capacidade da substância de se fixar a um substrato diferente, que está diretamente relacionado ao tratamento Corona, pelo qual o material passa para ser impresso ou laminado. O segundo, a coesão, representa a força de união entre os elementos que compõem o próprio adesivo, sendo a tensão interna que evita que o material se rompa ou se fragmente. (LUÍS, 2013.). (Figura 10).

Figura 10 - Desenho representativo das forças de adesão e coesão entre o substrato e o adesivo.



Fonte: Luís, 2013.

A aplicação uniforme do adesivo é crucial para a laminação de filmes, podendo ser feita por métodos manuais, semiautomáticos ou automáticos. Um defeito comum é a formação de "túneis" (Figura 11), caracterizada por delaminação pontual causada pela diferença de extensibilidade entre os substratos, o que gera tensões internas e compromete a estética e a integridade da estrutura laminada (CHERUVATHUR, 2009).

Figura 11 - Túnel de laminados flexíveis.

Fonte: Luís, 2013.

Existem alguns fatores que poderão definir a resistência à delaminação de um complexo, nomeadamente: grau de adesão/ancoragem do metal ao substrato (no caso dos filmes metalizados), o tipo e a quantidade de tratamentos superficiais, o tipo e a gramagem do adesivo, as condições de aplicação e a migração de aditivos, entre outros. A temperatura também é crucial, pois afeta a viscosidade e a reatividade dos polióis e isocianatos, tornando necessário seu controle na produção de poliuretanos (LUÍS, 2013).

De acordo com cada tipo de adesivo usado existem vantagens e desvantagens associadas, como se pode ver na Tabela 3.

Tabela 3 - Vantagens e desvantagens da utilização de adesivos com e sem solvente.

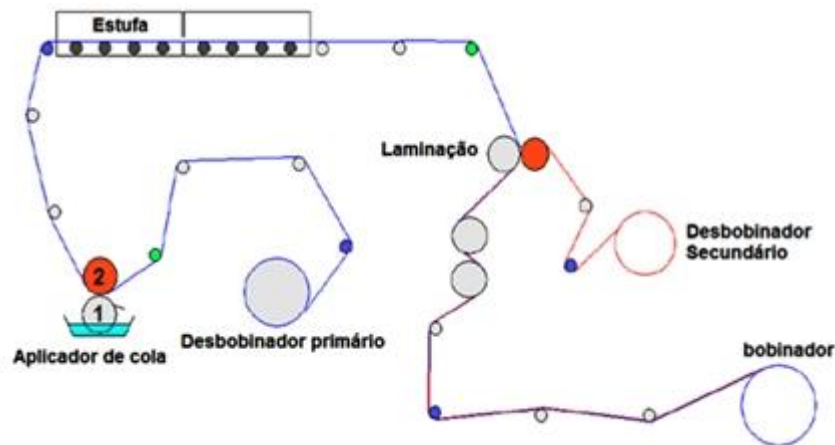
Tipo de Adesivo	Vantagens	Desvantagens
Com solvente	Força inicial elevada	Custo de energia elevado
	Maior resistência térmica	Risco da existência de solventes residuais
	Fácil de usar	Velocidade limitada pelo tamanho do forno
	Longo <i>Pot-life</i>	Custo adicional para solventes
Sem solvente	Velocidade alta	Necessita de uma dosagem precisa
	Não há solventes residuais	Pequena força inicial
	Baixo gasto de energia	
	Não tem secagem	

Fonte: Luís, 2013.

O funcionamento de uma máquina de laminação (Figura 12) envolve a aplicação do adesivo por transferência direta, na qual um cilindro transfere a cola para o filme primário, seguido de evaporação e secagem em estufa para remover solventes e acelerar a reticulação.

Em seguida, as camadas são unidas em uma calandra de pressão com temperatura e pressão controladas. A velocidade é limitada a 110 m/min devido à capacidade térmica e à segurança, evitando a retenção de solventes no laminado (CHERUVATHUR, 2009).

Figura 12 - Esquema que representa o princípio de funcionamento deste tipo de máquina onde a laminação é feita a seco.



Fonte: Luís, 2013.

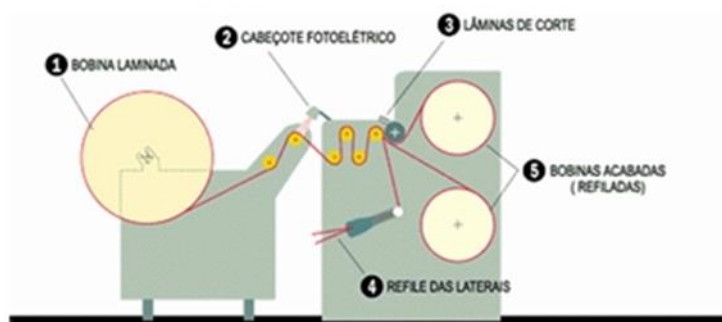
O Coeficiente de Atrito (COF) é um fator determinante para o processamento de materiais em sistemas de impressão, laminação e envase, pois influencia diretamente o movimento entre superfícies em contato, afetando a estabilidade e a eficiência desses processos, e é calculado dividindo a força necessária para mover uma superfície pela força perpendicular às superfícies. O COF pode ser estático ou dinâmico e é afetado pelo acabamento das superfícies e pela presença de contaminação. Aditivos de *slip*, como amidas de ácidos graxos, são usados para melhorar o manuseio de filmes de polietileno ou polipropileno, reduzindo a resistência ao movimento e garantindo um COF adequado para o processamento (GARLAND, 2013).

2.3.4 Acabamento

Após a conclusão da etapa de laminação, o material segue para a refiladeira, dando início à fase final de acabamento do produto. Nesta etapa, a chamada "bobina mãe" passa pelo processo de desbobinamento para ser dividida e cortada. Esse corte é realizado seguindo rigorosamente as especificações e dimensões customizadas de cada pedido. É fundamental que esse processo seja executado com precisão, pois as bobinas destinadas a equipamentos automáticos de empacotamento exigem um alinhamento lateral impecável e um tensionamento perfeito no rebobinamento. Esses fatores são cruciais para garantir que a embalagem flua

corretamente na linha de produção do cliente, evitando paradas ou perdas de material (MOTA, 2004).

Figura 13 - Representação esquemática do refile.

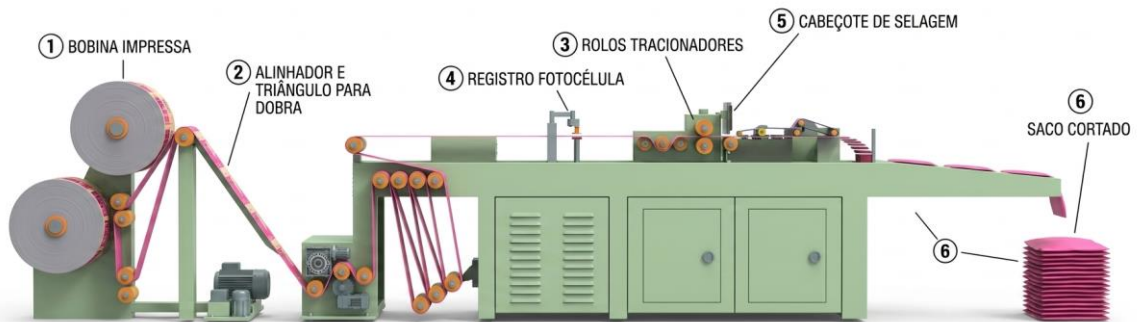


Fonte: Expropere, 2004.

O ciclo de acabamento inicia-se com o posicionamento da bobina de origem (1), cujo alinhamento é monitorado e corrigido eletronicamente por meio de um sensor fotoelétrico (2). Este componente garante que o material entre na zona de corte perfeitamente centralizado. Na sequência, o filme atravessa o sistema de lâminas (3), configurado para realizar cortes precisos conforme as larguras estabelecidas no projeto. Durante essa etapa, as bordas excedentes são removidas através do refile lateral (4), assegurando a uniformidade das margens. Por fim, o material é processado pelo sistema de rebobinamento, gerando o produto acabado (5). Após atingir o diâmetro final, as bobinas são devidamente embaladas e disponibilizadas para a logística de entrega, concluindo o ciclo de produção líquida (EXPROPERE, 2004.). Essa sequência de etapas é demonstrada na Figura 13. Os procedimentos de corte-solda e refile constituem as fases decisivas do acabamento industrial. É nesta etapa que o filme técnico, até então em formato de bobina, é processado e convertido em embalagens prontas (sacos), adquirindo sua forma final e funcionalidade, conforme ilustrado na Figura 14.

O processo inicia-se com a bobina de origem (1), que passa pelos processos de alinhamento e dobra no conjunto desbobinador (2). A movimentação do material é executada por rolos tracionadores (3) que atuam de forma sincronizada. Para garantir a precisão do corte, uma fotocélula (4) realiza a leitura das marcas de registro, enviando o comando exato para o acionamento do cabeçote de selagem (5). Este cabeçote, equipado com uma resistência térmica (lâmina aquecida), desce sobre o rolo selador (6). Nesse instante, ocorre uma ação simultânea de fusão e separação térmica, resultando na formação final e no destacamento individual dos sacos (EXPROPERE, 2004).

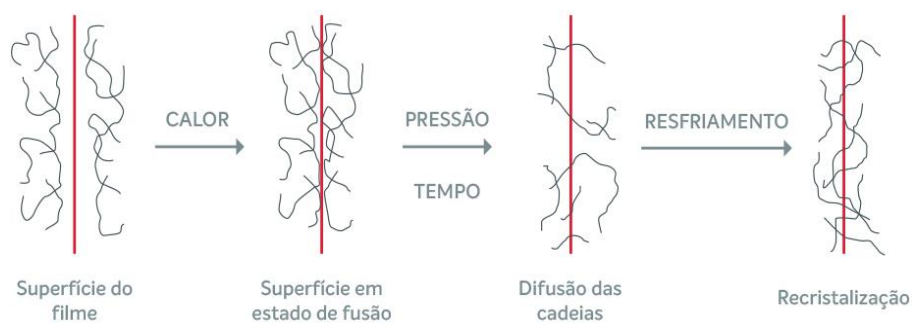
Figura 14 - Ilustração do processo de corte-solda.



Fonte: Expropere, 2004.

A selagem térmica une superfícies poliméricas com calor e pressão, dependendo de parâmetros operacionais e propriedades dos filmes. A composição dos polímeros é crucial, como no caso de filmes de PET, que precisam de uma camada de PE para selagem. A Figura 15 ilustra o processo de soldagem térmica de filmes poliméricos, onde o calor promove a fusão das superfícies para permitir a mobilidade molecular. Sob pressão e tempo controlados, ocorre a difusão das cadeias entre as interfaces, garantindo o entrelaçamento necessário para a adesão. O ciclo termina com o resfriamento e a recristalização do material, resultando na formação de uma selagem resistente e mecanicamente estável. (STEHLING E MEKA, 1994; RUIZ, s. d.).

Figura 15 - Mecanismo molecular de selagem à quente.



Fonte: Ruiz, Sem Data.

2.4 Controle de qualidade na produção de embalagens flexíveis

A inspeção visual de embalagens poliméricas é uma etapa crítica que possibilita a identificação de irregularidades na aparência e na estrutura do material. Tais falhas podem comprometer diretamente o desempenho físico-químico do produto, afetando desde a sua resistência mecânica até a eficiência na linha de envase (maquinabilidade). Devido às variáveis inerentes ao fluxo de fabricação, é tecnicamente esperado que uma fração da produção possa

manifestar defeitos, tornando o controle de qualidade essencial para garantir a integridade do aspecto visual e funcional das embalagens produzidas (SARANTÓPOULOS et al., 2017).

As falhas em embalagens são categorizadas em três níveis de severidade: críticas, graves e toleráveis, conforme o impacto que causam na funcionalidade do produto (MOTA, 2004). Os defeitos críticos são os mais comprometedores, pois invalidam as funções básicas de proteção e contenção. Eles representam um risco real à integridade do conteúdo, abrangendo falhas como selagens incompletas, dimensões fora do padrão técnico ou gramatura inferior ao limite mínimo estabelecido (SARANTÓPOULOS et al., 2002).

Já os defeitos graves afetam o desempenho estrutural da embalagem. Embora o material possa se comportar de forma aceitável em condições ideais de armazenamento, ele tende a falhar quando submetido a situações de estresse físico. Exemplos comuns incluem a distribuição irregular de espessura e a presença de bolhas de ar. Nestas circunstâncias, o uso das embalagens geralmente sofre restrições de segurança (SARANTÓPOULOS et al., 2002).

Por fim, os defeitos toleráveis são aqueles que impactam predominantemente a estética do produto, sem prejudicar suas propriedades de conservação ou barreira. Falhas na qualidade da impressão ou a presença de pequenas rebarbas são exemplos desse grupo, permitindo que a embalagem seja utilizada sem que suas funções técnicas primárias sejam comprometidas (MOTA, 2004).

Um dos parâmetros que avalia a qualidade do filme produzido é a espessura, que é definida tecnicamente como a distância perpendicular entre as duas superfícies principais de um material, configurando um parâmetro de referência vital no setor de embalagens plásticas. Por meio da determinação constante dessa medida, é possível avaliar a homogeneidade do filme, garantindo que o material apresente uma estrutura uniforme. Variações nesse indicador implicam diretamente em problemas de desempenho mecânico e na redução das propriedades de barreira, fatores que comprometem a integridade da embalagem e a conservação do conteúdo (MOTA, 2004.).

Nesse contexto, o monitoramento rigoroso durante a fase de extrusão torna-se indispensável, uma vez que é neste estágio inicial que o perfil do material é definido. Manter a estabilidade da espessura na saída da extrusora é fundamental para prevenir distorções nas etapas subsequentes; um filme com perfil irregular gera tensões desequilibradas durante o bobinamento, o que resulta em rugas ou desalinhamentos nos processos de impressão e laminação. Além disso, a precisão na extrusão assegura que o calor seja distribuído de forma homogênea na fase de corte e solda, evitando fragilidades na selagem. Do ponto de vista econômico e produtivo, acompanhar essa variável em tempo real permite a otimização do

consumo de resinas poliméricas, garantindo que o produto final cumpra as exigências técnicas sem desperdício de matéria-prima ou perda de maquinabilidade nas linhas automáticas de envase (ITAL, 1987).

O controle de qualidade no processo de laminação também é uma etapa vital, para garantir que a embalagem final atenda às propriedades de barreira e resistência mecânica projetadas, sendo o método de determinação da gramatura uma das principais ferramentas de aferição técnica. Esse procedimento utiliza uma balança analítica para validar se a quantidade de material depositado está de acordo com as especificações do cliente, monitorando tanto a estrutura total do laminado quanto a aplicação individual de adesivos e tintas (ITAL, 1987).

O controle de qualidade laboratorial feito durante todo o processo fabril da embalagem é feito com equipamentos de alta precisão, como o Datacolor, que garante a fidelidade cromática e a opacidade de filmes impressos, e o dinamômetro, que avalia a integridade estrutural e mecânica dos materiais. O dinamômetro testa parâmetros críticos como a resistência à delaminação, tração, força de soldagem, e as resistências à perfuração e à propagação de rasgos, assegurando que o produto final tenha estética e resistência física adequadas para suportar transporte, armazenamento e manuseio (LUÍZ, 2013).

A integridade e o desempenho de uma embalagem dependem diretamente da análise de qualidade da sua soldagem, um parâmetro que garante o fechamento hermético e a proteção do produto. Essa eficiência é determinada por uma interação complexa de diversos fatores críticos, começando pelo tipo de equipamento utilizado e a tecnologia empregada na aplicação do calor. Além disso, o perfil do mordente de fechamento cujas ranhuras e geometria definem a pressão e a distribuição térmica na interface desempenha um papel decisivo na uniformidade da solda. Por fim, a qualidade final é condicionada pelas características físico-mecânicas intrínsecas do material, como o ponto de fusão e a fluidez das camadas selantes, que devem estar em perfeita harmonia com os parâmetros de máquina para assegurar uma união resistente e livre de falhas (ITAL, 1987).

3 ATIVIDADES DESENVOLVIDAS E DISCUSSÃO

3.1 Apresentação da Empresa

O estágio foi desenvolvido em uma indústria produtora de embalagens flexíveis localizada em Rio Verde - GO, com várias unidades espalhadas pelo Brasil. A empresa tem como objetivo fornecer aos seus clientes produtos com qualidade e segurança, atendendo aos requisitos legais e especificações acordadas. Sempre buscando a melhoria dos processos para obter maior eficiência, o que a torna a maior indústria de embalagens plásticas flexíveis da América Latina. A empresa, fundada em 1986, produz embalagens flexíveis para os mais diversos ramos industriais, como mostrado na Tabela 4.

Tabela 4 - Áreas de Atuação da Empresa: Setores e Especializações.

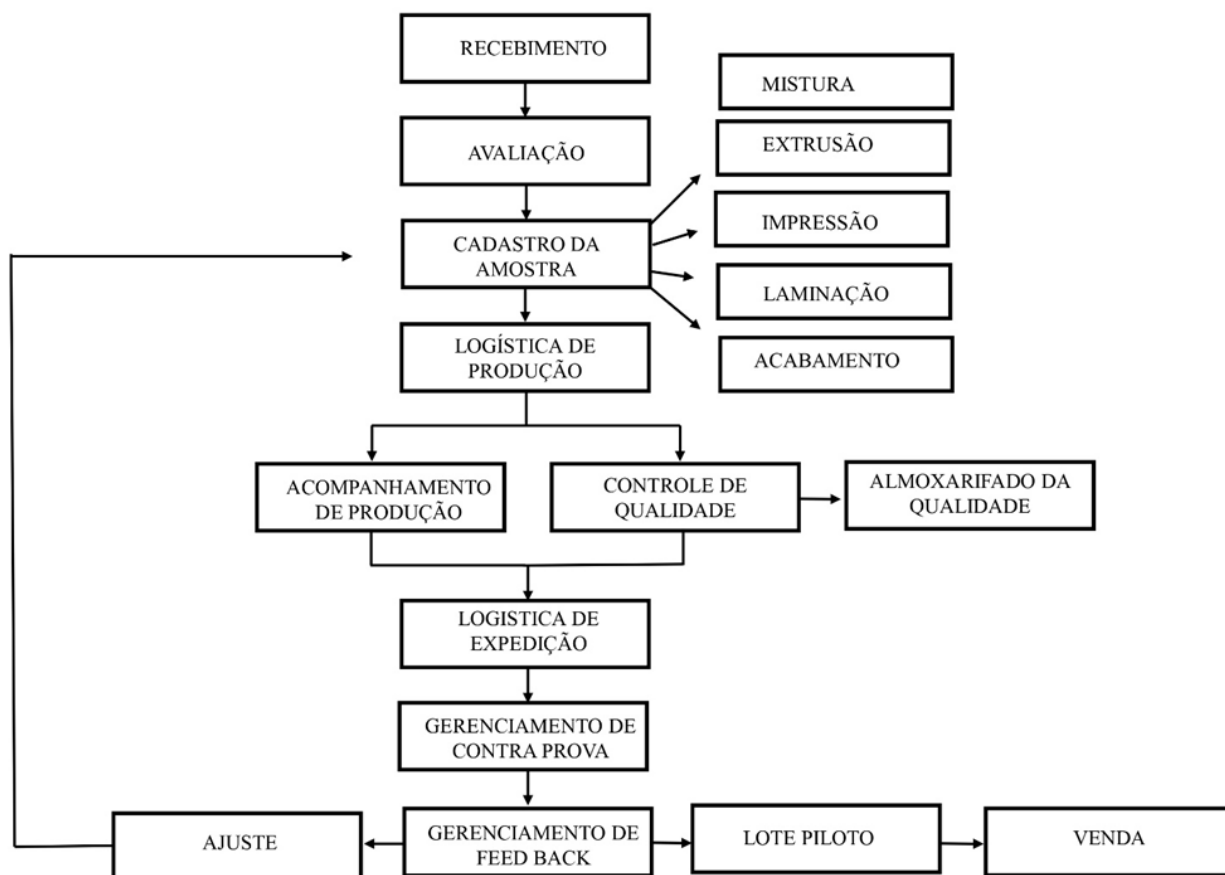
Setores de atuação da empresa
Frigoríficos de aves, suínos, bovinos e peixes
Indústrias de laticínios
Massas e panificação
Produtos de higiene pessoal
Indústria farmacêutica
Ração animal
Automobilística e autopeças
Hortifrutigranjeiros
Petroquímicos
Cereais
Bebidas
Operadores logísticos
Conservas
Doces

3.2 Produção de Amostras de Embalagens Flexíveis

O estágio se concentrou no setor de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D). Nesse setor, o desenvolvimento de amostras de embalagens flexíveis abrange um ciclo completo, integrando desde o planejamento administrativo e a definição das especificações, até o acompanhamento rigoroso da produção no chão de fábrica. Um fluxograma detalhado que ilustra cada etapa

envolvida na produção de amostras é apresentado na Figura 16, que facilita a compreensão do processo, permitindo uma análise clara e concisa das fases desde o planejamento até a execução.

Figura 16 - Fluxograma do Processo de desenvolvimento de amostras de embalagens flexíveis.



Fonte: Próprio Autor; 2026.

A etapa de “Recebimento” marca o ponto de partida do processo. É neste momento que a solicitação da amostra é formalizada pelo representante de vendas externo, via portal de pedidos. Essa requisição é então recebida e processada pelo responsável da produção de amostras no setor de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D).

Após o recebimento do pedido de amostra, inicia-se para a etapa de “Avaliação” da solicitação. O objetivo primordial desta etapa é investigar a viabilidade da produção através de uma série de questionamentos, conforme apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Checklist da viabilidade de produção para amostras.

Questionamentos	Justificativa
Qual será a finalidade desta embalagem?	Com base nessa análise, torna-se possível determinar a especificação do produto que será embalado.
Há algum material ou componente de embalagens já produzido em estoque que possa ser alocado para esta amostra?	A verificação do aproveitamento do material é importante, pois a existência de um material compatível pode antecipar algumas etapas necessárias para produção.
Qual é o prazo de entrega estipulado para a amostra, de acordo com a necessidade do cliente?	A solicitação de amostra é geralmente feita com uma data prévia de entrega requerido pelo cliente, sendo necessário verificar se é possível atender a esta especificação.
A unidade de Rio Verde possui capacidade operacional para executar a produção desta amostra?	Pode ocorrer que certas especificações de embalagem excedam a capacidade de atendimento da unidade designada.

Fonte: Próprio Autor; 2026.

Uma vez confirmada a viabilidade de produção, o pedido de amostra é formalmente aceito através do portal, gerando um número de pedido. Este número é então encaminhado por e-mail à central, onde se origina a Ordem de Venda (OV), formalizando a requisição.

A etapa de Cadastro da Amostra no Sistema é um ponto crítico de produção, pois é nela que se consolida a informação necessária para a criação do código do novo material. É neste ponto que a equipe do setor de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) atua intensamente, definindo os parâmetros técnicos que o material deverá possuir em cada fase fabril subsequente, para garantir que o produto final atenda ao padrão de qualidade exigido pelo cliente. Para cada fase definida no sistema (Mistura, Extrusão, Impressão, Laminação e Corte/Solda), um código de material específico é gerado. A criação do código de material, que segue os padrões do sistema proprietário da empresa, é diretamente influenciada pela finalidade da amostra, determinada na avaliação inicial da solicitação. Por exemplo, para uma embalagem de arroz, as exigências de resistência ao peso e ao empilhamento determinam os valores técnicos (parâmetros) inseridos no sistema para cada etapa, desde a mistura das resinas na extrusão até o tipo de solda no acabamento.

Na fase de Mistura, definem-se a resina polimérica, os aditivos e o tipo de extrusão, ou seja, se monocamada ou coextrusão de 3 ou 5 camadas, sendo que cada configuração de extrusão exige uma mistura específica. Durante a Extrusão, são determinados parâmetros como o diâmetro do balão, o número de bobinas, os tubetes, a micragem (espessura) de cada filme e o tamanho do filme extrusado ou peso da bobina, que, para amostras, é definido em 50 kg de filme.

Se o material for impresso ou laminado, ele deve ser tratado previamente para garantir a correta absorção de tinta ou adesivo. Na fase de Acabamento, define-se a forma de entrega: pode ser como bobina para envase posterior na fábrica do cliente, ou como unidades de sacos prontos. Para entregar sacos, é imprescindível a etapa de Refiladeira e Corte/Solda. A refiladeira alinha e padroniza o filme no tamanho correto, compensando os 2 cm extras nas laterais, comuns em materiais laminados. Somente então, o filme segue para o Corte e Solda, onde se define o formato final (fundo quadrado, redondo, etc.), o tipo de soldagem (lateral, bainha) e a inclusão de sanfona, entre outros parâmetros necessários para a conclusão da embalagem, garantindo a rastreabilidade em todas as etapas críticas de fabricação. Na Tabela 6 exemplificam-se todos os códigos criados até este momento. Cada código, então, representa toda a especificação da produção, ou seja, define um conjunto de parâmetros para a produção da amostra de embalagem, na respectiva etapa.

Tabela 6 – Checklist para cadastro da amostra, no sistema SAP.

OV: 404253, N° do pedido: 2023156
Códigos dos matérias de cada fase:
Mistura: 8003506
Extrusão: 8059092
Impressão: 8807541
Laminação: 8337521
Refiladeira: 8235478
Corte e Solda: 9052143

Observação: A fase final do processo é sempre expressa pelo código inicial 9, que indica a produção do produto final, conhecido como *Fert* no sistema SAP de gestão empresarial. Os demais códigos iniciam com o número 8, indicando que se trata de um *Halb*, ou seja, é um produto intermediário, para o qual existe uma etapa posterior de produção.

Após a criação dos códigos dos materiais que representam as fases pelas quais a amostra passará, avança-se para a etapa de logística de produção. Inicialmente, as ordens de produção (OPs) são solicitadas por e-mail ao setor de Planejamento e Controle da Produção (PCP), no qual são informados a Ordem de Venda (OV) e os códigos dos materiais gerados. Uma vez liberadas as OPs, inicia-se a programação das fases no setor produtivo.

Neste momento, o responsável do P&D pelas amostras, juntamente com os supervisores e programadores de cada setor, precisam se reunir para alinhar o melhor momento para a produção da amostra. Durante essa reunião, consideram-se o tempo necessário para cada fase do processo, bem como a data em que haverá caminhões disponíveis para a expedição e entrega do material. Após acordada uma data, passa-se a utilizar planilhas de controle, que são alimentadas diariamente com todas as informações de rastreamento, garantindo um controle eficaz de cada amostra. A Figura 17 exemplifica um modelo de como era feito este acompanhamento em uma planilha do Microsoft Excel.

Figura 17 - Planilha Acompanhamento de Produção das Amostras.

ACOMPANHAMENTO PRODUÇÃO AMOSTRA						
Material Fert	Descrição do Material	Representante	OV	Solicitante	Data da Solicitação	Entrada Extrusão
9052143	PEBD IMP LAM PE/PE SACO ARROZ TRANPS	Edilson	404253	S/A Comércio Indústria	09/04/2025	24/04/2025

Fonte: Próprio Autor; 2025.

A planilha de controle organiza as informações de rastreamento da amostra através de colunas específicas:

1. Código do Material (Fert): Identifica o código da última fase que o material passará antes de seguir para expedição.
2. Descrição do Material: Detalha a composição; por exemplo, PEBD laminado com outro PEBD, destinado a sacos de arroz transparentes.
3. Representante Responsável: Indica o colaborador interno que solicitou a amostra.
4. Ordem de Venda (OV): Contém o número da OV associada à amostra.
5. Solicitante: Nome da empresa externa que requisitou a amostra.
6. Data de Início da Produção: Registra quando as OPs foram lançadas na primeira fase do processo produtivo.

Após a conclusão do planejamento de produção, o foco se move para o acompanhamento *in loco* da fabricação da amostra no chão de fábrica, conforme mostrado no fluxograma da Figura 15. O responsável do P&D pela amostra deve monitorar cada etapa

produtiva para avaliar os pontos críticos definidos para aquela fase, assegurando a qualidade do material. Após a produção, são realizadas análises de qualidade laboratoriais específicas para o material gerado em cada fase. Alguns parâmetros de qualidade avaliados estão detalhados na Tabela 7.

Tabela 7- Parâmetros críticos de qualidade e rastreabilidade por fase produtiva da amostra.

Etapa	Parâmetros de acompanhamento	Parâmetro de avaliação do produto gerado
Mistura	Pesagem de cada componente da mistura	-
Extrusão	Acerto de Máquina (análise visual, micrômetro e fita métrica); Coeficiente de Atrito (aparelho de teste de coeficiente de fricção portátil);	Translucidez do filme (análise visual); Espessura de acordo com padrão definido (micrômetro); Dimensões do filme (fita métrica);
Impressão	Dimensões do passo fotocélula (fita métrica); Qualidade de impressão (lupa);	Avaliação do tratamento Corona (caneta Dyne)
Laminação	Aspecto visual e sensorial do filme; Espessura do adesivo (micrômetro);	Análise da delaminação do filme (gramagem) Coeficiente de Atrito (aparelho de teste de coeficiente de fricção portátil);
Refiladeira	Alinhamento da bobina (análise visual); Dimensões do filme (micrômetro);	Coeficiente de Atrito (COF Tester);
Corte e Solda	Qualidade da solda/Resistência (análise manual); Qualidade da solda (análise visual);	-

As análises apresentadas (Tabela 7) são normalmente usadas para avaliar amostras de embalagens flexíveis. No entanto, em lotes grandes, outras análises são feitas no dia a dia da fábrica, como o teste de congelamento para verificar a resistência da tinta da impressão, testes de resistência à pressão e ao vazamento, análises de migração de substâncias químicas e testes de barreira. Esses testes adicionais garantem que as embalagens atendam aos padrões de qualidade e segurança para uso em larga escala, não sendo comumente realizados em amostras não impressas ou em pequena escala.

O micrômetro é fundamental no controle de qualidade de embalagens flexíveis, medindo a espessura do filme com precisão. É usado no acerto de máquina, laminação e acabamento para garantir que o produto atenda às especificações, assegurando a qualidade e a

consistência do produto final. Sua precisão e facilidade de uso o tornam uma ferramenta essencial no chão de fábrica.

A cada fase concluída, é solicitado, em conjunto com o responsável pela qualidade daquele setor, o armazenamento das amostras do material no almoxarifado destinado ao setor de qualidade da empresa. Após essa etapa, as amostras são transferidas para a próxima fase de produção.

Com o término da produção da amostra, inicia-se o processo logístico de entrega, que ocorre em colaboração com o setor de expedição. O material acabado recebe a criação de um romaneio interno, sendo devidamente identificado e entregue ao setor de expedição. O número do romaneio e da OV são enviados por e-mail para a equipe de expedição, solicitando a entrega ao cliente. No mesmo e-mail, também é informado ao representante que a amostra está pronta e aguardando entrega, permitindo que ele alinhe com o cliente os detalhes do teste do material.

Durante a criação do romaneio interno da amostra, uma contraprova é separada e armazenada no estoque da fábrica. Essa contraprova é crucial: caso o cliente relate deficiência ou falha nos testes do material entregue, é possível realizar testes internos e determinar se o problema reside na amostra produzida ou em um erro de especificação do cliente. Esta contraprova deve ser mantida em estoque por um período máximo de 90 dias, sendo descartada após essa data. É fundamental garantir que o cliente realize os testes e forneça o feedback de desempenho antes desse prazo, para que se possa descartar o material de forma controlada. O controle desse estoque é realizado diariamente em uma planilha dedicada exclusivamente para esse fim.

Semanalmente, é enviado um e-mail de cobrança ao representante sobre o desempenho da amostra, e essa informação é registrada na planilha de controle de estoque das contraprovas. Nesta mesma planilha, acompanham-se quais dessas amostras evoluíram para um lote piloto (venda limitada a, no máximo, 300 kg) e, subsequentemente, para vendas comerciais (Figura 16). Esse controle é essencial para gerar um relatório mensal que detalha quais amostras se converteram em vendas lucrativas para a empresa, uma vez que o custo total de produção da amostra é integralmente arcado pela empresa.

Se for constatado que a amostra não demonstrou a eficiência esperada nos testes, e houver necessidade de produzir um novo lote com ajustes, o processo retorna à fase de cadastro para que os parâmetros necessários sejam corrigidos antes da nova produção, seguindo novamente todo o fluxo estabelecido na Figura 16.

3.3 Elaboração De Relatórios Mensais

Este tópico descreve a elaboração e a importância do Relatório Mensal de Desempenho e Conversão de Amostras, uma ferramenta essencial de *accountability* e inteligência de mercado desenvolvida no âmbito da experiência prática. Este relatório visa fornecer à gerência uma visão consolidada e analítica de todo o ciclo de vida das amostras produzidas no mês anterior, servindo como um painel estratégico para otimização de processos e identificação de oportunidades de negócio. A seguir serão descritos as principais informações e dados contemplados nos relatórios mensais.

3.3.1 Taxa de conversão

O relatório é estruturado para responder às principais questões gerenciais sobre o investimento em desenvolvimento de novos materiais. A primeira seção foca na Taxa de Conversão, detalhando o volume total de amostras produzidas no mês e, crucialmente, quantas dessas amostras se converteram em Lotes Piloto (vendas iniciais de até 300kg) e, posteriormente, em pedidos comerciais efetivos. Este dado é vital para mensurar o Retorno sobre o Investimento (ROI) das atividades de P&D e produção de amostras, visto que o custo de produção é integralmente da empresa.

3.3.2 Eficiência do Processo Produtivo

Aqui, detalha-se o Tempo de Espera total de cada amostra, desde a solicitação até a entrega final ao cliente. Para uma análise mais profunda, o tempo de permanência da amostra em cada fase produtiva (Extrusão, Laminação, Corte/Solda, etc.) é discriminado. Um foco específico é dado às Não Conformidades de Fluxo, identificando os motivos pelos quais certos materiais ficaram parados ou atrasaram (ex: espera por matéria-prima, falha em teste de qualidade, ou aguardando liberação do PCP). A análise das causas-raiz desses gargalos permite a implementação de ajustes processuais contínuos.

3.3.3 Análise de Demanda e Mercado

Por fim, a terceira seção descreve uma Análise de Demanda e Mercado, na qual são mapeados os representantes e clientes que mais solicitaram amostras, indicando quais áreas geográficas ou segmentos de mercado estão mais ativos em desenvolvimento de novos produtos. Além disso, o relatório inclui o status das contraprovas em estoque, sinalizando quais estão próximas do prazo de descarte de 90 dias e quais feedbacks de teste foram recebidos,

garantindo que o controle de estoque seja sincronizado com a necessidade de seguimento comercial.

A elaboração mensal deste relatório, alimentada diariamente com os dados da planilha de rastreio e semanalmente com os feedbacks dos representantes, garante que a gerência tenha uma visão transparente e acionável sobre a produtividade do setor de amostras e sua contribuição direta para a receita da empresa.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realização do estágio supervisionado na indústria de embalagens flexíveis permitiu uma compreensão profunda e integrada de todas as etapas que compõem o ciclo de vida de um produto técnico, desde a sua concepção no setor de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) até o acabamento final. Ao longo deste período, ficou evidente que a qualidade de uma embalagem não é um atributo isolado, mas sim o resultado de um controle rigoroso e contínuo de variáveis interdependentes, consolidado significativamente através do desenvolvimento de amostras.

Durante a vivência no chão de fábrica, observou-se que a extrusão constitui a base fundamental de todo o processo. O acompanhamento da uniformidade da espessura revelou-se crítico, uma vez que desvios nesta fase geram um efeito cascata que compromete a impressão flexográfica, a laminação e, por fim, a integridade da barreira protetora. A prática demonstrou que a precisão na extrusão não é apenas uma questão de conformidade técnica, mas também de eficiência econômica, ao otimizar o consumo de resinas poliméricas e reduzir o desperdício de insumos. O equipamento responsável por sugar as resinas e alimentá-las para o canhão de aquecimento das extrusoras é o alimentador a vácuo, que desempenha um papel crucial nessa etapa.

Um ponto de destaque no estágio foi o acompanhamento do desenvolvimento de amostras e protótipos, etapa crucial que antecede a produção industrial. Esse processo permite validar as especificações definidas pelo P&D, testando a compatibilidade entre filmes, adesivos e tintas em pequena escala. A produção de amostras é fundamental para identificar potenciais falhas de selagem ou delaminação antes do setup das máquinas de alta velocidade, garantindo que o produto final atenda às expectativas funcionais e estéticas do cliente. Nesse sentido, cabe destacar a relação do P&D com toda a produção fabril/PCP; pois as amostras são produzidas nos mesmos equipamentos da linha comercial. Sendo necessário uma logística e contato constantes com os operadores e responsáveis pelas diferentes etapas do processo de produção.

Essa prática reduz drasticamente o índice de rejeição e retrabalho no lote principal, servindo como uma prova de conceito indispensável para a inovação e segurança do portfólio. Em suma, as atividades desenvolvidas durante o estágio cumpriram os objetivos propostos, consolidando a importância de uma visão sistêmica da produção. A integração entre o planejamento estratégico do P&D, a execução técnica na produção de amostras, impressão e laminação, e o rigor do controle de qualidade, mostra-se indispensável para a competitividade da indústria no mercado de embalagens. Este período de formação profissional não só reforçou os conhecimentos adquiridos durante o curso de Engenharia de Alimentos, como também

evidenciou que a excelência operacional depende da monitorização constante e da melhoria contínua de cada etapa do processo.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRE. (2024). Panorama do Setor de Embalagens no Brasil.

ANDRADY, Anthony L.; NEWMAN, Stephen. *Plastics and the Environment*. John Wiley & Sons, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMBALAGEM. **Sustentabilidade e embalagem: guia de orientações**. São Paulo: ABRE, 2022.

BÜYÜKPEHLIVAN, Gülhan. **Corona Treatment And Its Importance In Flexo Printing**, Marmara University, Vocational School of Technical Sciences Audiovisual Techniques and Media Productions, Istanbul, Turkey, 2022.

CANEVAROLO JR., S. V. **Ciência dos Polímeros: Um texto básico para Tecnólogos e Engenheiros**. 2. ed. São Paulo: Artliber, 2006.

CANEVAROLO JR., Sebastião V. **Ciência dos polímeros: um texto básico para tecnólogos e engenheiros**. 4. ed. São Paulo: Artliber, 2019.

CHERUVATHUR, JOHN RIJOSH, 2009. **The Effect Of Bond Strength Of Flexible Laminates On Puncture Resistance**. Tese de Mestrado em Ciências das Embalagens. Universidade Clemson. 129pp.

CONCEIÇÃO, P. R. N. **Utilização De Análise Multivariada De Dados Na Otimização De Misturas De Minerais Industriais Para A Formulação De Tintas**. Tese (Doutorado em Engenharia Metalúrgica Extrativa e Tecnológica Mineral). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 147 f., 2006.

COSTA, M. **Controlo Da Qualidade Analítico De Embalagens Plásticas Flexíveis**. Tese de Doutorado—Guimarães: Universidade do Minho, 2014.

CRIPPA, Agnaldo. **Estudo Do Desempenho De Filmes Multicamadas Em Embalagens Termoformadas**. 2006. 151f. Dissertação (pós-graduação em engenharia e ciência dos materiais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

EXPROPERE. **Propriedades de polímeros e processos de extrusão**. São Paulo: [s.n.], 2004.

F.C. STEHLING AND P. MEKA. Heat sealing of semicrystalline polymer-films .2. **Effect Of Melting Distribution On Heat-Sealing Behavior Of Polyolefins**. Journal of Applied Polymer Science, 51(1):105–119, 1994.

FERRADOR, T. **A História Da Embalagem No Brasil**. In: assunta napolitano camilo (São Paulo). Instituto de Embalagens. Embalagens: design, materiais, processos, máquinas e sustentabilidade. São Paulo: Instituto de Embalagens, 2011. Cap. 1. p. 27-30.

FGV. (2024). Projeções Econômicas para o Brasil.

GARLAND, GREG. Julho de 2008. **The Film & Coating Connection**. Chevron Phillips Chemical Company LP. (versão PDF do documento descarregada em 29 de maio de 2013).

JOSIP MAURIC; R&D MANAGER. **Extrusion of blown film**. Acesso em: <<http://www.polyregion.org/files/attachments/13135/449165_02_Extrusion_of_tubular.pdf>> . 14 abr. 2023.

LIMA, Luiz. **Design De Embalagens Flexíveis Para Impressão Em Rotogravura**. UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Dissertação de Mestrado - Florianópolis 2004.

LINO, G. C. DE L.; LINO, T. H. DE L. **Estudo Comparativo De Embalagens Flexíveis Laminadas Versus Coextrusadas**. TCC—Londrina: Universidade Tecnológica Federal do Paraná UTFPR, 2015.

LUÍS, V. **Embalagens Flexíveis: Estudo Do Processo De Reticulação De Adesivos E Do Coeficiente De Atrito**. Instituto Superior De Engenharia Do Porto Mestrado Em Engenharia Química Ramo Otimização Energética Na Indústria Química, 2013.

MALVESSI, D. **Produção De Filmes Termoencolhíveis A Partir De Embalagens Multicamadas Recicladas De Polietileno E Poliamida**. 2023.66 - Universidade Federal de Santa Catarina Centro Tecnológico, de Ciências Exatas e Educação Coordenadoria Especial de Engenharia de Materiais curso de Engenharia de Materiais, Blumenau, 2023.

MANRICH, S. **Processamento De Termoplásticos: Rosca Única, Extrusão E Matrizes, Injeção E Molde**, 1. ed. - São Paulo: Artiliber Editora, 2013.

MATOS, D. **Estudo Da Adesão De Tintas Na Impressão Em Filmes Poliméricos**. Faculdade de Engenharia FUEP, setembro de 2013.

MOTA, L. **Controle De Qualidade De Embalagens Flexíveis Para Biscoitos**. Universidade Católica De Goiás Departamento De Matemática E Física Engenharia De Alimentos, Goiânia Goiás – Brasil Maio De 2004.

PAOLI, M. A. DE. **Degradação E Estabilização De Polímeros**. 2a ed. São Paulo: Chemkeys, 2008.

POLI INSTRUMENTOS, **Principais Polímeros Para Embalagens Plásticas Flexíveis**. Disponível em: <https://polinstrumentos.com.br/blog/principais-polimeros-para-embalagens-plasticas-flexiveis/> . Acesso em: 12 fevereiro 2026.

ROBERTSON, G. L. **Food Packaging: Principles And Practice**. New York: Marcel Dekker, 1993.

RUIZ, Francisco. **As Camadas E Os Benefícios Das Embalagens Flexíveis. Braskem**. Disponível em: <<https://www.braskem.com.br/technical-service/tsd-detalle-noticia/novo-grade-rf150ss-e-sua-importancia-na-selagem-das-embalagens-flexiveis-e-na-cadeia-de-sustentabilidade#:~:text=A%20ind%C3%BAstria%20de%20embalagens%20flex%C3%ADveis%20cresce%20a,%C3%A0%20reciclagem%2C%20sendo%20atualmente%20denominadas%20de%20solu%C3%A7%C3%B5es>>. Acessado: 14/01/2026.

SARANTÓPOULOS, C. I. L.; TEIXEIRA, F. G. **Embalagens Plásticas Flexíveis: Principais Polímeros E Avaliação De Propriedades**. 2. ed. Campinas: Cetea/Ital, 2017.

SARANTÓPOULOS, C. I. G. L. et al. **Embalagens Plásticas Flexíveis: Principais Polímeros e Avaliação de Propriedades**. 2. ed. Campinas: ITAL, 2017.

SARANTÓPOULOS, et al. **Embalagens Plásticas Flexíveis**, CETEA/ITAL, 2002, 267p

SARANTÓPOULOS, et al. **Embalagens Plásticas**, CETEA/ITAL, 1989, 44p.

TEIXEIRA, F. G. & ITO, D. **Embalagens Plásticas Flexíveis: Principais Polímeros E Avaliação De Propriedades: Tipos, Formatos E Terminologia**. 2. ed. Campinas: Cetea/ital, 2017. 16 p.

TORRENS, E. **Estudo Da Utilização De Tintas Flexográficas Aditivadas Com Cera De Polietileno Em Substratos Laminados**. Revista de Engenharia e Tecnologia ISSN 2176-7270. V. 14, No. 1, março/2022.

TRONCHIN, A. **Pontos Flexográficos, Ponto Mínimo E Novas Funções De 2022 Para Apoiar A Experiência Dos Profissionais No Mercado De Impressão Flexográfica E Embalagens**, Via Giorgione, 8 – 31056 Roncade (Tv) - Itália. 2022. Disponível em: <<https://www.flexo24.com/international/flexography-magazine/flexo-dots-hybrid-or-circular-flexo-24-is-the-answer.html>>. Acesso em: 13/01/2025.

TWEDE, D.; GODDARD, R. **Materiais Para Embalagens**. 2. ed. São Paulo: Editora Blucher, 2010. v. 3.

VERCELLINO, M. V. **Modelagem, Simulação E Otimização De Processo De Extrusão De Filmes Plásticos Tubulares**. TCC—Lorena: Universidade de São Paulo, 2014.

WITTMANN, M. L.; DA FONTOURA, F. B. B.; DA SILVA, L.C. A. & WITTMANN, Mariane B. **Estratégias E Práticas Socioambientais Em Processos Flexográficos**. Revista Eletrônica de Estratégia e Negócios, 2017, Vol.10(2), p.181(20).