

Análise de viabilidade na substituição das resinas poliamídica e maleica por poliuretânica em tintas da linha gelo na flexografia.

Viability analysis on the replacement of polyamide and maleic resins with polyurethane in ice line inks in flexography.

Luiz Henrique da Silva Recco^{1,2}

 orcid.org/0000-0001-9497-9712

Carolina Resmini Melo Marques^{1,2}

 orcid.org/0000-0003-2637-6455

Aline Resmini Melo^{1,2}

 orcid.org/0000-0003-1668-1990

Josiane da Rocha Silvano das Neves^{1,2}

 orcid.org/0000-0002-4964-1031

¹ UNISATC, Criciúma, Santa Catarina, Brasil.

² Departamento de Engenharia Química, UNISATC, Criciúma, Santa Catarina, Brasil.

E-mail do autor principal: Luiz Henrique da Silva Recco: luizrecco1997@gmail.com

Artigo recebido em: 01/03/2021
Artigo aceito em: 04/08/2021

DOI: 10.25286/rep.v6i4.1722

Esta obra apresenta Licença Creative Commons Atribuição-Não Comercial 4.0 Internacional.

Como citar este artigo pela NBR 6023/2018: Recco, L. H., Marques, C. R., Melo, A., & das Neves, J. (2021). Análise de viabilidade na substituição das resinas poliamida e maleica por poliuretana em tintas da linha gelo na flexografia. *Revista De Engenharia E Pesquisa Aplicada*, 6(4), 88-96.

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. 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 à gordura e umidade. Tendo em vista que as resinas poliamídica e fumárica são utilizadas para a produção desta, e por serem de maior custo que outras resinas, o presente trabalho visa a possibilidade da substituição dessas pela resina poliuretânica, visando manter a resistência físico-química da linha gelo, além da diminuição de custo de produção. 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 poliamídica pela poliuretânica mostra-se uma alternativa eficaz para redução do custo de produção das tintas da linha gelo, além de manter a resistência à 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.

PALAVRAS-CHAVE: Resinas; Poliuretano; Tinta Flexográfica; Custo de Produção; Resistência.

ABSTRACT

Flexographic ink is composed of images with multiple colors, printed with the aim of beautifying and giving resistance to the substrate on which it is printed. The paints are structured mainly by resins, pigments and solvents, requiring the addition of additives to meet a specific physical-chemical resistance of the line, for example in the ice line, the resistance to fatty substances and moisture. Bearing in mind that polyamide and fumaric resins are used for the production of this, and because they are more expensive than other resins, the present work aims at the possibility of substitution by polyurethane resin, maintaining the physical-chemical resistance of the ice line, in addition to decrease in production cost. A strategic plan was used to develop a new base, verifying the influence of each chemical component on the property of the paint. The results of the study indicate that the substitution of fumaric and polyamide resins by polyurethane proves to be an effective alternative to reduce the cost of producing ice paints, in addition to maintaining resistance to fatty substances and moisture. Primary properties such as drying, viscosity, gloss, coverage and friction were not compromised with the necessary changes in the formulations, which confirmed the quality of the developed ink.

KEY-WORDS: Resins; Polyurethane; Flexographic Ink; Production cost; Resistance.

1 INTRODUÇÃO

Segundo a SINDIGRAF [1], 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 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 a facilidade de imprimir em diversos tipos de substratos e em formatos variados, 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 [2].

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.

No contexto industrial, um dos principais fatores levados em consideração na ocasião da produção do 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 requerida pelas linhas utilizadas, além de um alto teor de brilho, com uma formulação adequada e ajustada, talvez possam ser substituídas por resinas de qualidade inferior, porém de menor custo.

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 poliamídica e maleica pela resina poliuretânica.

1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesta seção estão apresentados os principais conceitos envolvendo flexografia, sistemas de impressão e formulações de tintas para tais sistemas, visando uma melhor contextualização e posterior 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 [3]. O anilox, por sua vez, é o rolo por onde a tinta passa, os quais existem em diferentes tipos, sendo aqueles com linhaturas maiores e com mais frestas os que carregam mais tinta comparativamente aos que apresentam menor número de gravuras. Isto implica diretamente no uso da tinta, pois ele distribuirá mais material na placa flexível de borracha, fazendo com que haja mais gasto de tinta na impressão [4].

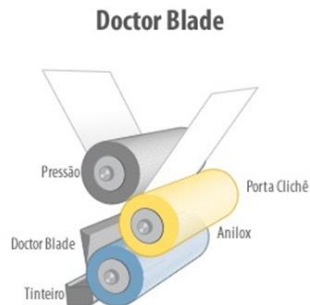
2.1.1 Sistema de Impressão

As placas imprimem em praticamente qualquer substrato, absorvente ou não absorvente. Para cada volta do cilindro de impressão, uma imagem é produzida [4].

Conforme a *Foundation of Flexographic Technical Association*, o coração do processo da impressão flexográfica é o seu sistema de tinta simples de impressão, tal como mostra a Figura 1, configurada como um sistema de tinta de dois rolos com lâmina de raspagem, sendo o sistema *Doctor Blade* o mais aplicado, o qual é constituído das seguintes partes [2]:

- Clichê: Aplica a tinta;
- Substrato: Tipo de filme a ser impresso;
- Porta-Clichê: Dar suporte/movimentação ao clichê;
- Cilindro Entintador (*Anilox*): Passar a tinta;
- Cilindro de pressão: Aplicação de pressão no clichê;
- Câmera *Doctor Blade*: Distribuição da Tinta.

Figura 1 - Processo de impressão Doctor Blade simples.



Fonte: [4].

2.2 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 conferir alguma característica especial a tinta como, por exemplo, a utilização de ceras deslizantes em sua composição proporcionando maior deslizamento, o que evita riscos no material impresso [2].

2.2.1 Resinas

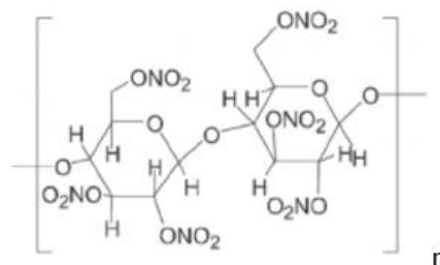
As resinas são polímeros de médio e alto peso molecular, geralmente apresentando estrutura com considerável complexidade e amorfa, sendo sua composição inteiramente orgânica. Apresentam como propriedade física material sólido ou líquido viscoso e não volátil, sem ponto de fusão preciso, devido principalmente 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 [3].

As resinas mais comumente utilizadas para tintas de impressão são: nitrocelulósica, maleica, melamínica, fumárica, poliamídica, poliuretânica, acrílica, cetônica, entre outras [5]. Segundo Scarpeta [2], 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 e compatibilidade com os adesivos de laminação.

2.2.2 Resina Nitrocelulósica

Obtida pela reação de celulose (algodão) e ácido nítrico em solução com ácido sulfúrico. São utilizadas em tintas líquidas. A Figura 2 apresenta sua estrutura [6].

Figura 2 - Estrutura da Nitrocelulose.



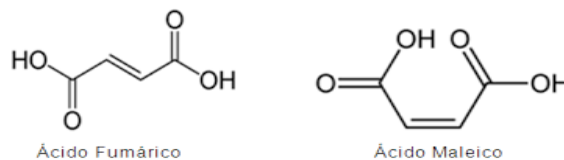
Fonte: [6].

Tem como principais propriedades adesão, baixo custo, compatibilidade com outras resinas e boa secagem [5]. Pode-se afirmar 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 [7].

2.2.3 Resina Maleica/Fumárica

A resina maleica é produzida pela reação do anidrido maleico/fumárico com o breu, ou com ácido tereftálico e um polioli. A Figura 3 apresenta a estrutura do ácido Fumárico e do Ácido Maleico, seus precursores [8].

Figura 3 - Estrutura dos ácidos Fumárico e Maleico.



Fonte: [8].

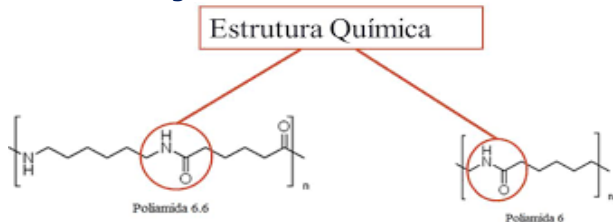
É utilizada com outras resinas, especialmente a nitrocelulose, na produção de tintas líquidas. Suas propriedades são dureza, brilho e alta adesão, comumente utilizada em tintas para sacolas, porém, em junção com a poliamida, utiliza-se na linha gelo [5].

2.2.4 Resina Poliamídica

Segundo Vicente [9], a poliamida é um polímero termoplástico, formado por monômeros de amida conectados por ligações amida, formadas a partir da reação do ácido carboxílico com amina, conforme a Figura 4.

Apresenta tenacidade à umidade, resistência ao atrito, óleos, gasolina, cetonas, água, entre outros, além de um bom comportamento em deslizamentos, ser opaca e não apresentar risco à saúde.

Figura 4 - Estrutura da Poliamida.

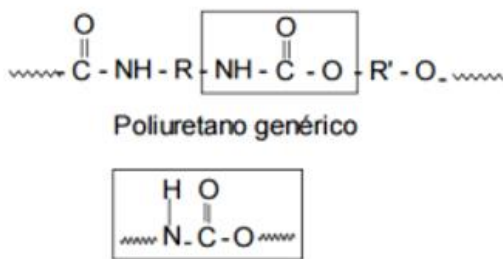


Fonte: [10].

2.2.5 Resina Poliuretânica

É um produto resultante da reação de um grupo isocianato com uma hidroxila (Figura 5) [10]. 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 [5].

Figura 5 - Poliuretano Genérico.



Fonte: [11].

2.2.6 Pigmentos

O pigmento é um material sólido finamente dividido, insolúvel no meio, utilizado para conferir cor (intensidade e tonalidade), opacidade, poder de cobertura, resistente ao desbotamento quando exposto à luz, entre outros [5,12]. Podem ser naturais ou sintéticos e são classificados em inorgânicos ou orgânicos. São encontrados em cores diversas (brancos, pretos, coloridos e metálicos) [5].

Há algumas diferenças na utilização de pigmentos inorgânicos e orgânicos, o quem tem associação direta com as propriedades de cada tipo de pigmento, conforme apresentado no Quadro 1 [5].

Quadro 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 (ao desbotamento).	Solidez a luz variável (ao desbotamento).
Baixa absorção de óleo.	Alta absorção de óleo.

Fonte: [5].

2.2.7 Solventes

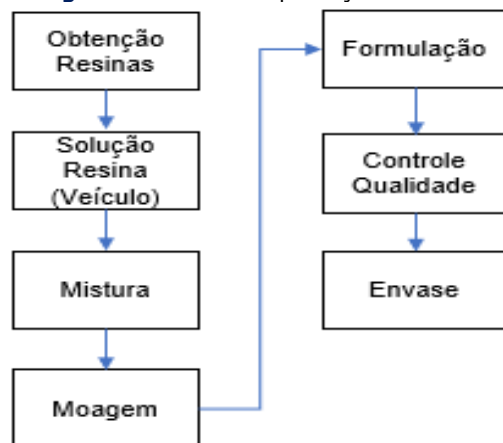
São substâncias líquidas com características físicas e químicas bem definidas que apresentam capacidade para diluir um sistema de resinas escolhido, produzindo uma solução homogênea. Para a utilização do solvente adequado, devem ser levados em consideração alguns parâmetros, tais como poder de solvência, velocidade de evaporação, odor característico, custo e segurança [3,4].

2.3 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 [4].

De acordo com Souza [5], o processo de fabricação das tintas segue o fluxo de produção que está representado na Figura 6.

Figura 6 - Fluxo de produção de tintas.



Fonte: [5].

2.4 PRINCIPAIS ANÁLISES REALIZADAS EM TINTAS FLEXOGRÁFICAS

Segundo Scarpeta [2] e Rohden [13], 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.

2.4.1 Adesão

Este parâmetro é verificado em comparação com o padrão, realizando uma puxada. A extensão 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, aplica-se uma fita adesiva sobre a superfície e a mesma é removida com rapidez. Se toda a tinta ou parte dela se descolar neste teste, significa que há problema de adesão na tinta.

2.4.2 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.

2.4.3 Brilho

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

2.4.4 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.

2.4.5 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 ou utilizado um espectrofotômetro.

2.4.6 Viscosidade

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

2.4.7 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.

2.4.8 Secagem

Realizada a extensão 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.

3 PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

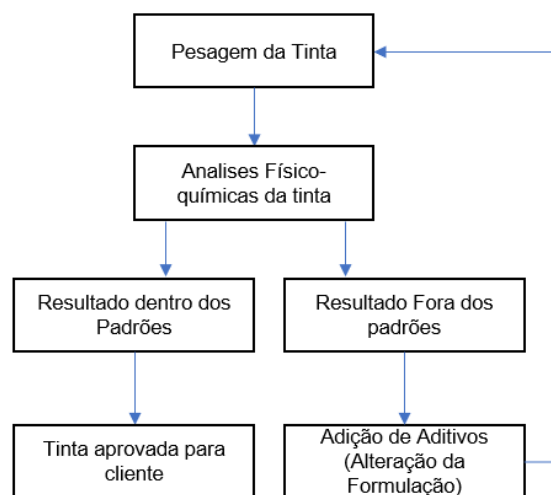
Nesta seção serão apresentados os procedimentos experimentais que foram realizados neste estudo.

3.1 PREPARAÇÃO DAS TINTAS

Foram pesadas as três tintas cromias principais das linhas da flexografia, isto é, amarelo, magenta e azul ftalo, alterando a resina maleica e poliamídica pela poliuretânica, 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, tais como resistência a gordura e umidade, abrasão, *blocking*, entre outros. O teste de *blocking* é para medir se a tinta testada é resistente ao descolamento. A Figura 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: Os Autores.

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. Estes substratos foram adquiridos já prontos para serem utilizados, fabricados pela Empresa GUARÁ Embalagens, situada na cidade de Criciúma-SC.

3.2 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

3.2.1 Secagem

O tempo de secagem foi determinado utilizando a puxada com o extensor Bird 40 µm do padrão e teste em uma placa de vidro com dimensões de 15cm x 30cm x 5cm e acionado o cronômetro. Quando a tinta parou de transferir da placa de vidro para o dedo, foi possível determinar o tempo de secagem da tinta.

3.2.2 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.

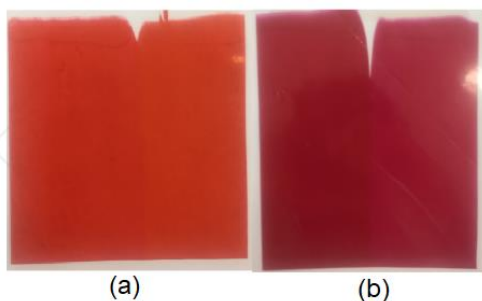
3.2.3 Brilho (UB)

As tintas foram aplicadas em um filme de polietileno pigmentado com o auxílio de um extensor espiral de 10 μm . 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 glôsmeter (aparelho de medição de brilho).

3.2.4 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 μm . A Figura 8 representa a ilustração de um teste aprovado e reprovado.

Figura 8 - Teste de Cobertura e Tonalidade, sendo (a)Aprovado e (b)Reprovado.

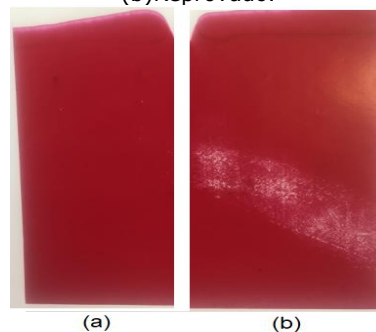


Fonte: Os Autores.

3.2.5 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 filamentososa 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 Figura 9 representa um teste aprovado e um reprovado.

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

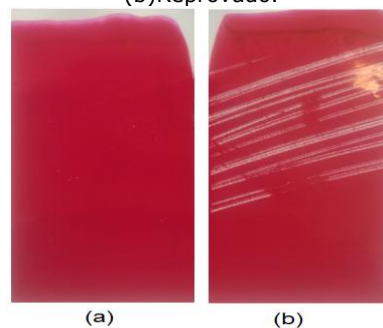


Fonte: Os Autores.

3.2.6 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 Figura 10 representa um teste aprovado e um teste reprovado.

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

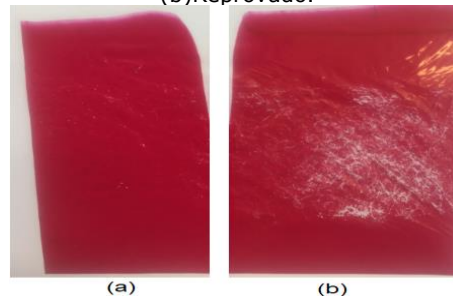


Fonte: Os Autores.

3.2.7 Fricção

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 Figura 11 apresenta um teste aprovado e outro reprovado.

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

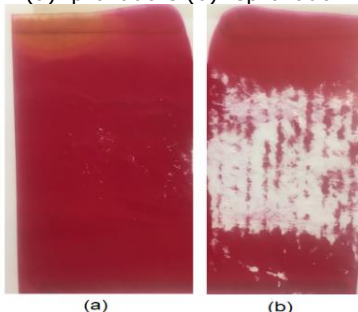


Fonte: Os Autores.

3.2.8 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 Figura 12 representa a aprovação ou reprovação do teste.

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



Fonte: Os Autores.

3.2.9 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 Figura 13 representa um teste reprovado.

Figura 13 - Teste de Blocking Reprovado.



Fonte: Os Autores.

3.2.10 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".

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

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

4.1 FORMULAÇÕES UTILIZADAS

A Tabela 1 apresenta as tentativas de formulações até o encontro de uma condição de equilíbrio e resistência do material nas análises físico-químicas.

Tabela 1: 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: Os Autores.

Conforme a Tabela 1, a formulação que mais se apresentou apta para substituição das resinas poliamídica e fumárica pela poliuretânica foi a formulação D, pois esta demonstrou características e equilíbrio bem semelhantes a formulação A, conforme demonstrado posteriormente pela Tabela 2.

A formulação B foi reprovada pois, conforme observado nos resultados das análises de viscosidade, a resina poliuretânica apresenta característica mais viscosa que as demais resinas, portanto realizando apenas a alteração das resinas não foi possível adequar a viscosidade do produto acabado conforme necessidade da linha, assim foi reduzida a quantidade de resina e conseqüentemente ocorreu aumento da solvência. Este procedimento foi realizado até atingir 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, em especial o de abrasão e de resistência a umidade e gordura, a tinta produzida conforme a formulação C apresentou-se ineficaz. A substituição da resina poliamídica por poliuretânica foi o motivo principal dos resultados não conformes de abrasão e resistência. Por este motivo, foi necessário adicionar aditivos para melhorar estas características na tinta, resultando na formulação D [7].

4.2 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

Os testes físico-químicos realizados na amostra D comparada com a amostra A, não apresentaram diferenças significantes entre si, conforme apresentado na Tabela 2, 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, pois a mesma apresenta uma porcentagem de teor de sólidos maior que o das tintas de base poliamídica e fumárica, e, por isso, apesar da diminuição do percentual de resina nas formulações, o teor de sólido demonstrou-se estável. O resultado é explicado devido à disposição das cadeias poliméricas das resinas utilizadas, polímeros de cadeias longas e cruzadas apresentam viscosidade mais elevada [12].

A Tabela 2 apresenta os resultados encontrados para os testes realizados em laboratório para as três tintas cromias.

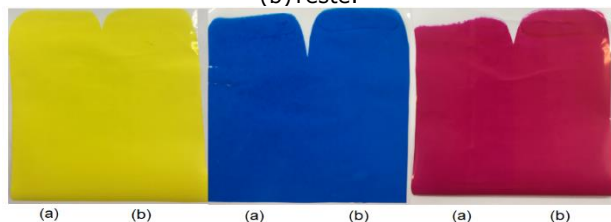
Tabela 2 - Resultados dos testes físico-químicos nas tintas de formulações A e D.

ENSAIOS	AMARELO		VERMELHO		AZUL		ESPECIFICAÇÕES	
	A	D	A	D	A	D	MÍN	MÁX
VISCOSIDADE	30	25	26	25	26	25	20	30
BRILHO	0	1	0	1	0	1	0	2
COBERTURA	0	1	0	1	0	1	0	2
TONALIDADE	0	1	0	1	0	1	0	1
ADESÃO	1	1	1	1	1	1	1	2
FRICÇÃO	1	1	1	1	1	1	1	2
RESISTÊNCIA ÁGUA E LEITE	1	1	2	1	1	1	1	2
COF	0,23	0,23	0,27	0,25	0,22	0,25	0,20	0,30
BLOCKING	2	1	2	1	2	1	1	2
SECAGEM	320	290	430	440	240	210	210	450

Fonte: Os Autores.

Correlacionando os valores encontrados com as especificações mínima e máxima, os resultados encontrados para todas as análises físico-químicas foram extremamente satisfatórios e aprovados para utilização da resina poliuretânica para tintas da linha gelo. A Figura 14 representa o teste de tonalidade e cobertura das tintas cromias, comparando a formulação D (Teste) com a formulação A (Padrão).

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

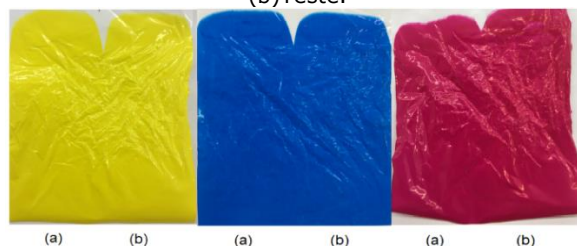


Fonte: Os Autores.

Vale salientar que, entre as análises realizadas, este foi o que teve uma maior variação entre padrão e teste, porém, como se pode notar pela Figura 14, esta variação não é significativa, pois segundo a *Foundation of Flexographic Technical Association*, a tinta passa pelo sistema de rolos de impressão e a aprovação da

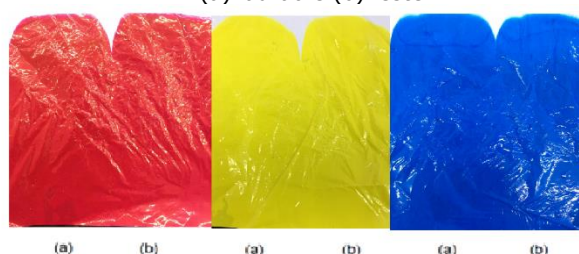
embalagem impressa é realizada através de fotos que são tiradas pelo sistema de impressão, e percebe-se que a fotografia não demonstra a variação encontrada em laboratório [2]. Os testes que são necessários a aplicação de tensão mecânica, como é o caso da fricção e resistência a água e leite, demonstraram-se positivos pois a resina poliuretânica, junto com a nitrocelulose e os aditivos faz com que a tinta não fique com aspecto quebradiço [13]. As Figuras 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: Os Autores.

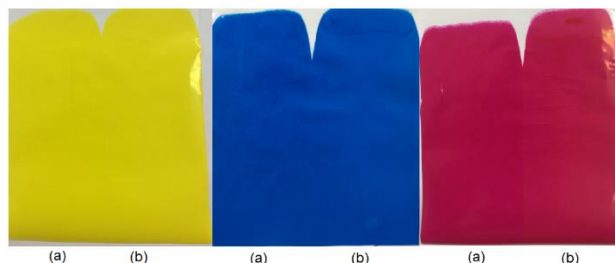
Figura 16 - Teste de Resistência a Água e Leite, sendo (a) Padrão e (b) Teste.



Fonte: Os Autores.

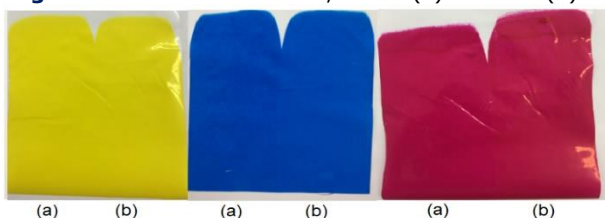
A adição dos aditivos fez-se necessária pois a resina poliuretânica é comumente utilizada na linha laminação, onde a resistência a abrasão não se faz necessária, pois segundo o produto de embalagens plásticas, GUARÁ Embalagens, nesta linha faz-se a aplicação de um filme laminado por cima da impressão,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

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



Fonte: Os Autores.

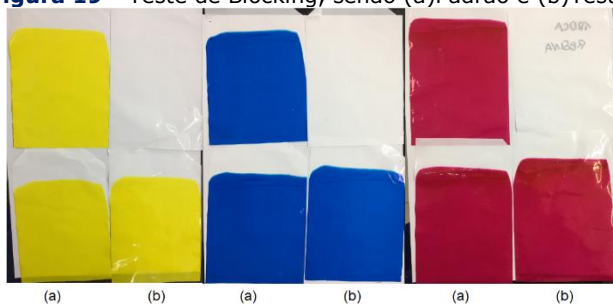
Figura 18 - Teste de Adesão, sendo (a) Padrão e (b) Teste.



Fonte: Os Autores.

A resina poliamicídica, por não apresentar resistência a altas temperaturas, sua presença na formulação de uma tinta pode acarretar em *tack* residual. Segundo Souza [5], a resina poliuretânica 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 poliamicídica pela poliuretânica faz com que o *blocking* não ocorra e seja até mais eficiente, conforme demonstrado pela Figura 19 e Tabela 4.

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



Fonte: Os Autores.

4.3 ANÁLISE DE CUSTO

A Tabela 3 apresenta o custo de produção das tintas da formulação original (A) comparada com a fórmula alterada (D) por quilograma de tinta formulada.

Tabela 3 - Custo de Produção Padrão x Teste (por kg de tinta)

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: Os Autores.

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 poliuretânica é menor que a formulação com poliamicídica e fumárica. Isso ocorre, pois, as resinas poliuretânica e fumárica possuem características melhores de resistência e brilho, para serem aplicadas na linha gelo [4].

O custo de produção só não é maior, segundo Fazenda [12], porque 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 de aditivo na tinta. 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 Tabela 4 demonstra uma simulação da economia que a indústria conseguiria em diferentes produções, utilizando a formulação D (teste) ao invés da formulação A (padrão).

Tabela 4: Demonstração prática da economia do custo de produção.

PRODUÇÃO DE TINTAS (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: Autores (2020).

5 CONCLUSÕES

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 poliamicídica e fumárica pela poliuretânica 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 das matérias-primas e a incorporação de mais aditivos em sua formulação.

Para trabalhos futuros, vale ressaltar que a resina poliuretânica, 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 para embalagens de álcool, pois a mesma utiliza das resinas fumárica e poliamicídica como principal

componente de formulação. Além de uma possível realização de blenda de resinas, para não haver necessidade do aumento de percentual de aditivos e diminuir ainda mais o custo de produção.

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

REFERÊNCIAS

- [1] 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.
- [2] SCARPETA, Eudes. **Flexografia: Manual prático.** 1^o ed. Bloco Comunicação Ltda, São Paulo 2007.
- [3] IZDEBSKA, Joana. **Flexographic Printing. Printing on Polymers.** Editor(s): Joanna Izdebska, Sabu Thomas, Printing on Polymers, William Andrew Publishing, 2016, p. 179-197, ISBN 9780323374682. Acesso em: 30 jun. 2021.
- [4] ISLIP: Foundation of Flexographic Technical Association. **FLEXOGRAPHY: Principles & Practices.** 5. ed., 1999. 940 p. v.1.
- [5] 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.
- [6] IHA, Koshun LTDA. **Tempo de vida útil de propelentes base-simples.** São Paulo, 2007.
- [7] QUIMICA, Nitro. **Manual Técnico de Nitrocelulose,** 1ed. São Paulo, 54 p.
- [8] PEREIRA, Fernanda de Melo. **Otimização da Metodologia de determinação voltamétrica dos isômeros do ácido butenodiólico.** 2009. 67 p. Dissertação (Magister Scientiae) Universidade Federal de Viçosa, [S,I], 2009.
- [9] VICENTE, José Aparecido. **Materiais plásticos de engenharia e suas aplicações.** São Paulo, SP: [s.n], 2009.
- [10] ODIAN, George. **Principles of polymerization.** 4 ed. New York, 2004.
- [11] KLOSS, Juliana Regina. **Síntese e caracterização de poliuretanos biodegradáveis à base de poli(ε-carprolactona).** Curitiba, 2007. 203 f.
- [12] FAZENDA, Jorge LTDA. **Tintas e Vernizes: ciência e tecnologia.** Associação Brasileira dos Fabricantes de tintas, 2 ed. São Paulo, 1995.
- [13] ROHDEN, Andreson. **Tintas Para Impressão Flexográfica:** Parte 1. [S. I.], 17 jun. 2011. Disponível em: <http://flexomagazine.blogspot.com/2011/06/tintas-para-impressao-flexografica.html>. Acesso em: 08 mar. 2020.
- [14] BARRA, Guilherme. **Apostila de Processos 4:** Parte 1: Fundamentos de Reologia de Materiais Poliméricos. Florianópolis. 68 p, 2008.