



ANÁLISE DE VIABILIDADE NA SUBSTITUIÇÃO DAS RESINAS POLIAMIDA E MALEICA POR POLIURETANA EM TINTAS DA LINHA GELO NA FLEXOGRAFIA

Luiz Henrique da Silva Recco¹

Carolina Resmini Melo Marques²

Resumo: A tinta flexográfica é composta por imagens com múltiplas cores, impressas com o objetivo de embelezar e dar resistência ao substrato onde é impressa como, por exemplo, embalagens de iogurte, ração animal e produtos de limpeza. As tintas são estruturadas principalmente por resinas, pigmentos e solventes, sendo necessária a adição de aditivos para atender uma resistência físico-química específica da linha, como por exemplo na linha gelo, a resistência a gordura e umidade. Tendo em vista que as resinas poliamida e fumárica são utilizadas para a produção desta, e por serem mais caras que outras resinas, o presente trabalho visa a possibilidade da substituição dessas pela resina poliuretana, visando manter a resistência físico-química da linha gelo, além da diminuição de custo de produção. Para isso, utilizou-se um plano estratégico para o desenvolvimento de uma nova formulação, verificando a influência de cada componente químico na propriedade da tinta. Os resultados do trabalho apontam que a substituição das resinas fumárica e poliamida pela poliuretana mostra-se uma alternativa eficaz para redução do custo de produção das tintas da linha gelo, além de manter a resistência a gordura e umidade. Propriedades primárias como secagem, viscosidade, brilho, cobertura e fricção não foram comprometidas com as alterações necessárias nas formulações, o que veio a confirmar a qualidade da tinta desenvolvida neste estudo.

Palavras-Chave: Resinas. Poliuretano. Tinta Flexográfica. Custo de Produção. Resistência.

1 INTRODUÇÃO

Segundo a SINDIGRAF (2006), por ser uma área muito diversificada, a indústria gráfica atinge todos os setores da economia, dentre eles públicos financeiros, publicitários, editoriais, prestadores de serviços e a indústria de manufatura como um todo. Para atender demandas tão diferenciadas, existem diferentes processos de produção como também prestação de serviços a campos

¹ Graduando em Engenharia Química – UniSATC – Email: luizrecco1997@gmail.com

² Prof. do Centro Universitário UniSATC. E-mail: carolina.melo@satc.edu.br



específicos. Os principais produtos desta indústria são: jornais, rótulos, revistas, formulários, livros, envelopes, mapas, calendários, matérias de improvisação, entre outros, como embalagens flexíveis (flexografia).

A flexografia possui facilidade ao imprimir em diversos tipos de substratos e variar formato, desde etiquetas e sacolas plásticas até caixas de papelão ondulado, sendo seus produtos divididos nas seguintes linhas: laminação, gelo, laminação externa, pérola, econômica, sacola, cereal, entre outros.

Tintas flexográficas são basicamente compostas por pigmentos, resinas e solventes, podendo incluir aditivos na formulação de acordo com a necessidade ou alguma característica especial.

As matérias-primas utilizadas na confecção dessas são geralmente os insumos mais caros das indústrias gráficas e o conhecimento correto de controle e manipulação são essenciais para maximizar benefícios proporcionados por cada fabricante, podendo assim utilizar resinas de linhas mais baratas em linhas caras, mantendo as principais características.

Dentro da indústria, um dos principais fatores levados em consideração na hora da produção do seu produto, além da qualidade, é o custo de produção que este terá para a empresa. Sendo as resinas poliamida e maleica umas das mais caras na indústria devido as suas propriedades de intensa resistividade solicitada pelas linhas utilizadas, além de um alto teor de brilho, com uma formulação adequada e ajustada, talvez possam ser substituídas por resinas com baixa qualidade.

Tendo em vista a possibilidade supracitada, o presente artigo apresenta um estudo da possibilidade de desenvolvimento de uma nova formulação que poderá acarretar na substituição de resinas da linha gelo, sendo esta uma das áreas mais importantes na mesma devido a sua aplicação. As formulações serão alteradas conforme necessidade da linha, visando a alteração das resinas poliamida e maleica pela resina poliuretana.

Portanto, este artigo objetiva-se em analisar a viabilidade econômica e de qualidade na alteração de resinas na formulação de tintas para linha gelo de flexografia buscando a diminuição de custo na produção, mantendo as características finais de qualidade necessárias para o tipo de linha.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesta seção serão apresentados os principais conceitos para uma melhor compreensão do presente estudo.

2.1 FLEXOGRAFIA

A flexografia é um método de impressão rotativo, cuja mesma utiliza placas de relevo flexível de borracha ou foto polímero. As placas são presas em rolo medidor, conhecido como tambor, que tem efeito de células. O anilox por sua vez é o rolo por onde a tinta passa, existem diferentes tipos, os com linhaturas maiores e com mais frestas, carregam mais tinta do que os com menor número de gravuras. Isto implica diretamente na tinta pois ele distribuirá mais material na placa flexível de borracha, fazendo com que haja mais tinta na impressão (ISLIP, 1999).

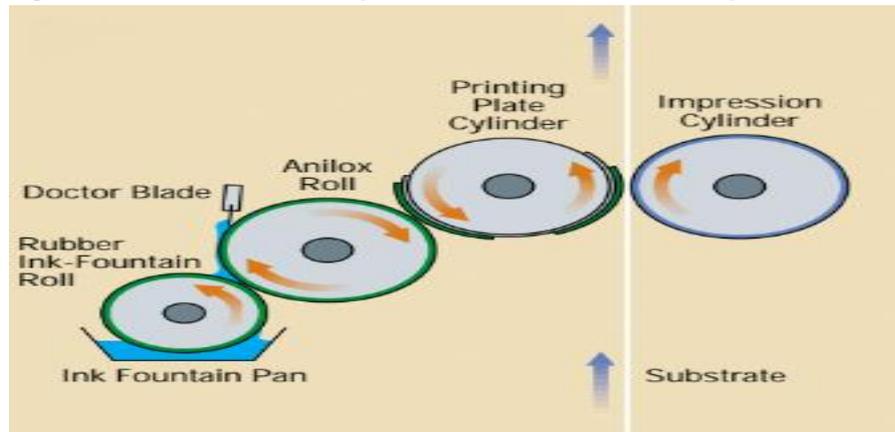
2.1.1 Sistema de Impressão

As placas imprimem em praticamente qualquer substrato, absorvente ou não absorvente. Para cada volta do cilindro de impressão, uma imagem é produzida (ISLIP, 1999).

Conforme a *Foundation of Flexographic Technical Association* (ISLIP, 1999), o coração do processo da impressão flexográfica é o seu sistema de tinta simples de impressão como mostra a Fig. 1, configurada como um sistema de tinta de dois rolos com lâmina de raspagem, sendo o sistema *Doctor Blade* o mais aplicado, cujo mesmo é composto por:

- Clichê: Aplicar a tinta;
- Substrato: Tipo de filme a ser impresso;
- Porta-Clichê: Suportar/movimentar o clichê;
- Cilindro Entintador (Anilox): Entintar a tinta;
- Cilindro de pressão: Aplicação de pressão no clichê;
- Câmera *Doctor Blade*: Distribuir a Tinta.

Figura 1: Processo de impressão *Doctor Blade* simples.



Fonte: ISLIP (1999)

3.2 COMPOSIÇÃO DE TINTAS FLEXOGRÁFICAS

Tintas flexográficas são compostas basicamente por pigmentos, resinas e solventes, podendo-se incluir aditivos em sua formulação, estes incorporados à formulação conforme a necessidade, ou, com a funcionalidade de aderir alguma característica especial na tinta como, por exemplo, a utilização de ceras deslizantes em sua composição proporcionando maior deslizamento, o que evita riscos no material impresso (SCARPETA, 2007).

3.2.1 Resinas

As resinas são polímeros de médio e alto peso molecular, geralmente apresentando estrutura com considerável complexibilidade e amorfa, sendo sua composição inteiramente orgânica. Apresenta como propriedade física material sólido ou líquido viscoso e não volátil, sem ponto de fusão preciso, devido principalmente a sua dificuldade de obtenção de uma estrutura química de alto grau de pureza, no caso de resinas naturais, e da distribuição do peso molecular amplo, no caso de resinas sintéticas (SCARPETA, 2007).

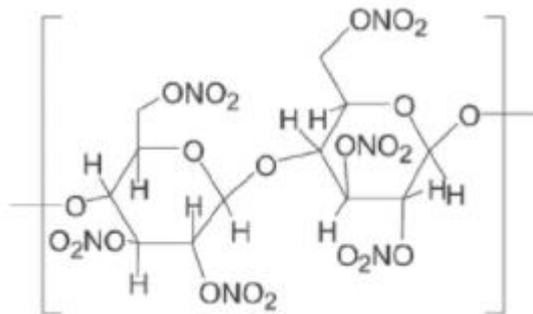
As resinas mais comumente utilizadas para tintas de impressão são: nitrocelulósica, maleica, melamínica, fumárica, poliamídica, poliuretânica, acrílica, cetônica, entre outras (SOUZA, 2008). Segundo Scarpeta (2007), a utilização destas proporciona ao sistema de tinta algumas vantagens, como produto não migrante, reduzindo a possibilidade de contaminação do produto embalado; colaboração com

o aumento de sólidos do sistema, incorporando mais o pigmento; aumento de brilho; aumento de adesão; compatibilidade com os adesivos de laminação.

3.2.1.1 Resina Nitrocelulósica

Obtida pela reação de celulose (algodão) e ácido nítrico em solução com ácido sulfúrico, são utilizadas em tintas líquidas. A Fig. 2 apresenta sua estrutura.

Figura 2: Estrutura da Nitrocelulose.



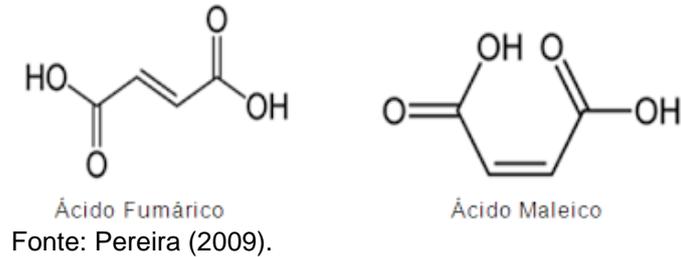
Fonte: Iha (2007).

Tem como principais propriedades adesão, baixo custo, compatibilidade com outras resinas e boa secagem (SOUZA, 2008). Pode-se dizer que dentre todos os componentes da formulação de uma tinta de impressão, a resina de nitrocelulose se destaca quanto à diversidade de aplicações. Devido à sua solubilidade em diversas classes de solventes orgânicos e sua alta compatibilidade com outros tipos de resinas, além de possuir baixo odor residual e baixa retenção de solvente (QUÍMICA, 1990).

3.2.1.2 Resina Maleica/Fumárica

A resina maleica é produzida pela reação do anidrido maleico/fumárico com o breu, ou com ácido tereftálico e um polioli.

Figura 3: Estrutura Fumárica/Maleico.



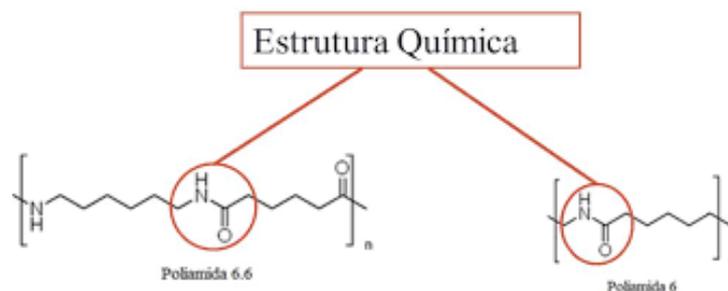
É utilizada com outras resinas, especialmente a nitrocelulose em tintas líquidas. Suas propriedades são dureza, brilho e alta adesão, comumente utilizada em tintas sacola, porém, em junção com a poliamida, utiliza-se na linha gelo (SOUZA, 2008).

3.2.1.3 Resina Poliamida

Segundo Vicente (2009, apud MANNENSMANN, 2000), a poliamida é um polímero termoplástico, formado por monômeros de amida conectados por ligações peptídicas. Esta ligação peptídica ocorre quando um grupo carboxílico se liga com o grupo amina de outra molécula, conforme Fig. 4.

Apresenta tenacidade a umidade, resistência ao atrito, óleos, gasolina, cetonas, água, entre outros, além de um bom comportamento em deslizos, opaco, sem risco a saúde.

Figura 4: Estrutura Poliamida.

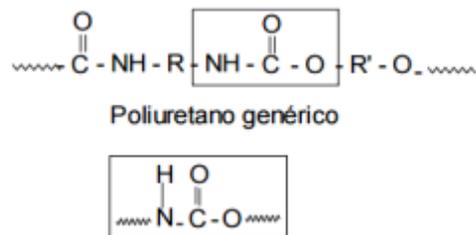


Fonte: Odian (2004)

3.2.1.4 Resina Poliuretana

É um produto resultante da polimerização de um isocianato e um composto hidroxílico (Fig. 5). Estas são empregadas na composição da tinta atribuindo propriedades de resistência química, adesão e resistência a temperaturas elevadas. Além de possuírem característica mais viscosa que as outras resinas. (SOUZA, 2008)

Figura 5: Poliuretano Genérico



Fonte: Adptado de Kloss (2007).

3.2.2 Pigmentos

O pigmento é um material sólido finamente dividido, insolúvel no meio, utilizado para conferir cor (intensidade e tonalidade), opacidade, poder de cobertura, solidez a luz, características de resistência, entre outros (FAZENDA, 1995 & SOUZA, 2008). Elas podem ser naturais ou sintéticas e são classificadas em inorgânicas ou orgânicas (brancos, pretos, coloridos e metálicos) (SOUZA, 2008).

3.2.2.1 Comparativo entre pigmentos inorgânicos e orgânicos.

Há algumas diferenças na utilização de pigmentos inorgânicos e orgânicos, conforme apresentado na Tab. 1.

Tabela 1: Características dos pigmentos inorgânicos e orgânicos.

Inorgânicos	Orgânicos
Alto peso específico	Baixo peso específico
Opacos	Transparentes
Refletem a luz	Permitem a passagem de luz
Média intensidade	Boa intensidade
Boa solidez a luz	Solidez a luz variável
Baixa absorção de óleo	Alta absorção de óleo

Fonte: Souza (2008)

3.2.3 Solventes

São substâncias líquidas com características físicas e químicas bem definidas que apresentam capacidade para diluir um sistema de resinas escolhidos, promovendo uma solução homogênea. Para a utilização do solvente adequado, devem ser levados em consideração alguns parâmetros, tais como, poder de solvência, velocidade de evaporação, odor característico, custo e segurança (SCARPETA, 2007; SOUZA, 2008)

Além disto, segundo Scarpeta (2007) e Souza (2008), os solventes são classificados de acordo com a solubilidade da resina ou evaporação. Com relação a solubilidade são divididos nos seguintes grupos:

- Verdadeiro: Efetivamente e sozinho dilui a resina ou o sistema de resinas, representados pelos ésteres e cetonas.
- Co-solvente: Solubilizam parcialmente a resina. Os grupos mais comuns são éteres e glicóis, principalmente éteres de propileno glicol, como Dowanol PM e Dowanol DPM.
- Diluentes: Não solubilizam a resina por não possuírem propriedades de solvência em relação a ela, são usualmente utilizados para reduzir o custo de formulação. Os maiores representantes são os álcoois, e no Brasil, especialmente o etanol.

Quanto a evaporação:

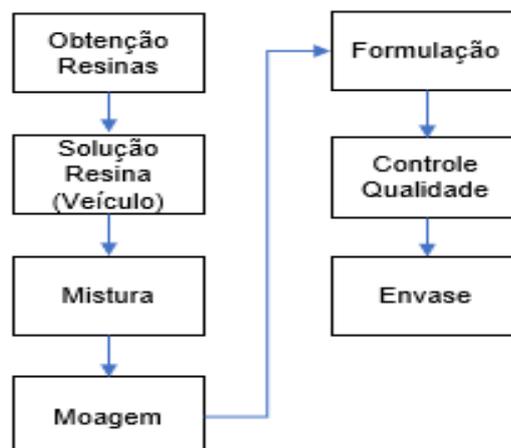
- Leves: Evaporam rapidamente, retirando em um curto espaço de tempo, muito calor do meio, especificamente do substrato, não deve ser utilizado sozinho e possuem ponto de ebulição menor que 100 °C.
- Médio: Velocidade de secagem ideal, proporcionando filmes brilhantes, duros e isentos de solventes retidos. São solventes intermediários na secagem, estabilizando a velocidade de evaporação e possuem ponto de ebulição entre 100 °C e 120 °C.
- Pesados: Requeridos na formulação pois aderem ótimas propriedades aos filmes, especificamente por permitirem acomodação às moléculas da resina, manutenção do filme aberto pelo maior tempo possível, evitando precipitação. Porém, sua utilização deve ser limitada, pois pode causar filmes moles e pegajosos e retenção acentuada de solvente. Possuem ponto de ebulição maior que 120 °C.

3.3 PROCESSO DE FABRICAÇÃO DA TINTA

As tintas são produzidas para um sistema de impressão rotográfica, flexográfica, no qual a secagem ocorre por evaporação do solvente. Por serem sistemas de impressão rotativo com alta velocidade, utilizam-se solventes voláteis (SOUZA, 2008)

De acordo com Souza (2008), o processo de fabricação das tintas segue o fluxo de produção que está representado na Fig. 6.

Figura 6: Fluxo de produção de tintas.



Fonte: Baseado de Souza (2008)

3.4 PRINCIPAIS ANÁLISES REALIZADAS EM TINTAS FLEXOGRÁFICAS

Segundo Scarpeta (2008) e Rohden (2011), algumas análises são essenciais no momento da produção de tintas flexográficas, tais como: adesão, coeficiente de fricção (COF), brilho, resistência aos produtos, tonalidade (avaliação de cor), viscosidade, teor de sólidos, cobertura e secagem.

3.4.1 Adesão

Este parâmetro é verificado em comparação com o padrão, realizando uma puxada. A puxada consiste em colocar duas pequenas quantidades à serem comparadas lado a lado sobre um suporte, fazendo-se a extensão (arraste) com auxílio de um extensor. Após esta aplicação, aplica-se uma fita adesiva sobre a superfície e a mesma é removida com rapidez, se toda a tinta ou parte dela sair neste teste significa que há problema de adesão na tinta.

3.4.2 Coeficiente de Fricção (COF)

Propriedade de deslizar que o filme de tinta deve possuir. Caso esta esteja ruim, o material impresso pode enroscar na máquina de fechamento e no envasamento da embalagem.

3.4.3 Brilho

Mesmo com a existência de equipamentos que o medem (goniophotômetro), a avaliação é feita empiricamente e visual, realizando uma puxada e o colocando contra a luz.

3.4.4 Resistência aos produtos

Testes importantes definidos pelo tipo de aplicação da tinta como, por exemplo, resistir a gorduras, ácidos, álcalis, óleos, ceras, entre outros. Para esses testes, normalmente existem metodologias específicas para realização, porém,



todos implicam em colocar o filme, cuja tinta foi aplicada, em contato com o produto por um período, após este tempo, são efetuadas avaliações visuais.

3.4.5 Tonalidade

Para avaliar a tonalidade é realizado comparativo com o padrão através de uma puxada, com duas pequenas quantidades de tinta. Após esta é realizada uma análise visual sobre a amostra ou utilizado um espectrofotômetro.

3.4.6 Viscosidade

Determinada através do tempo de escoamento da tinta, utilizando copos como Zahn 2, Ford 3, Ford 4, Brookfield, entre outros.

3.4.7 Cobertura

Este teste é realizado também de maneira visual, onde é realizada a puxada comparativa entre padrão e amostra. Após esta, é colocado o filme a favor da luz, vendo assim o poder de cobertura da tinta.

3.4.8 Secagem

Realizada a puxada em uma placa de vidro; após a realização, com a ponta dos dedos, toca-se este até que não ocorra mais a retirada de tinta pelo toque. O tempo é medido através de um cronômetro acionando no momento da puxada e no momento final, obtém-se o valor em segundos.

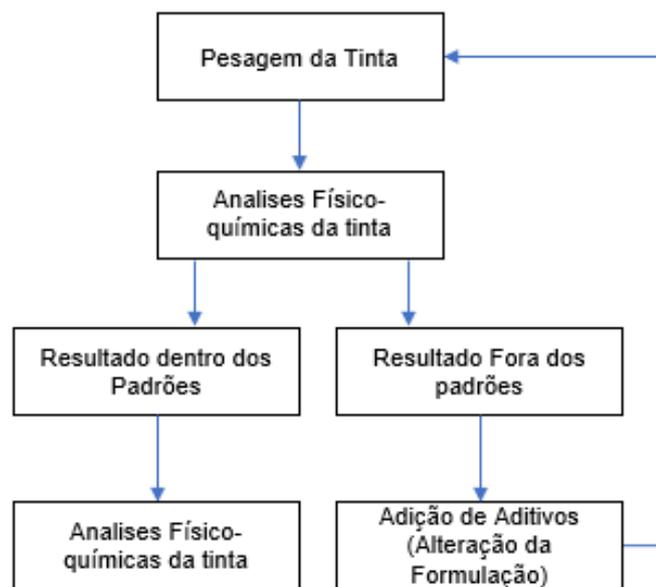
4 PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

Nesta seção serão apresentados os procedimentos experimentais que foram realizados neste estudo.

4.1 Preparação das tintas

Foram pesadas as três tintas cromias principais das linhas da flexografia, amarelo, magenta e azul ftalo, alterando a resina maleica e poliamida pela poliuretana, e realizadas as análises físico-químicas, conforme descrito na sequência. Após estas, caso a tinta não atingisse as necessidades da linha, eram adicionados aditivos em sua formulação para manter as características da tinta desta linha, como resistência a gordura e umidade, abrasão, blocking, entre outros. A Fig. 7 apresenta um esquema das etapas realizadas no procedimento experimental, para classificação das tintas elaboradas.

Figura 7: Fluxograma geral das etapas do procedimento experimental



Fonte: Do autor (2020)

As tintas flexográficas obtidas a partir dos concentrados foram caracterizadas de acordo com os procedimentos descritos a seguir e atendendo as especificações técnicas estabelecidas. Todos os substratos que foram utilizados para as aplicações das tintas possuíam tratamento corona de 38 a 40 dinas, onde todas as aplicações foram realizadas manualmente.



4.2 Análises físico-químicas

4.2.1 Secagem

O tempo de secagem foi determinado utilizando a puxada com o extensor Bird 40 μ m do padrão e teste em uma placa de vidro com dimensões de 15x30x5cm e acionado o cronometro. Quando a tinta para de transferir da placa de vidro para o dedo, foi possível determinar o tempo de secagem da tinta.

4.2.2 Tempo de escoamento (viscosidade (s))

O tempo de escoamento foi determinado utilizando-se um viscosímetro TKB Copo Zahn 2. O mesmo foi mergulhado na tinta, onde foi acionado o cronômetro no instante em que o instrumento foi retirado por completo do produto, pausando-o a partir do instante em que se observou o gotejamento da amostra.

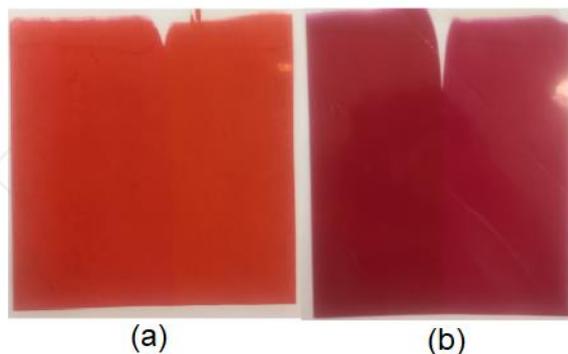
4.2.3 Brilho (UB)

As tintas foram aplicadas em um filme de polietileno pigmentado com o auxílio de um extensor espiral de 10 μ m. Após a cura da tinta, o brilho foi determinado visualmente, observando a reflexão do substrato quando posto contra a incidência de luz, e através do glósmiter (aparelho de medição de brilho).

4.2.4 Cobertura (%) e Tonalidade

Para a leitura e análise dos parâmetros de cor, foi realizada uma extensão comparativa do padrão e da amostra em papel leneta, com o auxílio do extensor espiral de 10 μ m. A Fig. 8 representa a ilustração de um teste aprovado e reprovado

Figura 08: Teste de Cobertura e Tonalidade, sendo (a)Aprovado e (b)Reprovado.

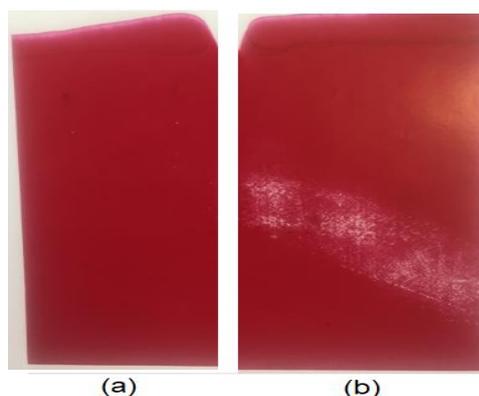


Fonte: Do autor (2020)

4.2.5 Adesão

Em um substrato de polietileno pigmentado, foi realizada a extensão da amostra utilizando o extensor espiral de 10 μm , colocando o filme em estufa da marca NEVO e modelo NV 1.3, por 5 min a 60 $^{\circ}\text{C}$, a fim de acelerar a cura da tinta. Após o tempo de cura, foi aderido um pedaço de fita filamentosa 3M Scotch 8809 sobre a aplicação da tinta, cuja mesma foi retirada rapidamente em movimento contínuo. A análise foi feita com base no deslocamento da tinta da base do substrato. Esta propriedade é qualitativa e comparada com uma tinta padrão. A Fig. 9 representa um teste aprovado e um reprovado.

Figura 09: Teste de Adesão, sendo (a)Aprovado e (b)Reprovado.

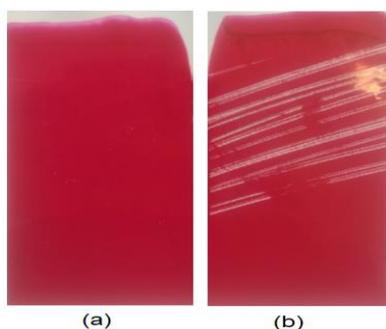


Fonte: Do autor (2020)

4.2.6 Abrasão

Em um substrato de polietileno pigmentado, foi realizada a extensão da amostra utilizando o extensor espiral de 10 μm . O teste foi realizado manualmente passando a unha rapidamente em movimento contínuo. Esta propriedade é qualitativa e comparada com uma tinta padrão. A Fig. 10 representa um teste aprovado e reprovado.

Figura 10: Teste de Abrasão, sendo (a)Aprovado e (b)Reprovado.

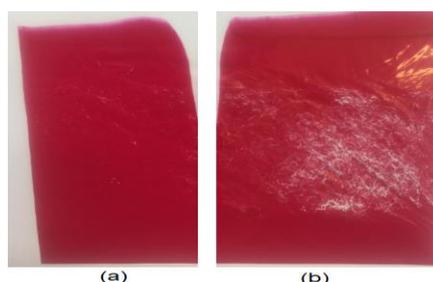


Fonte: Do autor (2020)

4.2.7 Fricção (flexibilidade)

A caracterização foi determinada de acordo com o grau de resistência da tinta a partir da fricção do substrato. Utilizou-se o filme polietileno pigmentado para a aferição, realizando a extensão da tinta com o extensor espiral de 10 μm . A Fig. 11 apresenta um teste aprovado e outro reprovado.

Figura 11: Teste de Flexibilidade, sendo (a)Aprovado e (b)Reprovado.

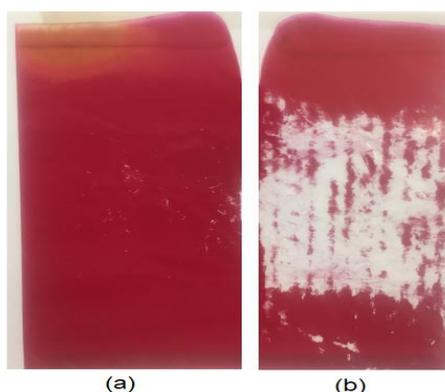


Fonte: Do autor (2020)

4.2.8 Resistência à água/ao leite

Com auxílio de um extensor espiral de 10 μm , aplicou-se as tintas em um filme de polietileno pigmentado e outro transparente. Concluídas as extensões, os filmes foram mergulhados em recipientes contendo água e leite, e na sequência foram misturados por um período de 2 h a uma temperatura ambiente de 25 °C. A análise foi realizada friccionando as aplicações em água corrente, caracterizando-as de acordo com o deslocamento da tinta da base do substrato. A Fig. 12 representa a aprovação ou reprovação do teste.

Figura 12: Teste de Resistência Água e leite, sendo (a)Aprovado e (b)Reprovado.



Fonte: Do autor (2020)

4.2.9 Resistência ao blocking

Duas aplicações foram realizadas com o extensor espiral de 10 μm em polietileno pigmentado e unidas de modo que suas faces fiquem em contato. O conjunto foi colocado em estufa de marca NEVO e modelo NV 1.3, a uma temperatura de 60 °C durante o período de 2 h sob um lingote de aço de 1,5 kg de dimensões 15cm x 10cm x 1cm. Ao término do tempo estipulado, observou-se a resistência das amostras ao descolamento, qualificando-as em resistente ou não resistente. A Fig. 13 representa um teste reprovado.

Figura 13: Teste de Blocking Reprovado.



Fonte: Do autor (2020)

4.2.10 Coeficiente de Fricção ou atrito (COF)

Foram realizadas duas extensões no substrato de polietileno pigmentado, um serviu como base do equipamento DSM modelo COF-3 e o outro para o carrinho disposto no mesmo. O carrinho desliza pela base, sendo computado pelo equipamento DSM determinando o COF da tinta.

As faixas para as propriedades de transparência, adesão, fricção, resistência à água e resistência ao leite variam de 1 a 4, onde: 1 = bom; 2 = regular; 3 = ruim e 4 = péssimo. As faixas de variação do COF, para linha gelo, variam de 0,20 a 0,30. A faixa de viscosidade padrão de tintas variam de 25" a 30"

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados deste trabalho são apresentados e discutidos nos itens subsequentes.

5.1 Formulações Utilizadas

A Tab. 2 apresenta as tentativas de formulações até encontro de equilíbrio e resistência as análises físico-químicas.

Tabela 2: Formulações utilizadas para realizações dos testes. Onde: A – Fórmula original; B – Primeiro teste com alteração de resina; C – Alteração da solvência; D – Fórmula aprovada para os testes.

	A	B	C	D
Resina	30,0%	30,0%	15,0%	10,0%
Pigmento	40,0%	40,0%	40,0%	40,0%
Solvente	27,0%	27,0%	42,0%	45,0%
Aditivo	3,0%	3,0%	3,0%	5,0%

Fonte: Do autor (2020)

Conforme a Tab. 2, a formulação que mais se apresentou apta para substituição da poliamida e fumaria pela poliuretana foi a formulação D, pois esta demonstrou características e equilíbrio bem semelhantes a formulação A, conforme demonstrado posteriormente pela Tab. 4.

A formulação B foi reprovada pois segundo Souza (2008), a resina poliuretana apresenta característica mais viscosa que as demais resinas, portanto realizando apenas a alteração de resinas não foi possível adequar a viscosidade do produto acabado conforme necessidade da linha, portanto foi realizada diminuição da resina e aumento da solvência, até encontrar o equilíbrio adequado para o mesmo.

Já a formulação C foi reprovada, porque apesar de apresentar característica de viscosidade apropriada para a linha, ao realizar os testes físico-químicos da linha, principalmente abrasão e resistência a umidade e gordura o mesmo apresentou-se ineficaz, pois a resina poliamida apresenta resistência aos testes, já que ela foi substituída, foi necessário adicionar aditivos para dar estas características para a tinta (VICENTE, 2009, apud MANNENSMANN, 2000).

5.2 Análises Físico-Química

A Tab.3 apresenta os valores mínimos e máximos permitidos para cada teste realizado, conforme as especificações das tintas flexográficas.

Tabela 3: Especificações características técnicas das tintas flexográficas. Onde: E – viscosidade; F – brilho; G – cobertura; H – tonalidade; I – adesão; J – fricção; K – resistência a água e leite; L – coeficiente de atrito (COF); M – blocking.

Ensaio	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Mínimo	20s	0	0	0	1	1	1	0.20	1
Máximo	30s	2	2	1	4	4	4	0.30	4

Fonte: Do autor (2020)

Os testes físico-químicos realizados na amostra D comparada com a amostra A, não apresentaram diferenças significantes entre si, conforme demonstrado pela Tab. 4, permanecendo todas dentro dos parâmetros necessários para a aprovação da tinta desta linha. Porém, conforme foram realizadas as formulações, notou-se que há tendência do aumento da viscosidade com maiores quantidades de poliuretano. O resultado é explicado devido à disposição das cadeias poliméricas das resinas utilizadas, polímeros de cadeias longas e cruzados, apresentam viscosidade mais elevadas (BARRA, 2008).

A Tab. 4 representa os resultados encontrados para os testes realizados em laboratório para as três tintas cromias.

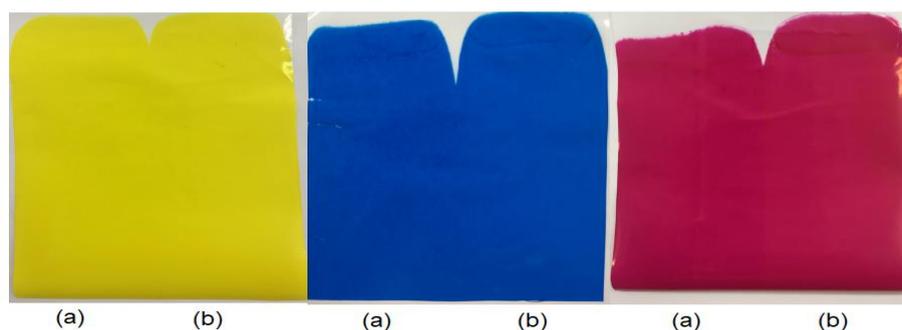
Tabela 4: Resultados dos testes físico-químicos nas tintas de formulações A e D.

Ensaio	Amarelo		Vermelho		Azul	
	A	D	A	D	A	D
Viscosidade(s)	30	25	26	25	26	25
Brilho	0	1	0	1	0	1
Cobertura	0	1	0	1	0	1
Tonalidade	0	1	0	1	0	1
Adesão	1	1	1	1	1	1
Fricção	1	1	1	1	1	1
Resistencia água e leite	1	1	2	1	1	1
COF	0.23	0.23	0.27	0.25	0.22	0.25
Blocking	2	1	2	1	2	1
Secagem (s)	320	290	430	440	240	210

Fonte: Do autor (2020)

Realizando uma correlação entre os valores encontrados na Tab. 4 com as especificações da Tab.3, os resultados encontrados para todas as análises físico-químicas foram extremamente satisfatórios e aprovados para utilização da resina poliuretana para tintas da linha gelo. A Fig 14 representa o teste de tonalidade e cobertura das tintas cromias, comparando a formulação D com a formulação A.

Figura 14: Cobertura e Tonalidade, sendo (a) Padrão e (b) Teste.

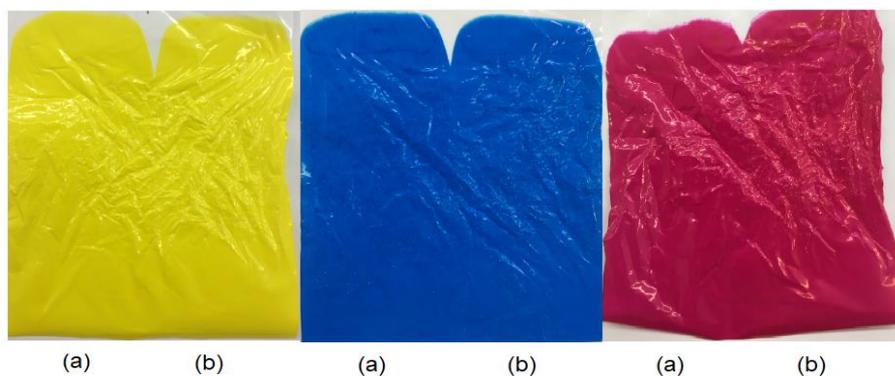


Fonte: Do autor (2020)

Vale sanar que, entre as análises realizadas, este foi o que teve uma maior variação entre padrão e teste, porém como se pode notar pela Fig. 14 esta variação não é significativa, pois segundo a *Foundation of Flexographic Technical Association* (ISLIP, 1999), a tinta passa pelo sistema de rolos de impressão e a aprovação da embalagem impressa é realizada através de fotos que são tiradas pelo sistema de impressão, e percebe-se que a fotografia não demonstra a variação encontrada em laboratório.

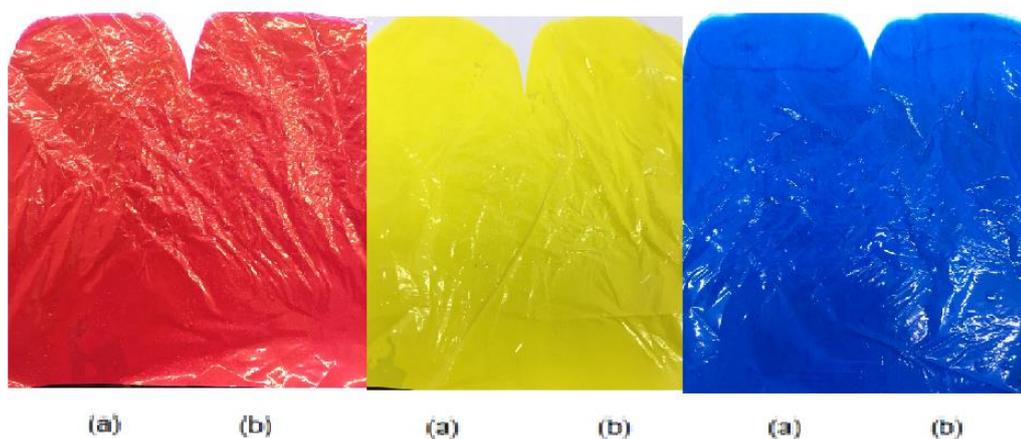
Os testes que são necessários a aplicação de tensão mecânica, como é o caso da fricção e resistência a água e leite, demonstraram-se positivos pois a resina poliuretana, junto com a nitrocelulose e os aditivos faz com que a tinta não fique com aspecto quebradiço caso não fosse feita esta adição de aditivos, a nitrocelulose junto com a poliuretana deixa a tinta com aspecto duro e quebradiço (QUIMICA, 1990). As Fig. 15 e 16 representam os testes de fricção e resistência a água e leite.

Figura 15: Teste de Flexibilidade, sendo (a) Padrão e (b) Teste.



Fonte: Do autor (2020)

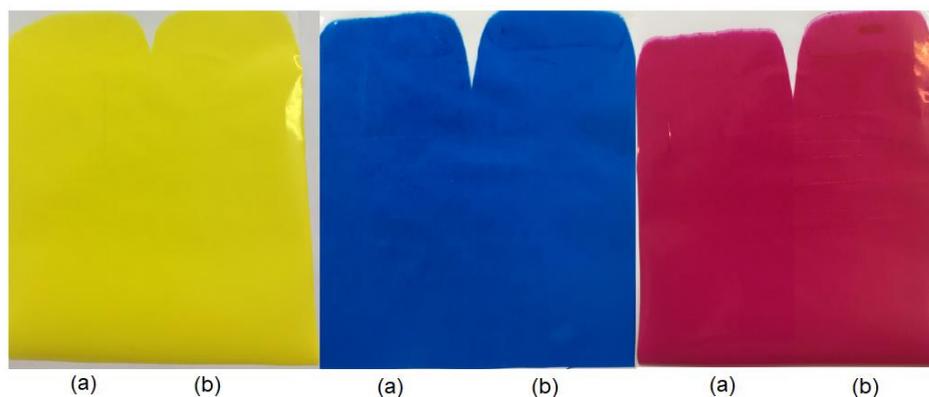
Figura 16: Teste de Resistência a Água e Leite, sendo (a) Padrão e (b) Teste.



Fonte: Do autor (2020)

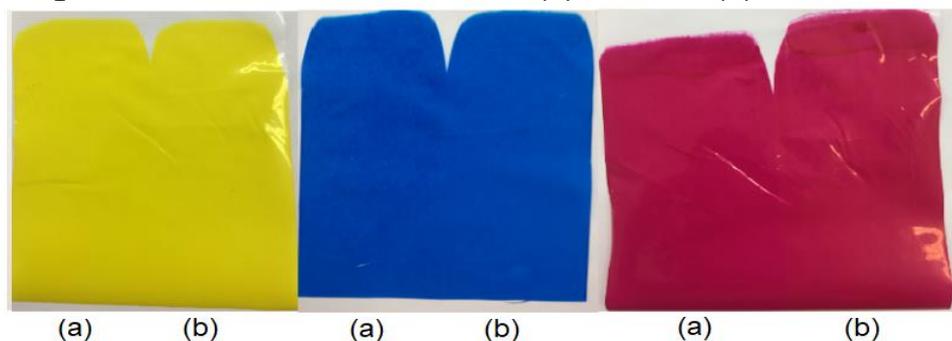
A adição dos aditivos fez-se necessária pois a resina poliuretana é comumente utilizada na linha laminação, onde a resistência a abrasão não se faz necessária, pois segundo o produto de embalagens plásticas, GUARA embalagens, nesta linha faz-se a aplicação de um filme laminado por cima da impressão, fazendo com que a tinta não fique em contato externo. Porém a aplicação da linha gelo são embalagens com extrema resistência a esse teste, devido a aplicação da resina fumárica e poliamida que apresentam característica de resistência. As Fig. 17 e 18, representam de forma visual os testes de abrasão e adesão realizados na formulação padrão e com a alteração pela resina poliuretana.

Figura 17: Teste de Abrasão, sendo (a) Padrão e (b) Teste.



Fonte: Do autor (2020)

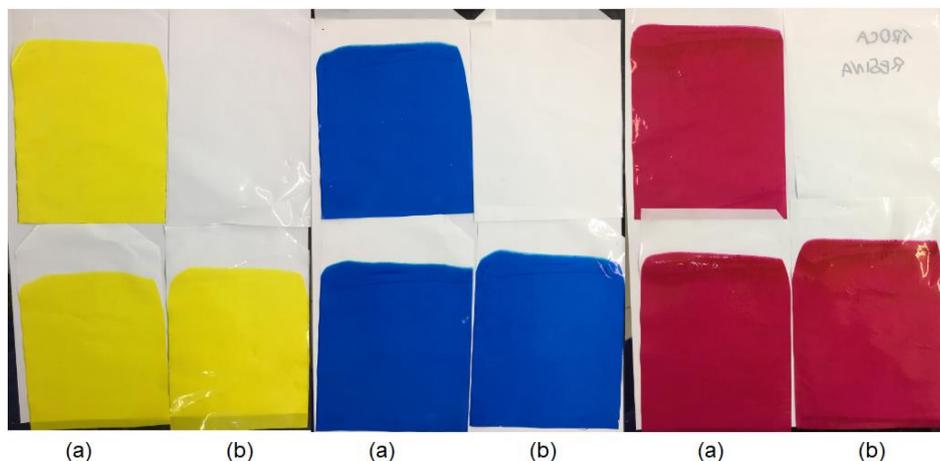
Figura 18: Teste de Adesão, sendo (a) Padrão e (b) Teste.



Fonte: Do autor (2020)

A resina poliamida por não apresentar resistência a altas temperaturas, faz com que as tintas que ela é utilizada seque após determinado tempo de aplicação, porém amolece facilmente, acarretando tack residual. Segundo Souza (2008), a resina poliuretana apresenta característica de impressão com ausência de tack residual, devido a sua alta característica de resistência química e a altas temperaturas, ou seja, a alteração da poliamida pela poliuretana faz com que o blocking não ocorra e seja até mais eficiente, conforme demonstrado pela Tab.4 e Fig. 19.

Figura 19: Teste de Blocking, sendo (a) Padrão e (b) Teste.



Fonte: Do autor (2020)

5.3 Análise de Custo

A Tab. 5 apresenta o custo de produção das tintas da formulação original (A) comparada com a fórmula alterada (D) por quilograma de tinta formulada.

Tabela 5: Custo de Produção Padrão x Teste.

Formulações	Amarelo	Vermelho	Azul
A	R\$11,66	R\$12,22	R\$12,68
D	R\$11,23	R\$11,36	R\$12,36

Fonte: Do autor (2020)

Percebe-se que além das tintas apresentarem características semelhantes, até melhores que a formulação padrão, o custo para produção da tinta gelo com a resina poliuretana é menor que a formulação com poliamida e fumárica. Isso ocorre pois estas são resinas com alta classificação e resistência peculiares. (SOUZA, 2008)

O custo de produção só não é maior, Segundo Fazenda(1995), dentre os insumos da produção de tintas flexográficas, os aditivos são classificados como o segundo insumo mais caro, perdendo apenas para pigmentação. E para adequar a formulação para atender as necessidades da linha, fez-se necessária a adição dele nas tintas. Apesar de ser apenas 2% a mais do que a formulação original,



este fez com que aumentasse um pouco mais o preço de produção, porém mantendo-se abaixo da formulação padrão.

A Tab. 6 demonstra uma simulação da economia que a indústria conseguiria em diferentes produções, utilizando a formulação D ao invés da formulação A (padrão).

Tabela 6: Demonstração prática do barateamento de custo de produção.

Peso de Produção (Kg)	Economia(R\$)		
	Amarela	Vermelha	Azul
18	7,74	15,48	5,76
72	30,96	61,92	23,04
270	116,10	232,20	86,40
450	193,50	387,00	144,00
630	270,90	541,80	201,60
810	348,30	696,60	259,20
1000	430,00	860,00	320,00

Fonte: Do autor (2020)

6 CONCLUSÃO

Com as alterações necessárias na formulação da tinta, foi possível observar a influência que cada componente oferece à composição da tinta e consequentemente nas suas características físico-químicas. Com estas alterações foi possível obter uma formulação adequada para atender as especificações estabelecidas para a continuação do projeto, além de uma possível aprovação deste novo produto.

A partir das análises dos resultados, foi possível identificar que a alteração das resinas poliamida e fumaria pela poliuretana mostrou-se eficiente, até melhor, para as resistências físico-químicas necessárias para a linha, principalmente para a característica essencial estabelecida pela linha gelo, a resistência a água e gordura. Contudo, para esta melhoria, fez-se necessário o ajuste de proporção e a incorporação de mais aditivos em sua formulação.



Vale ressaltar que a resina poliuretana, com devidos ajustes em sua formulação original e com adição de certos aditivos, mantendo suas configurações de pigmentação, pode ser utilizada em outras linhas de produção, como por exemplo a linha sacola álcool, a mesma utiliza da resina fumaria com poliamida como sua principal componente de formulação.

Por fim, conclui-se que a resina poliuretana se mostrou extremamente eficiente com grande potencial de otimização da tinta destinada a linha gelo, por meio da substituição da resina poliamida e fumárica nos concentrados formulados.

REFERÊNCIAS

BARRA, Guilherme. **Apostila de Processos 4: Parte 1: Fundamentos de Reologia de Materiais Poliméricos**. Florianópolis. 68 p, 2008

FAZENDA, Jorge LTDA. **Tintas e Vernizes: ciência e tecnologia. Associação Brasileira dos Fabricantes de tintas**, 2 ed. São Paulo, 1995.

IHA, Koshun LTDA. **Tempo de vida útil de propelentes base-simples**. São Paulo, 2007.

ISLIP: Foundation of Flexographic Technical Association. **FLEXOGRAPHY: Principles & Practices**. 5. ed., 1999. 940 p. v. 1.

KLOSS, Juliana Regina. **Síntese e caracterização de poliuretanos biodegradáveis à base de poli(ϵ -carprolactona)**. Curitiba, 2007. 203 f.

ODIAN, George. **Principles of polymerization**. 4 ed. New York, 2004.

PEREIRA, Fernanda de Melo. **Otimização da Metodologia de determinação voltamétrica dos isômeros do ácido butenodióico**. 2009. 67 p. Dissertação (Magister Scientiae) Universidade Federal de Viçosa, [S,I], 2009.

QUIMICA, Nitro. **Manual Técnico de Nitrocelulose**, 1ed. São Paulo, 54 p.

ROHDEN, Andreson. **Tintas Para Impressão Flexográfica: Parte 1**. [S. /], 17 jun. 2011. Disponível em: <http://flexomagazine.blogspot.com/2011/06/tintas-para-impressao-flexografica.html>. Acesso em: 08 mar. 2020.



ROHDEN, Andreson. **Tintas Para Impressão Flexográfica: Parte 3.** [S. /], 30 jun. 2011. Disponível em: http://flexomagazine.blogspot.com/2011/06/tintas-para-impressao-flexografica_30.html. Acesso em: 31 mar. 2020.

SCARPETA, Eudes. **Flexografia: Manual prático.** 1º ed. Bloco Comunicação Ltda, São Paulo 2007.

SINDIGRAF/RS. **Manual técnico ambiental da indústria gráfica: metodologia de prevenção a poluição, identificação e redução de processos gráficos – offset, flexografia, serigrafia, tipografia.** Gráfica Trindade, 2006. 108 p.

SOUZA, Élcio. **Manual de Impressão Flexográfica.** - Associação Brasileira de Tecnologia Gráfica, São Paulo, 2008. <https://www.docsity.com/pt/manual-de-impressao-flexografica/5013632/>. Acesso em: 24 mar. 2020.

VICENTE, José Aparecido. **Materiais plásticos de engenharia e suas aplicações/ José Aparecido Vicente** - São Paulo, SP : [s.n], 2009.