

## **ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DE TINTAS FLEXOGRÁFICAS ADITIVADAS COM CERA DE POLIETILENO EM SUBSTRATOS LAMINADOS**

**Elaine Cristina Padilha Torrens<sup>1</sup>**

**Aline Resmini Melo<sup>2</sup>**

**Resumo:** As embalagens flexíveis são divididas em monocamadas e multicamadas, ambas se diferenciam pelo acréscimo de 1% a 5% de conversor externo usado na multicamada. O conversor usado nas tintas monocamadas é composto por cera de polietileno, com propriedades de embelezar a superfície, agregando valor a embalagem e protegendo contra ação do tempo e intempéries. Para isso este estudo teve o propósito de estudar o percentual da tinta monocamada misturada com a tinta para laminação a ser utilizada em embalagens multicamadas, a fim de reduzir e unificar as linhas e também reduzir o estoque das linhas monocamadas. Analisou-se a secagem e a viscosidade das tintas preto e magenta, posteriormente a impressão de quatro amostras aditivadas com percentuais distintos e após, foram realizados os testes de força de delaminação e o COF das amostras. Contudo, concluiu-se que as tintas 100% aditivadas com conversor externo monocamadas, onde, os substratos forem de PE, podem ser usados em embalagens multicamadas, conforme os dados apresentados nos testes.

**Palavras-Chave:** Embalagens flexíveis. Embalagens monocamadas. Embalagens multicamadas. Tintas. Conversor externo.

### **1 INTRODUÇÃO**

A composição estrutural das embalagens flexíveis em processos flexográficos são divididos em filmes monocamadas, produzidos a partir do processo de extrusão de uma ou mais matrizes poliméricas compatíveis, originando um único filme com características e propriedades únicas. E em filmes flexíveis multicamadas, onde há a combinação de diferentes substratos, na extrusão, revestimento e/ou laminação.

As tintas utilizadas no processo de impressão são compostas de resinas, pigmentos, solventes e aditivos. São formuladas para processos de impressão individuais, de acordo com o tratamento do substrato. Oferecem resistência físico-

---

<sup>1</sup> Graduanda em Engenharia Química. Ano 2021-2. E-mail: elaine.ctorrens@gmail.com

<sup>2</sup> Professora Doutora do Centro Universitário UniSATC. E-mail: aline.melo@satc.edu.br

química e quando submetido a um processo de cura, forma uma fina película, aderindo ao substrato (ANGHINETTI, 2012; FAZENDA, 2009).

Normalmente, as tintas utilizadas em ambas as estruturas (monocamadas e multicamadas) detêm composições similares, diferenciando-se no acréscimo (1% a 5%) de aditivos denominados ceras, a fim de reduzir o efeito *blocking*, promover deslizamento do substrato e repelência a água em embalagens monocamadas (SCARPETA, 2007).

Os aditivos são adicionados em pequenas quantidades e têm como função melhorar as características físico-químicas das tintas de impressão. No caso das tintas aplicadas em estruturas monocamadas, a função da cera de polietileno é melhorar a resistência a abrasão. Por outro lado, o excesso desta cera reduz o brilho e causa problemas de aderência ao filme impresso, não recomendada a utilização em estruturas que serão laminadas (SCARPETA, 2007). A inviabilidade do uso de tintas aditivadas para estruturas multicamadas se torna passível de estudo, sendo fundamental e relevante para a diminuição de estoque de tinta parada e unificação do processo.

Neste contexto, este trabalho analisará diferentes porcentagens de tintas aditivadas com cera de polietileno, verificando os limites aceitáveis da utilização de uma tinta para impressão monocamada, na composição de uma tinta para laminação, através da metodologia do ensaio força de laminação. O processo de laminação é um aliado no sucesso do projeto da embalagem multicamada, visto que os problemas associados à laminação dificilmente são percebidos durante a impressão. Devido a isso, a análise crítica será relevante no desenvolvimento da embalagem e andamento do projeto.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Nesta seção será apresentada a fundamentação teórica que sustenta o tema de estudo.

### **2.1 EMBALAGENS FLEXÍVEIS**

As embalagens flexíveis surgiram a partir de uma estratégia de marketing, usada para proteger e diferenciar o produto de cada fabricante e marca, agregando

valor ao produto final nas prateleiras dos postos de vendas (FERIAN; CURSINO; MAZZEO, 2004), conforme mostrado na Fig. 1.

Figura 1: Embalagens Flexíveis.



Fonte: Camilo et al. (2016, p. 22)

Segundo Garcia, Sarantopoulos e Coltro (2017), os materiais flexíveis destacam-se pela flexibilidade que oferecem, de acordo com o número de camadas que compõem a estrutura monocamada e multicamadas e pelo tipo de material usado.

Uma das vantagens das embalagens flexíveis é que em estruturas multicamadas é possível combinar o tipo de material em cada camada, levando em consideração a estrutura química e molecular, o tipo de resina utilizada, bem como o processo de obtenção do filme por extrusão e o tipo de laminação, atendendo aos requisitos econômicos e ambientais (MIRANDA, 2011).

No processo de fabricação de uma embalagem plástica, algumas variáveis devem ser levadas em conta, como a permeabilidade a gases e aromas, temperatura de processamento e acondicionamento do produto, temperatura de estocagem, custo das matérias-primas, custo de processamento, propriedades mecânicas, características físico-químicas e estabilidade dimensional (GARCIA; SARANTOPOULOS; COLTRO, 2017).

Os filmes monocamadas são fabricados pelo processo de extrusão de um ou dois materiais plásticos compatíveis. E em multicamadas, há a combinação de diferentes substratos, obtidos pelos processos de laminação, coextrusão e revestimento (GARCIA; SARANTOPOULOS; COLTRO, 2017).

Os polímeros mais utilizados na produção de filmes para impressão nas

indústrias, são o polietileno (PE) e polipropileno (PP), por possuir estrutura mais simples, variando os formatos, espessura e tamanhos das embalagens (FERRADOR, 2011). O termo embalagem flexível é usado em filmes com espessuras inferiores a 250  $\mu\text{m}$  (TEIXEIRA; ITO, 2017).

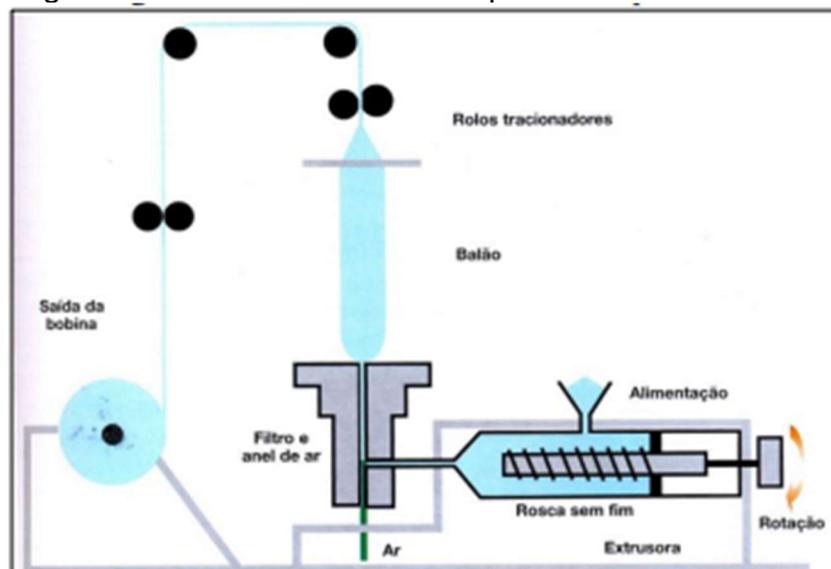
### 2.1.1 Embalagem coextrusada

Coextrusão é o processo onde dois ou mais polímeros são fundidos formando um único filme. Trata-se de filmes com propriedades de barreira ao oxigênio e contém resinas de poliamidas revestidas com polietileno (CRIPPA, 2006).

No processamento de filmes multicamadas, podem ocorrer defeitos, provenientes de irregularidades em uma ou mais camadas específicas. Para que tal fato não ocorra, torna-se necessário combinar a viscosidade entre a resina adesiva e as outras resinas presentes nos filmes multicamadas, garantindo a colagem das multicamadas e evitando a delaminação (CRIPPA, 2006).

Na extrusão, a resina é introduzida em um cilindro aquecido, onde o material é amolecido e forçado a entrar por um molde, e quando soprados, inflam em um balão até atingir diâmetro maior (CRIPPA, 2006), conforme mostrado na Fig. 2.

Figura 2: Processo de extrusão tipo balão.



Fonte: Piva (2014, p. 30)

Nos filmes multicamadas é realizada a extrusão coex, utilizando mais de uma rosca para a extrusão, obtendo filmes com várias camadas e propriedades

distintas como brilho, transparência, aspecto visual e conferindo boas propriedades mecânicas aos filmes e as camadas de barreira, com a função de reduzir a permeabilidade do filme a umidade, oxigênio, gás carbônico e outros gases (FONSECA, 2014).

### **2.1.2 Embalagens laminadas**

Um dos processos mais utilizados para conversão em embalagens flexíveis é a laminação, que consiste em utilizar mais de um substrato, proporcionando características como acondicionamento e proteção, além de contribuir com as propriedades estéticas, aumentando propriedades de barreira, protegendo a impressão e facilitando o envase (SILVEIRA, 2015).

Na laminação um dos fatores que influenciam o sucesso da embalagem é a quantidade de adesivo aplicada, pois isso irá garantir uma melhor adesão no filme laminado. A gramatura do adesivo abaixo do recomendado pode causar delaminação, assim como o espelhamento inadequado do impresso. Já se estiver acima, vai impactar o tempo de cura, causando alterações no coeficiente de atrito e defeitos estéticos na embalagem (SILVEIRA, 2015). O adesivo é utilizado para unir as camadas dos substratos e podem ser utilizados na extrusão ou laminação (CRIPPA, 2006).

Nos filmes multicamadas, os adesivos são produzidos com polímeros diferentes, necessitam de uma boa adesão entre as camadas para garantir uma excelente propriedade de barreira e mecânica. São constituídos de polímeros compatíveis e com camadas à base de anidrido maleico. Em alguns processos torna-se necessário incorporar mais uma camada de adesivo na estrutura para evitar incompatibilidade entre as camadas (CRIPPA, 2006).

Segundo Cripa (2006), os adesivos para o processo de laminação devem ser líquidos e capazes de melhorar a superfície do substrato. Os substratos mais utilizados na laminação é o polietileno (PE) e o polipropileno (PP) por possuírem estruturas mais fáceis de trabalhar (FERRADOR, 2011). Já os adesivos se destacam pela forma como solidificam, dentre as características dos processos destaca-se a fusão a quente, selagem a frio, base solvente e base água (CRIPA, 2006).

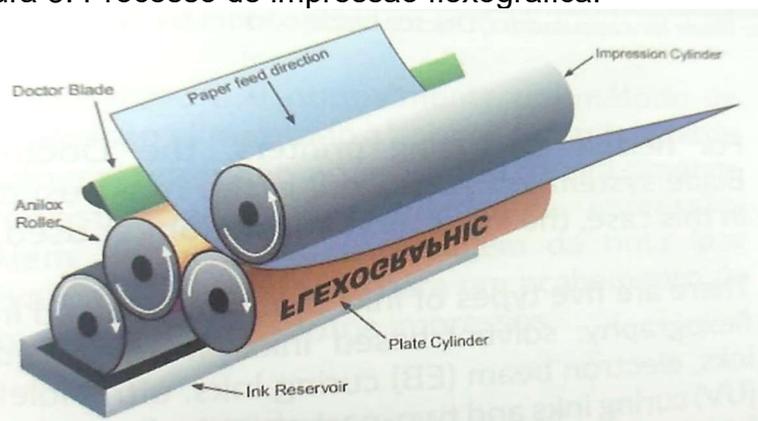
### 2.1.3 Impressão flexográfica

O processo de impressão flexográfica, denominado flexografia, é um método de impressão direta, que utiliza clichê emborrachado ou foto polímero em relevo, conforme mostrado na Fig. 3.

A impressão é realizada diretamente sobre o suporte, utilizando tintas fluídas, voláteis e de secagem rápida. Possibilita a impressão em diversos tipos de substratos, como PE, PP, BOPP (polipropileno biorientado), PET (polietileno tereftalato), entre outros (WITTMAN et al., 2017).

Uma das vantagens da flexografia é a capacidade de imprimir sobre diversos tipos de substratos e de variar o formato, aproveitando melhor a área de impressão no substrato (SCARPETA, 2007).

Figura 3: Processo de impressão flexográfica.



Fonte: Camilo et al. (2016, p. 219)

Segundo Wittman et al. (2017), os elementos que serão impressos ficam em relevo na matriz e recebem a tinta, que então é sobreposta no suporte que leva o filme polimérico a partir da pressão aplicada. A flexografia trata-se de um ramo inovador da indústria de impressão, devido à facilidade, baixo custo e flexibilidade na produção de embalagens flexíveis.

### 2.2 TINTA

A tinta é uma mistura de resina, pigmentos, aditivos, água ou solventes, onde as partículas se distribuem no componente volátil. Quando aplicada ao substrato, o componente volátil evapora formando um filme sólido, com o objetivo de proteger e embelezar a superfície aplicada (ANGHINETTI, 2012; FAZENDA, 2009).

Na composição da tinta, a resina é responsável por aglomerar as partículas de pigmento e o solvente possui a função de diluir a resina, interferindo na viscosidade. Os pigmentos possuem a função de dar cor e opacidade, já os aditivos proporcionam características específicas ao produto desejado (ADAMI, 2002; ANGHINETTI, 2012; FAZENDA, 2009).

Na formulação das tintas para impressão, são adicionados alguns aditivos com ceras de polietileno e resinas poliuretânicas e nitrocelulósicas para proporcionar maior deslizamento no impresso (SCARPETA, 2007).

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 secativa pode acarretar problemas de impressão. O ideal é que a secagem esteja entre 25 e 35 segundos.

### **2.2.1 Aditivos**

Segundo Scarpeta (2007), os aditivos são adicionados em pequenas concentrações para complementar a tinta. No processo de formulação das tintas, o limite permitido de aditivos é de 5% da composição. Alguns fabricantes permitem o uso de até 6% de aditivos complementares no volume da tinta (CYAN, 2015).

Os principais aditivos utilizados nas tintas flexográficas são: ceras que reduzem o efeito *blocking*, os promotores de adesão, que aumentam a resistência térmica da tinta; há ainda antiespumantes, aglutinantes e outros (SCARPETA, 2007).

De acordo com Cyan (2015), o conversor com cera de polietileno é utilizado em tintas para a impressão em substratos monocamadas. É um produto indicado para converter a tinta de laminação em tinta monocamada. Possui propriedades de promover a resistência a abrasão, reduzir o Coeficiente de Fricção (COF) e o brilho da embalagem. O complemento conversor possui indicação de uso de 4 a 6% referente a massa de tinta.

O percentual de conversor com cera de polietileno indicado pelo fabricante deve ser seguido, pois na impressão de filmes multicamadas, podem ocorrer defeitos,

provenientes de irregularidades em uma ou mais camadas específicas (CYAN, 2015). Para que tal fato não ocorra, torna-se necessário combinar a estrutura do substrato que será utilizada na impressão e laminação (CRIPPA, 2006). Um dos polímeros mais utilizados na produção de filmes para impressão nas indústrias, são o PE e o PP, por possuir estrutura mais simples, variando os formatos, espessuras e tamanhos das embalagens (FERRADOR, 2011).

### 2.3 POLIETILENO

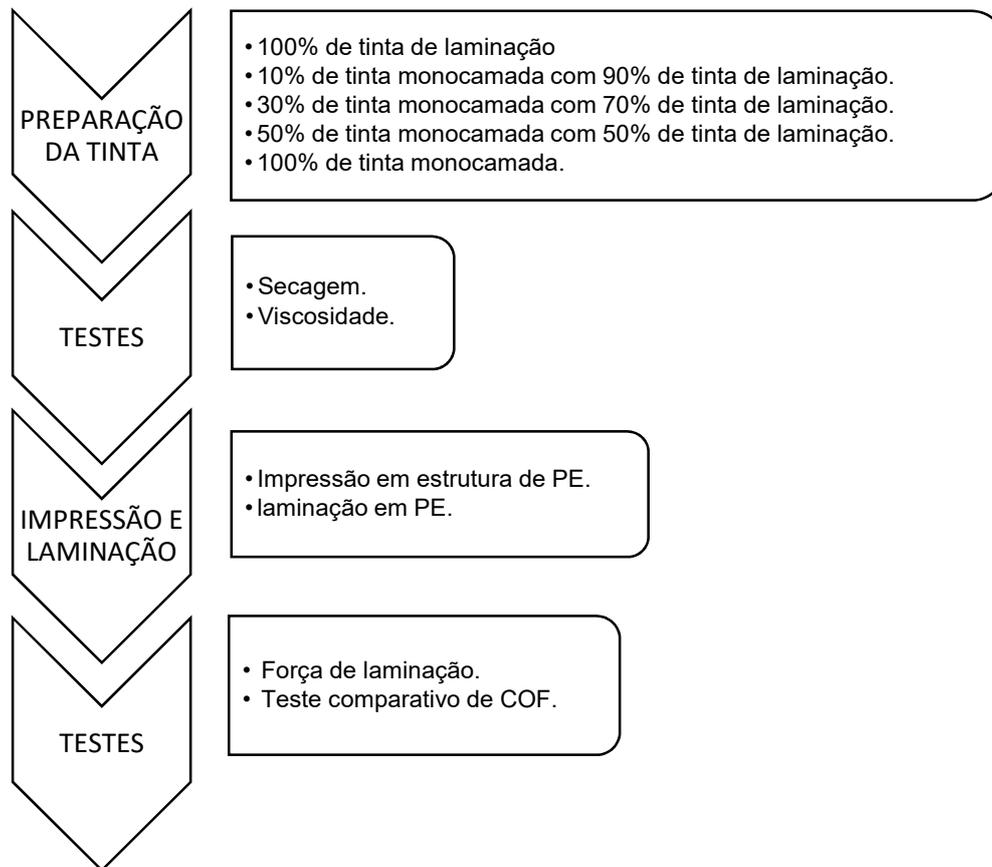
Devido ao processo de polimerização, densidade, entre outros fatores, as resinas de PE possuem características fundamentais, capazes de serem utilizadas em muitas aplicações. Apresentam estruturas simples, baixo custo, cristalino, boas propriedades físico-químicas e extrema flexibilidade (PIVA, 2014).

Existe uma infinidade de variações de PE, o mais utilizado em embalagens flexíveis é o polietileno de baixa densidades (PEBD), com características de baixa condutividade elétrica e térmica, é atóxico, resistente contra ação de substâncias químicas e boa propriedade mecânica. O polietileno linear de baixa densidade (PEBDL), se difere por ser mais opaco, ter processabilidade mais difícil e ser mais resistente mecanicamente. Tem-se também o polietileno de alta densidade (PEAD), possui uma maior densidade e por consequência disso é um material mais opaco, possui alta cristalinidade, melhores propriedades mecânicas, sendo mais resistente e de fácil processamento (MUSSAK, 2016).

## 3 PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS / METODOLOGIA

O trabalho foi realizado na Empresa Canguru Plásticos Ltda e seguiu as etapas descritas no fluxograma representado na Fig. 4.

Figura 4: Fluxograma das etapas do desenvolvimento do projeto.



Fonte: Do autor (2021)

### 3.1 PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS DE TINTAS

Foram preparadas cinco amostras de tintas, cada amostra contendo porcentagens distintas de tinta monocamadas que foram misturadas com um percentual de tinta para alta laminação, conforme mostrado a seguir:

- Amostra 0: 100% de tinta laminação;
- Amostra 1: 10% de tinta monocamada com 90% de tinta laminação;
- Amostra 2: 30% de tinta monocamada com 70% de tinta laminação;
- Amostra 3: 50% de tinta monocamada com 50% de tinta laminação;
- Amostra 4: 100% de tinta monocamada.

### 3.2 TESTE DE SECAGEM DA TINTA

O teste de secagem consiste em determinar o tempo de secagem da tinta, e foi feito em placa de vidro com espessura de 4 mm, um extensor de 40 microns e cronômetro, conforme Fig. 5.

Figura 5: Equipamentos para teste de secagem.



Fonte: Do autor (2021)

### 3.3 TESTE DE VISCOSIDADE DA TINTA

O ensaio de viscosidade foi realizado em um viscosímetro do tipo *Stormer* e cronômetro, conforme mostrado na Fig. 6.

Figura 6: Equipamentos para verificar a viscosidade.



Fonte: Do autor (2021)

### 3.4 IMPRESSÃO

A impressão foi realizada em substrato de PE com uma impressora industrial, utilizando as três amostras de tintas previamente preparadas e verificadas a viscosidade e secagem.

### 3.5 LAMINAÇÃO

O filme impresso na estrutura de PE passou pela laminação, onde foi utilizado adesivo à base de anidrido maleico e catalisador poliuretano, a fim de unir as camadas, resultando na boa adesão, com excelentes propriedades de barreira e mecânica.

### 3.6 TESTE DE FORÇA DE DELAMINAÇÃO

O teste de força de laminação é uma força utilizada para separar duas estruturas laminadas e segue a norma ASTM D 1876. Coloca-se no equipamento EMIC DL- 300000, uma amostra em garras de tração opostas, separando-se as garras na taxa constante de velocidade especificada até o material ser descascado, relatando a força máxima e a força média por unidade de largura da amostra, como mostrado na Fig. 7.

Figura 7: Teste de força de laminação.



Fonte: Do autor (2021)

### 3.7 TESTE DE COEFICIENTE DE FRICÇÃO (COF)

Os testes de COF foram realizados de acordo com a norma ASTM D 1894, utilizando um equipamento DSM COF-3 a uma velocidade de 150 mm/minuto e com um “carrinho” de 200g.

Corta-se três pedaços de cada amostra, corta-se também três corpos de prova. Fixa-se o pedaço de filme no aparelho de COF e o corpo de prova no móvel do aparelho, cobrindo a borracha. Encaixa-se o cordão no filme móvel, zera-se o equipamento, e aciona-se o aparelho até o móvel percorrer aproximadamente 1/3 da mesa. Acompanha-se a variação mostrada pelo display, conforme Fig. 8.

Figura 8: Teste de COF.



Fonte: Do autor (2021)

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS DE TINTAS

Pegou-se duas latas de tintas de laminação e uma lata de conversor externo, dispersou-se até a completa homogeneização. Identificou-se as tintas como magenta (MG) e preto (PT), conforme as Fig. 9 e Fig. 10.

Figura 9: Preta.



Fonte: Do autor (2021)

Figura 10: Magenta.

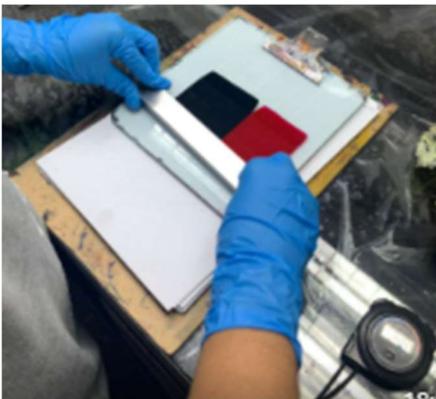


Fonte: Do autor (2021)

#### 4.2 TESTE DE SECAGEM E VISCOSIDADE DAS AMOSTRAS

Inicialmente verificou-se a secagem e a viscosidade das amostras, conforme as Fig. 11 e Fig. 12.

Figura 11: Teste de secagem.



Fonte: Do autor (2021)

Figura 12: Teste de viscosidade.



Fonte: Do autor (2021)

Antes de realizar a secagem e determinar a viscosidade, verificou-se a temperatura do ambiente de 22 °C e a umidade de 66%, pois são fatores que interferem diretamente na secagem, viscosidade das tintas e na qualidade da impressão. O ideal é que a secagem seja feita em temperatura ambiente de 25 °C, sem ventilação e com pouca umidade, para que esses parâmetros de temperatura e umidade não interfiram nos testes, fazendo com que as tintas sequem rápido ou muito lentamente. Após, obteve-se os valores encontrados na Tab. 1.

Tabela 1: Secagem e viscosidade.

|             | <b>PT</b> | <b>MG</b> |
|-------------|-----------|-----------|
| Secagem     | 3,2 s     | 35 s      |
| Viscosidade | 6,5 s     | 25 s      |

Fonte: Do autor (2021)

A secagem e a viscosidade são parâmetros que devem ser monitorados quando o foco for a qualidade da impressão. Mas nesse caso o objetivo do projeto era verificar a aditivação das tintas com a cera de polietileno na laminação.

### 4.3 IMPRESSÃO

A impressão foi realizada na impressora de 8 cores, da marca FISCHER & KRECKE FP-S, com uma velocidade de  $80 \text{ m min}^{-1}$ , temperatura ambiente de  $35^\circ\text{C}$  e umidade de 36%. Usou-se apenas duas bombas (Bomba 2: MG com anilóx 520/1 e Bomba 3: PT com anilóx 180 (M3)).

A primeira puxada na máquina foi realizada com a amostra 0 das tintas preto e magenta, e acrescentou-se 1kg de retardador no MG, com a finalidade de retardar a tinta e melhorar a qualidade da impressão, conforme Fig. 13 e Fig.14.

Figura 13: Impressão com falhas no MG.



Fonte: Do autor (2021)

Figura 14: Após adicionar retardador.



Fonte: Do autor (2021)

Pesou-se as duas latas de tintas e calculou-se a quantidade de cera a ser adicionada em cada amostra de acordo com a impressão e consumo das latas,

conforme mostrado na Tab. 2.

Tabela 2: Aditivação das amostras.

| Amostras                  | Tinta (kg) |      | Cera (kg) |       |
|---------------------------|------------|------|-----------|-------|
|                           | MG         | PT   | MG        | PT    |
| 0                         | 17         | 17   | 0         | 0     |
| 1                         | 16,6       | 16,2 | 0,083     | 0,081 |
| 2                         | 16,2       | 15,8 | 0,162     | 0,158 |
| 3                         | 15,5       | 16,1 | 0,155     | 0,161 |
| 4                         | 15,2       | 15,2 | 0,380     | 0,380 |
| Total de cera no processo |            |      | 0,780     | 0,780 |

Fonte: Do autor (2021)

O primeiro teste foi realizado com as tintas PT e MG 100% de laminação, com o objetivo de ter uma amostra sem aditivos, para posteriormente fazer um comparativo de testes de COF das amostras após a laminação.

Na amostra 1, foram adicionados 10% de cera em ambas as cores, conforme o consumo após o teste inicial. Adicionou-se 1kg de aditivo retardador no MG, pois a tonalidade estava fraca, o fato de ter usado um anilóx com numeração maior (520/1), faz com que os micros poros utilizem uma menor quantidade de tinta e conseqüentemente uma menor quantidade de cera, influenciando na transferência da tinta para o substrato, justificando a tonalidade antes do uso do retardador. Na impressão com a tinta PT, não foi necessário usar aditivo retardador, pois o anilóx com numeração 180 carrega uma grande quantidade de tinta, fazendo com que a tonalidade fique forte na impressão.

Após a impressão com as tintas aditivadas da amostra 1, foram pesadas as latas das tintas PT e MG, e adicionou-se 15% de cera na amostra 2; na amostra 3, foram adicionados 50% de cera. E no último teste, 100% das tintas foram convertidas para tintas monocamadas, com conversor externo e finalizou-se a impressão no filme de polietileno.

#### 4.4 LAMINAÇÃO

Após realizar a impressão, a bobina precisou passar por um período de cura e descanso de 24 h antes de realizar a laminação. A laminação foi realizada em

condições normais do processo, utilizando filme transparente, com lâmina 2 e gramatura do adesivo de  $2,95 \text{ g.ms m}^{-2}$ . Com adesivo SF 5400 à base de anidrido maleico e catalisador CA 5544 de poliuretano.

#### 4.5 TESTE DE FORÇA DE DELAMINAÇÃO

Conforme Fig. 15, cortou-se uma amostra de cada corpo de prova (CP) e imergiu-se a ponta de cada CP no acetato de etila, com o objetivo de soltar a ponta laminada e inseriu-se no dinamômetro. Na Tab. 3 estão identificados a força de delaminação de cada corpo de prova, obtidos pelo aparelho dinamômetro.

Figura 15: Corpos de provas.



Fonte: Do autor (2021)

Tabela 3: Força de Delaminação.

| Amostras | Corpo de Prova | Força Máxima (gf) | Força Mínima (gf) | Força Média (gf) |
|----------|----------------|-------------------|-------------------|------------------|
| 0        | CP 1*          | 760               | 657               | 712              |
|          | CP 2*          | 1047              | 828               | 940              |
| 1        | CP 1           | 1482              | 1032              | 1363             |
|          | CP 2           | 1053              | 722               | 923              |
| 2        | CP 1           | 485               | 431               | 455              |
|          | CP 2           | 1044              | 725               | 874              |
| 3        | CP 1           | 663               | 589               | 625              |
|          | CP 2           | 1248              | 1132              | 1197             |
| 4        | CP 1           | 793               | 627               | 745              |
|          | CP 2           | 1195              | 951               | 1109             |

CP 1\* Magenta CP 2\* Preto

Fonte: Do autor (2021)

A força de delaminação é a força ao qual um corpo de prova sofre até a sua ruptura total. O dinamômetro determinou a força mínima, que é quando o CP começa a ser testado, a força máxima e a média das duas forças. O teste foi comparado com os valores de referência de um cliente de razão da Empresa, onde a força de delaminação tem que ser maior que 150 gf. De acordo com os dados da Tab. 3, percebeu-se que na amostra 0, onde as tintas PT e MG eram 100% tintas de laminação os valores foram maiores que o limite estabelecido para aprovação do teste.

Na amostra 2, os valores de força foram mais baixos quando comparados com as outras amostras, acredita-se que foi uma variação do equipamento utilizado, mas ainda assim, os valores estão dentro do padrão.

Nas amostras 1 e 3, as forças de delaminação foram satisfatórias. E na amostra 4, por se tratar de tintas 100% monocamadas, o esperado era que houvesse um valor mais baixo nas forças, causando assim a delaminação, devido ao uso da cera, pois não é indicada em estruturas que serão laminadas. Observou-se, que o uso da cera de polietileno não interferiu na força de delaminação em nenhuma das amostras, podendo ser usada em substratos de polietileno laminados, dependendo apenas dos valores de COF.

#### 4.6 TESTE DE COEFICIENTE DE FRICÇÃO (COF)

Cortou-se corpos de provas de cada amostra e inseriu-se no aparelho, para obter os valores de COF interno e externo, conforme a Tab. 4.

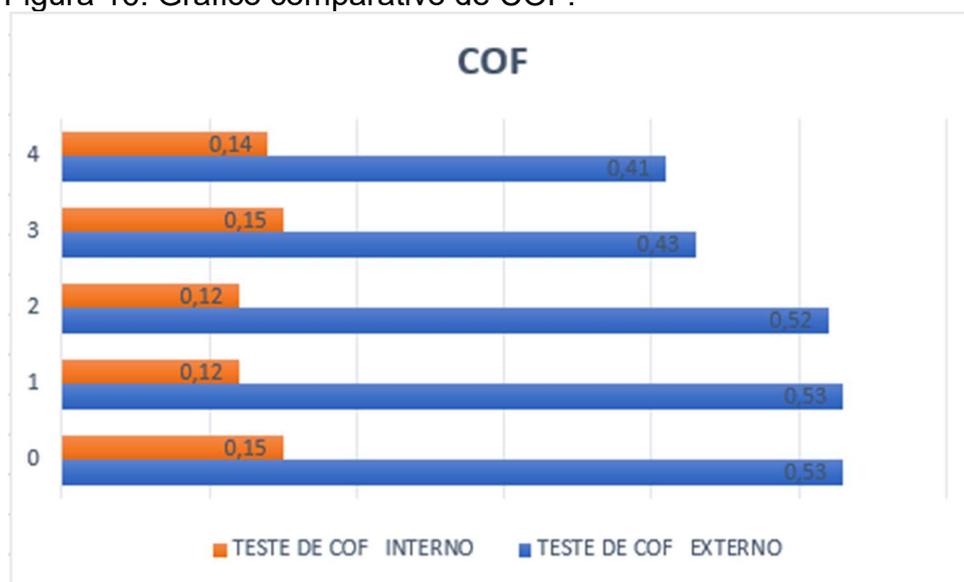
Tabela 4: Valores de COF.

| <b>Amostras</b> | <b>Externo</b> | <b>Interno</b> |
|-----------------|----------------|----------------|
| 0               | 0,53           | 0,15           |
| 1               | 0,53           | 0,12           |
| 2               | 0,52           | 0,12           |
| 3               | 0,43           | 0,15           |
| 4               | 0,41           | 0,14           |

Fonte: Do autor (2021)

Após obter os valores de COF, plotou-se um gráfico, conforme a Fig. 16, comparando os valores entre COF interno e COF externo.

Figura 16: Gráfico comparativo de COF.



Fonte: Do autor (2021)

Os valores de COF foram comparados com um cliente de ração animal, onde os valores de COF variam entre externo mínimo de 0,25, interno máximo de 0,40 e interno mínimo de 0,10. Não existem valores estabelecidos de COF externo máximo. Nas embalagens flexíveis é importante que os valores estejam dentro dos limites estabelecidos pelo cliente, pois a embalagem necessita de um bom deslizamento nas partes metálicas do equipamento de envase.

De acordo com a Fig. 16, na amostra 0, onde as tintas não foram aditivadas os valores de COF estavam dentro do padrão estabelecido. Nas amostras 1 e 2, as tintas já possuíam um percentual de aditivação, ao qual fez o COF interno baixar para 0,12, ficando ainda dentro dos limites.

Nas amostras 3 e 4, as tintas já possuíam um valor significativo de aditivo contendo cera de polietileno, com um percentual de 50% e 100%, a tendência era que os valores de COF saíssem fora dos limites aceitáveis pelo cliente. Se comparadas as amostras 0 e 4, os valores são bastantes significativos, tanto para COF interno, quanto externo. Mas ainda assim, não ultrapassaram os valores de referência do cliente de ração animal. Todas as amostras de 0 a 4 estão dentro dos limites de COF.

## 5 CONCLUSÕES

A aditivação das tintas foi feita com conversor externo, onde usou-se no último teste 5% de conversor de acordo com a massa e volume das tintas. De acordo

com o fabricante, o seu uso não é indicado em estruturas que serão laminadas. Contudo, com o presente trabalho, foi possível observar que tintas 100% aditivadas com conversor externo, podem ser utilizadas em tintas para impressão em embalagens que serão laminadas. E em condições em que a estrutura do filme for PE + PE, com catalisador poliuretano e adesivo compatível, o percentual máximo de cera não vai interferir na força de delaminação, podendo ser usado nessas estruturas.

A bobina usada na impressão era de polietileno, onde passou por tratamento corona, com a finalidade de garantir a aderência das tintas no filme no momento da impressão. A mesma, apresentava algumas manchas e falhas, não afetando no resultado dos testes, cujo objetivo era verificar a impressão em estruturas laminadas, utilizando tintas com aditivação de cera de PE para unificar as linhas, sendo também possível a redução do estoque de tintas monocamadas através da metodologia.

Como sugestão de trabalhos futuros, deve-se testar a metodologia em outras estruturas complexas e em grande quantidade.

## REFERÊNCIAS

ADAMI, Vivian Sebben. **Estudo da variabilidade da viscosidade na produção de lotes de tintas: um projeto seis sigma**. 2002. 147f. TCC (Trabalho de Conclusão do Curso de Mestrado em Engenharia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em: < <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/1976> >. Acesso em: 09 abr. 2021.

ANGHINETTI, Izabel Cristina Barbosa. **Tintas, suas propriedades e aplicações imobiliárias**. 2012. 65f. Monografia – Curso de Especialização em Construção Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/1843/BUOS-9AHFRU>>. Acesso em: 09 abr. 2021.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D 1876: **Standart Test Method for Peel Resistance of Adhesives (T-Peel Test)**. American Society for Testing and Materials, 2001. Disponível em: < [https://infostore.saiglobal.com/en-us/standards/astm-d-1876-2001-141697\\_saig\\_astm\\_astm\\_310350/](https://infostore.saiglobal.com/en-us/standards/astm-d-1876-2001-141697_saig_astm_astm_310350/) > Acesso em: 20 jun. 2021.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D 1894: **Standart Test Method for Static and Kinetic Coefficients of Friction of Plastic Film and Sheeting**. American Society for Testing and Materials, 2014. Disponível em:

<[https://infostore.saiglobal.com/en-us/standards/astm-d-1894-2014-141723\\_saig\\_astm\\_astm\\_310446/](https://infostore.saiglobal.com/en-us/standards/astm-d-1894-2014-141723_saig_astm_astm_310446/)>. Acesso em: 20 jun. 2021.

CAMILO, Assunta Napolitano; DE PAULA, Antônio Andrade; MARCONDES, Claudio. **Embalagens Flexíveis/ Flexible Packaging**. Barueri, SP: Instituto de Embalagens, 368 pg., 2016.

CONCEIÇÃO, Paulo Ricardo Nunes. **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. Disponível em:  
<<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/10427/000598011.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 29 abr. 2021.

CRIPPA, Agnaldo. **Estudo Do Desempenho De Filmes Multicamadas Em Embalagens Termoformadas**. 2006. 151f. Dissertação Mestrado em Engenharia e Ciência dos Materiais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006. Disponível em:  
<<https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/8810/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20Mestrado%20-%20Agnaldo%20Crippa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 10 abr. 2021

CYAN Química Ltda. **Ficha Técnica- Complemento Conversor Externo**. 03 mar. 2015. Disponível em: <<https://cyantintas.com.br//upload/produtos/Complemento-Conversor-Externo.pdf>>. Acesso em: 28 mar. 2021

FAZENDA, Jorge M R. **Tintas: ciência e tecnologia**. 4. Ed rev. e ampl. São Paulo: Editora Blücher, 2009. 1146 p.

FERIAN, Jessica Marques; CURSINO, Pedro Ernesto de Souza; MAZZEO, Taciane Tereza de Bragança. **Criação e Desenvolvimento de Embalagens Sundown**. 2004. 123 f. TCC (Graduação) - Curso de Publicidade e Propaganda, Universidade do Vale do Paraíba, São José dos Campos, 2004. Disponível em: <<http://biblioteca.univap.br/dados/00002e/00002e48.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2021.

FERRADOR, Tatiana. 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.

FONSECA, Roberta Vergara da. **Avaliação de filmes coextrusados de pet/pebd e pet/evoh/pebd usados em embalagens para alimentos**. 2014. 86 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência dos Materiais) - Federal do Paraná, Curitiba, 2014. Disponível em:  
<<https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/59441/R%20-%20D%20-%20ROBERTA%20VERGARA%20DA%20FONSECA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 11 abr. 2021.

GARCIA, Eloísa Elena Corrêa; SARANTOPOULOS, Claire Isabel Grigoli de Luca; COLTRO, Leda. **Embalagens plásticas flexíveis: principais polímeros e avaliação de propriedades**: materiais plásticos para embalagens flexíveis. 2. ed. Campinas: Cetea/ital, 2017. 48 p.

MIRANDA, Olinda. Embalagem flexíveis. In: ASSUNTA NAPOLITANO CAMILO (São Paulo). Instituto de Embalagens. **Embalagens: design, materiais, processos, máquinas e sustentabilidade**. São Paulo: Instituto de Embalagens, 2011. Cap. 20. p. 157-163.

MUSSAK, Juliane. **Avaliação do consumo de pigmentos em diferentes percentuais de TiO<sub>2</sub> no processo de extrusão como resultado na opacidade final de filmes plásticos blow destinado a embalagens flexíveis**. 2016. 36 p. Monografia (Pós-Graduação em Engenharia de Produção), Associação Beneficente da Indústria Carbonífera de Santa Catarina - Satc, Criciúma, 2016.

PIVA, Alex Cardoso. **Caracterização de aditivos em filmes flexíveis de polietileno**. 2014. 73 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) - Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2014. Disponível em: < <http://repositorio.unesc.net/bitstream/1/3464/1/Alex%20Cardoso%20Piva.pdf> > Acesso em: 18 abr. 2021.

SCARPETA, Eudes. **Flexografia: Manual Prático**. 1ª ed. São Paulo: Bloco de comunicação, 2007.

SILVEIRA, Fabiana. AB Flexo – Associação Brasileira de Técnica de Flexografia. **Laminação: agregando valor à embalagem**, 2015. Disponível em <<http://abflexo.org.br/artigo-tecnico/laminacao-agregando-valor-a-embalagem>>. Acesso em: 10 abr. 2021.

TEIXEIRA, Fábio Gomes; ITO, Danielle. **Embalagens plásticas flexíveis: principais polímeros e avaliação de propriedades**: tipos, formatos e terminologia. 2. ed. Campinas: Cetea/ital, 2017. 16 p.

WITTMANN, Milton L.; DA FONTOURA, Fernando B. B.; DA SILVA, Luis 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). Disponível em: < <http://www.portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/EeN/article/view/5126> >. Acesso em: 11 abr. 2021.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Empresa Canguru Embalagens Ltda. e sua equipe de laboratório pela oportunidade do projeto e suporte na execução do projeto e pelas informações agregadas ao trabalho e a minha orientadora Aline por todo conhecimento e ajuda na elaboração do projeto.