

FAACZ – FACULDADES INTEGRADAS DE ARACRUZ
ENGENHARIA QUÍMICA

BÁRBARA BLASER SACCANI
BRENDA HELLEN REIS DE OLIVEIRA
BRUNO ARAÚJO APRÍGIO
LOURRANA SILVA MOREIRA

**UTILIZAÇÃO DE POLIESTIRENO E DE POLIESTIRENO EXPANDIDO NA
OBTENÇÃO DE VERNIZ PARA A PRODUÇÃO DE TINTA IMOBILIÁRIA**

Aracruz,

2019

FAACZ – FACULDADES INTEGRADAS DE ARACRUZ
ENGENHARIA QUIMICA

BÁRBARA BLASER SACCANI
BRENDA HELLEN REIS DE OLIVEIRA
BRUNO ARAÚJO APRÍGIO
LOURRANA SILVA MOREIRA

**UTILIZAÇÃO DE POLIESTIRENO E DE POLIESTIRENO EXPANDIDO NA
OBTENÇÃO DE VERNIZ PARA A PRODUÇÃO DE TINTA IMOBILIÁRIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado as FAACZ - Faculdades Integradas de Aracruz como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Química.

Orientador: Prof^o M. Sc. Mário Sérgio da Rocha Gomes.

Aracruz,

2019

BÁRBARA BLASER SACCANI
BRENDA HELLEN REIS DE OLIVEIRA
BRUNO ARAÚJO APRÍGIO
LOURRANA SILVA MOREIRA

**UTILIZAÇÃO DE POLIESTIRENO E DE POLIESTIRENO EXPANDIDO NA
OBTENÇÃO DE VERNIZ PARA A PRODUÇÃO DE TINTA IMOBILIÁRIA**

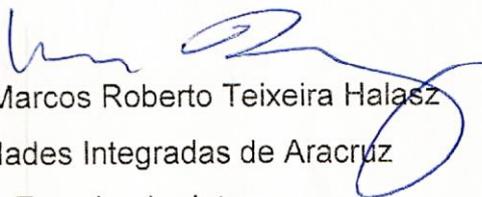
Trabalho de conclusão de curso apresentado à
coordenadoria do curso de Engenharia Química
das Faculdades Integradas de Aracruz, como re-
quisito parcial para a obtenção do título de Ba-
charel em Engenharia Química.

Aprovado em 11 de dezembro de 2019

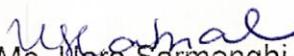
COMISSÃO EXAMINADORA



Prof. Me. Mario Sergio da Rocha Gomes
Faculdades Integradas de Aracruz
Orientador



Prof. Dr. Marcos Roberto Teixeira Halasz
Faculdades Integradas de Aracruz
Examinador interno



Prof. Me. Uara Sarmenghi Cabral
Prefeitura Municipal de Aracruz
Examinador externo

DECLARAÇÃO DO AUTOR

Declaro, para fins de pesquisa acadêmica, didática e técnico-científica, que este Trabalho de Conclusão de Curso pode ser parcialmente utilizado, desde que se faça referência à fonte e aos autores.

Aracruz, 04 de dezembro de 2019.

Bárbara Blaser Saccani

Brenda Hellen Reis de Oliveira

Bruno Araújo Aprígio

Lourrana Silva Moreira

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus, Nosso Mestre, que permitiu que vivêssemos tudo isso, por nos ter dado força, coragem e inteligência no decorrer desses anos. A Ele a nossa gratidão.

Aos nossos pais, que pelo amor incondicional, exemplos de vida, ensinamentos e valores que nos trouxeram até aqui e que apesar de todas as dificuldades, nos ajudaram na realização de nosso sonho.

Agradecemos a todos os professores que participaram da nossa jornada e que nos ajudaram a chegar até aqui.

Amigos, família e a todos aqueles que nos auxiliaram direta ou indiretamente para que nosso objetivo fosse alcançado.

RESUMO

As tintas estão mundialmente presentes em vários aspectos no cotidiano de qualquer indivíduo, trazendo com elas, além do papel decorativo, a função de proteção, como por exemplo, contra corrosão, fungos e umidade. No Brasil não é diferente, o mercado de produção e consumo de tintas é bastante promissor, visto que já ocupa posição de destaque mundial, destaque este que carrega com ele a necessidade de inovação, palavra comum no mercado atual. Para isto, muitos estudos são realizados para buscar o melhoramento do produto, principalmente se tratando de tinta imobiliária, agregando a ele tecnologias avançadas juntamente com uma redução no custo final e a criação de novos produtos cada vez mais criativos e necessários. Entre os principais ramos de estudos realizados na área estão os que envolvem sustentabilidade, visando a redução de aspectos e impactos ambientais causados pela fabricação e consumo de tintas e vernizes, como por exemplo, a geração de resíduos sólidos e de efluente. Tomando como exemplo alguns destes estudos, foi avaliado neste trabalho a produção de uma tinta, produzida através da utilização do polímero poliestireno (PS) e poliestireno expandido (EPS), obtidos a partir de copos plásticos descartáveis e Isopor®, respectivamente, visando à redução destes resíduos no meio ambiente e trazendo uma alternativa sustentável para a produção de tintas imobiliárias. Para a produção da tinta, inicialmente, foram realizados testes com ambos polímeros, com a intenção de encontrar o solvente com melhor interação para a produção do verniz, que posteriormente, foi aplicado como base na produção de uma tinta imobiliária. Em seguida, a partir de experimentos físico-químicos, a metodologia foi aplicada em escala laboratorial com o intuito de confirmar a literatura utilizada e comparar a tinta produzida com uma tinta encontrada no mercado.

PALAVRAS-CHAVE: Tinta Imobiliária, Poliestireno, Poliestireno Expandido, Meio Ambiente.

ABSTRACT

Paints are present worldwide in various aspects in the daily life of any individual, bringing with them, in addition to decorative paper, the protective function, such as against corrosion, fungi and moisture. In Brazil is no different, the paint production and consumption market is very promising, since it already occupies a prominent position worldwide, which carries with it the need for innovation, a common word in the current

market. To this end, many studies are conducted to pursue product improvement, especially in the case of real estate paint, adding advanced technologies together with a reduction in the final cost and the creation of increasingly creative and necessary new products. Among the main fields of study carried out in the area are those involving sustainability, aimed at reducing environmental aspects and impacts caused by the manufacture and consumption of paints and varnishes, such as the generation of solid waste and effluent. Taking as an example some of these studies, it was evaluated in this work the production of a paint produced using the polystyrene polymer (PS) and expanded polystyrene (EPS), obtained from disposable plastic cups and Isopor®, respectively, aiming at reducing this waste into the environment and bringing a sustainable alternative to the production of real estate paints. For the production of paint, initially, tests were performed with both polymers, with the intention of finding the solvent with the best interaction for the production of varnish, which was later applied as a basis for the production of a real estate paint. Then, based on physicochemical experiments, the methodology was applied on a laboratory scale in order to confirm the literature used and compare the paint produced with a paint found in the market.

KEYWORDS: Real Estate Paint, Polystyrene, Expanded Polystyrene, Environment.

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Cálculo da viscosidade cinemática.....	24
Equação 2 - Umidade.....	25
Equação 3 - Volume do picnômetro.....	26
Equação 4 - Massa específica da tinta.....	27
Equação 5 - Teor de sólidos.....	30

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação do monômero do Poliestireno.....	17
Figura 2 - Viscosímetro com tripé, copo Ford e placa plana.....	24
Figura 3 - Ilustração do auxílio da régua para a determinação do desgaste da área.....	28
Figura 4 - Solubilização dos copos plásticos descartáveis com acetato de etila.....	34
Figura 5 - Solubilização do Isopor® com acetato de etila.....	34
Figura 6 - Solubilização dos copos plásticos descartáveis com acetona.....	35
Figura 7 - Solubilização do Isopor® com acetona.....	35
Figura 8 - Solubilização dos copos plásticos descartáveis com thinner.....	35
Figura 9 - Solubilização do Isopor® com thinner.....	36
Figura 10 - Copos plásticos descartáveis dissolvidos em acetato de etila.....	36
Figura 11 - Isopor® dissolvidos em acetato de etila.....	37
Figura 12 - Teste de resistência à abrasão úmida para a tinta comercial.....	41
Figura 13 - Teste de resistência à abrasão úmida para a tinta produzida.....	41
Figura 14 - Teste de aderência para a tinta comercial.....	42
Figura 15 - Destacamento da película de tinta para o grupo 1.....	42
Figura 16 - Teste de aderência para a tinta produzida.....	43
Figura 17 - Tinta produzida (A) e tinta comercial (B) no concreto.....	43
Figura 18 - Tinta comercial no concreto (à esquerda) e tinta produzida (à direita) após tempo de cura.....	44
Figura 19 - Exposição à luz solar para a tinta comercial e tinta produzida, respectivamente.....	47
Figura 20 - Exposição à névoa salina para a tinta produzida e tinta comercial, respectivamente.....	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Volume de solvente a ser usado para 0,5 g de copos descartáveis.....	23
Tabela 2 - Volume de solvente a ser usado para 0,5 g de Isopor®.....	23
Tabela 3 - Composição de 1L de tinta usando poliestireno (copos plásticos descartáveis).....	26
Tabela 4 - Destacamento da área ensaiada.....	28
Tabela 5 - Boletim técnico da tinta comercial para efeitos de comparação.....	32
Tabela 6 - Resultado do teste de solubilidade do Isopor®.....	33
Tabela 7 - Resultado do teste de solubilidade dos copos plásticos descartáveis.....	33
Tabela 8 - Resultados dos testes de viscosidade para os copos plásticos descartáveis.....	37
Tabela 9 - Resultados dos testes de viscosidade para o Isopor®.....	37
Tabela 10 - Composição final de 1 L do verniz final.....	38
Tabela 11 - Resultado do teste de impermeabilidade.....	38
Tabela 12 - Composição final de 1 L de tinta.....	39
Tabela 13 - Teor de sólidos da tinta produzida e da tinta comercial.....	44
Tabela 14 - Tempo de secagem para a tinta produzida e tinta comercial.....	45
Tabela 15 - Valores dos componentes utilizados na tinta produzida.....	48
Tabela 16 - Valores dos componentes para 1 tonelada de tinta.....	48

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVOS	15
2.1	OBJETIVO GERAL	15
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3	REFERENCIAL TEÓRICO	16
3.1	TINTAS	16
3.1.1	Composição das tintas	16
3.2	DESENVOLVIMENTO DO SETOR DE TINTAS	17
3.3	RESÍDUOS POLIMÉRICOS: O POLIESTIRENO E POLIESTIRENO EXPANDIDO	18
3.3.1	Poliestireno	18
3.3.2	Poliestireno expandido	19
3.4	PROPRIEDADES DO POLIESTIRENO E DO POLIESTIRENO EXPANDIDO	19
4	METODOLOGIA	22
4.1	OBTENÇÃO DO MATERIAL	22
4.2	PREPARAÇÃO DO MATERIAL	22
4.3	SOLUBILIZAÇÃO DO MATERIAL	22
4.4	ANÁLISE DA VISCOSIDADE	23
4.5	ANÁLISE DA IMPERMEABILIDADE	24
4.6	FORMULAÇÃO DA TINTA	25
4.7	CONTROLE DE QUALIDADE	26
4.7.1	Determinação da massa específica	26
4.7.2	Determinação da resistência à abrasão úmida sem pasta abrasiva	27
4.7.3	Determinação da aderência	28
4.7.4	Determinação do teor de sólidos	29
4.7.5	Determinação do tempo de secagem ou de cura	30
4.7.6	Ensaio de exposição ao intemperismo natural	31
4.7.7	Ensaio de exposição a névoa salina	31
4.8	AVALIAÇÃO DE CUSTO DA MATÉRIA-PRIMA	31
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	33
5.1	SOLUBILIZAÇÃO	33
5.2	VISCOSIDADE	37
5.3	IMPERMEABILIDADE	38

5.4	FORMULAÇÃO DA TINTA	39
5.5	CONTROLE DE QUALIDADE	40
5.5.1	Determinação da massa específica.....	40
5.5.2	Determinação da resistência à abrasão úmida sem pasta abrasiva	40
5.5.3	Determinação da aderência	41
5.5.4	Determinação do teor de sólidos	44
5.5.5	Determinação do tempo de secagem ou de cura	45
5.5.6	Ensaio de exposição ao intemperismo natural.....	46
5.5.7	Ensaio de exposição a névoa salina	47
5.6	AVALIAÇÃO DE CUSTO DA MATÉRIA-PRIMA.....	48
6	CONCLUSÃO.....	50
7	REFERÊNCIAS	52

1 INTRODUÇÃO

A produção de tintas é muito antiga, sua origem se deu nos tempos pré-históricos com as pinturas rupestres, que tinham função decorativa e muitas vezes contavam uma história. Mais tarde, quando introduzida nos países do norte da América e da Europa, em que as condições climáticas eram mais severas, o aspecto proteção ganhou maior importância. Desde então, muitas descobertas foram feitas e novas funções foram adotadas, até chegar ao produto que é utilizado nos dias atuais. E, embora muitas vezes passem despercebidas, são fundamentais em diversos setores da indústria e no dia a dia do ser humano (FAZENDA, 2005).

A história do Brasil no setor de tintas ainda é recente, no entanto, o país já ocupa posição de destaque. O seu mercado é formado por grandes empresas e fábricas de médio e pequeno porte, que abrangem todos os setores de tintas. Segundo a ABRAFATI (Associação Brasileira dos Fabricantes de Tintas), em 2018, o Brasil ocupou o 5º lugar no ranking mundial em produção de tintas. Neste mesmo ano, foram produzidas aproximadamente 1,548 bilhões de litros com um crescimento de aproximadamente 0,85% em relação ao ano anterior. Desse total, 82,7% refere-se a tintas direcionadas à construção civil (ABRAFATI, 2019; CETESB, 2006).

Na construção civil, a pintura representa um processo de grande importância, além de decorar e proteger o substrato, a tinta pode oferecer uma melhor limpeza dos ambientes, ter a função de sinalizar, isolar termicamente, controlar a luminosidade ou influir psicologicamente sobre as pessoas por meio de suas cores. O que demonstra que a tecnologia de aplicação das tintas e vernizes está em constante evolução, assim como o próprio desenvolvimento das tintas. O aparecimento de novas técnicas de produção demanda muitas alterações na tecnologia das tintas, havendo, por vezes, a necessidade de desenvolvimento até nas técnicas de aplicação (FAZENDA, 2005; IBDA, 2018).

Como resultado de todo esse investimento em tecnologia, grandes progressos têm sido alcançados pela categoria, principalmente os relacionados à proteção ao meio ambiente, visando basicamente a redução dos principais aspectos e impactos ambientais do setor, podendo estes estarem associados tanto ao processo produtivo,

como a geração de efluentes na produção, quanto na utilização do produto, como as emissões atmosféricas do processo de cura (CETESB, 2006).

Tendo como exemplo as inovações de mercado relacionadas à preservação ambiental, uma das alternativas adotadas para a redução dos impactos ambientais gerados pela indústria de tintas é a reutilização de materiais poliméricos que seriam descartados no meio ambiente como uma das matérias-primas da tinta. A utilização de copos plásticos descartáveis e o Isopor®, produzidos a partir do poliestireno (PS) e poliestireno expandido (EPS), se mostra uma opção adequada, visto que ambos, após sua utilização são descartados pelos consumidores.

O Brasil produz cerca de 100 mil toneladas de copos plásticos descartáveis por ano, dos quais somente 4% passam pelo processo de reciclagem. Já em relação ao Isopor®, a produção no Brasil chega a 44,9 mil toneladas no ano, sendo que, deste total, apenas 34,5% é reciclado. Segundo a Agência Brasil, o país perde cerca de R\$ 5,7 bilhões de reais por ano, por não realizar a reciclagem do Isopor®. Como contribuição para o melhoramento deste cenário e como aprimoramento para o mercado de tintas imobiliárias, este trabalho tem como objetivo promover a utilização de copos plásticos descartáveis e do Isopor® como matéria-prima na produção de um verniz, que será aplicado como base na produção de tinta imobiliária (ABIQUIM, 2014; MUNDO ISOPOR, 2018).

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Utilizar o poliestireno e o poliestireno expandido na elaboração de verniz para a composição de uma tinta imobiliária.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar o solvente ideal para a produção do verniz;
- Definir a proporção resina/solvente do verniz a partir da viscosidade;
- Utilizar o verniz obtido para produzir uma tinta imobiliária;
- Realizar testes de controle de qualidade da tinta produzida com base nas normas existentes para tintas imobiliárias;
- Comparar a tinta produzida com uma existente no mercado com base nos resultados dos testes de controle de qualidade;
- Avaliar o custo da matéria-prima da tinta produzida.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 TINTAS

As tintas podem ser consideradas como a mistura de elementos sólidos em um aglomerante líquido, sendo, em sua maioria, líquidas e viscosas. Quando aplicadas a uma superfície, sofrem o processo de cura, formando um filme aderente. Esse filme é responsável pela proteção e embelezamento da superfície (FAZENDA, 2005).

A classificação das tintas pode ocorrer de várias formas, já que a mesma é composta por várias matérias-primas. De acordo com o mercado e tecnologias representativas, as tintas são classificadas como: tintas imobiliárias, tintas industriais do tipo OEM (*original equipment manufacture*) e tintas especiais (GAUTO, 2011).

3.1.1 Composição das tintas

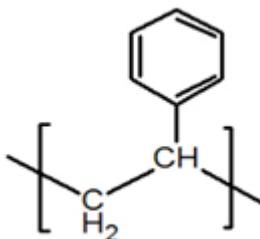
Os componentes básicos de uma tinta são: resina, pigmento, aditivo e solvente. Os vernizes possuem os mesmos componentes de uma tinta, com exceção aos pigmentos (GAUTO, 2011).

A resina é responsável pela maior parte das características físico-químicas da tinta, como o brilho, aderência e a resistência química e física, e pela formação da película, sendo constituinte aglomerante das partículas de pigmentos (CETESB, 2006; GAUTO, 2011).

Em sua grande maioria, as resinas são polímeros de natureza orgânica, como por exemplo, as resinas vinílicas e alquídicas, que denominam o tipo de tinta e nome da mesma, como as tintas vinílicas e alquídicas (FAZENDA, 2005; GAUTO, 2011).

O poliestireno (PS) e o poliestireno expandido (EPS) constituem uma resina vinílica, ou seja, é formado a partir de monômeros vinílicos ($H_2C=CH_2$) conforme apresentado na figura 1 (MENDA, 2011).

Figura 1: Representação do monômero do Poliestireno.



Fonte: MENDA, 2011.

Os pigmentos são substâncias, orgânicas ou inorgânicas, usadas não só em tintas, mas em plásticos, cerâmicas e papéis, para dar cor aos materiais. São partículas sólidas e muito finas, insolúveis na resina, que além da coloração, podem oferecer proteção anticorrosiva, impermeabilidade e boa opacidade da película de tinta (GAUTO, 2011; SHREVE, 1997).

Os aditivos são componentes químicos, utilizados em pequenas concentrações, para conferir características específicas às tintas, como o aumento da proteção anticorrosiva, melhoria do nivelamento, antiespumantes e bloqueio dos raios UV (CETESB, 2006).

Os solventes são compostos (orgânicos e água) responsáveis pelo aspecto líquido da tinta, atuam na solubilização da resina e no controle de viscosidade, além de facilitar a aplicação (GAUTO, 2011).

A escolha do solvente é feita de acordo com a viscosidade desejada, forma de aplicação e, o principal, a solubilidade da resina no mesmo. O solvente irá resultar em uma película com propriedades ideais, já que as propriedades da película seca são afetadas pelo solvente, que irão promover a dispersão da resina, contribuir para o nivelamento e controlar a evaporação (CETESB, 2006; FAZENDA, 2005).

3.2 DESENVOLVIMENTO DO SETOR DE TINTAS

O desenvolvimento do setor de tinta tem sido notável, não só no que diz respeito a novos tipos de solventes e pigmentos, que buscam agredir menos o meio ambiente e não sejam perniciosos à saúde, como numa produção mais limpa e sustentável. Os maiores avanços estão relacionados às tintas imobiliárias, automotivas, para repintura automotiva e para a indústria em geral (DI GIULIO, 2007).

A utilização de resíduos poliméricos, como os copos plásticos descartáveis (PS) e o Isopor® (EPS), na produção de tinta imobiliária, se mostra como uma reutilização inovadora e ambientalmente correta, não só no setor em questão, mas também no mercado de descarte e reciclagem de resíduos, sendo que com este fim, estará evitando-se que várias toneladas destes resíduos sejam descartadas de maneira incorreta no meio ambiente.

3.3 RESÍDUOS POLIMÉRICOS: O POLIESTIRENO E POLIESTIRENO EXPANDIDO

Os copos plásticos descartáveis e o Isopor® vieram como facilitadores e resolvem inúmeros problemas da vida diária. No entanto, são utilizados uma vez e por tempo limitado, sendo descartados imediatamente após o uso, gerando toneladas de resíduos todos os dias. Diante disso, preocupações ambientais vêm surgindo e se tornando cada dia mais alarmantes, devido ao fato de grande parte desses plásticos, estarem sendo descartados nos rios, lagos e por fim, nos oceanos, gerando um grande problema ambiental, que afeta não só a vida marinha, mas à raça humana (SANTOS, 2014).

Os copos plásticos descartáveis de poliestireno são classificados como resíduos inertes de classe IIB, ou seja, que são de difícil decomposição, segundo a NBR/ABNT 10004:2004. Ao se acumular nos lixões, esses resíduos impedem a troca de líquidos e gases no processo de degradação biológica podendo ultrapassar 100 anos para se decompor (SENADO VERDE, 2018).

O Isopor®, quando descartado incorretamente, tende a se quebrar, gerando microplásticos que absorvem compostos químicos tóxicos, como mercúrio e chumbo de lagos, rios e oceanos prejudicando os animais aquáticos que confundem esses microplásticos contaminados com alimento. Esses animais marinhos são intoxicados, assim como qualquer ser que se alimente deles posteriormente (ECYCLE, 2010).

3.3.1 Poliestireno

O poliestireno é um termoplástico barato, duro, rígido, transparente, com boa resistência elétrica e à umidade. Suas propriedades físicas podem variar dependendo da distribuição da massa molecular, do processo e dos aditivos (LOKENSGARD, 2013).

Os polímeros classificados como termoplásticos possuem cadeias longas individuais que não se cruzam, podendo ser ramificadas ou lineares. Termoplásticos podem ser dissolvidos por solventes orgânicos e amolecem quando aquecidos, podendo adquirir formas, sendo assim, facilmente reciclados (SANTOS, 2014).

3.3.2 Poliestireno expandido

O poliestireno expandido (EPS) é feito aquecendo-se o poliestireno com um produtor de gás. Mistura-se um líquido volátil como o propileno, butileno ou cloreto de metileno no fundido quente atingindo-se a espuma. Conforme a mistura sai do extrusor, liberam-se os produtos gasosos com o produtor de gás, formando um material de baixa densidade. Esses produtos gasosos podem ser o pentano, neopentano ou éter de petróleo. Com a moldagem final, o produto gasoso se volatiliza fazendo as pérolas individuais se expandirem e se fundirem (LOKENS GARD, 2013).

3.4 PROPRIEDADES DO POLIESTIRENO E DO POLIESTIRENO EXPANDIDO

3.4.1 Impermeabilidade

Pode-se citar algumas vantagens do poliestireno para seu uso na fabricação de tintas e vernizes, como: claridade ótica, baixa densidade, alto brilho, baixo custo, boa rigidez e baixa resistência a solvente (LOKENS GARD, 2013).

As tintas e vernizes produzidos com poliestireno também possuem boa capacidade de impermeabilização, ou seja, protegem o material contra agentes danificadores externos, como a água, o calor e a abrasão, que são os principais fatores de desgaste, sendo o principal deles a água, que possui alta penetração em substâncias. Uma das maneiras de barrar a entrada da água é por um sistema rígido, onde o reboco recebe um polímero, cristalizante ou hidrofugante, evitando que a água se infiltre nos poros do material (MENEDEZ et al. 2014; NBR 9575:2003).

3.4.2 Solubilidade

Quando um polímero entra em contato com um solvente compatível, quatro camadas são formadas: a camada de infiltração, a camada sólida inchada, a camada de gel e a camada líquida. No início, o solvente irá penetrar no polímero, preenchendo os espaços vazios e iniciando o processo de difusão, o que resulta na camada sólida inchada. O polímero passará de um estado vítreo para um estado de borracha, que é a camada de gel. Depois desse ponto, um líquido irá se formando gradualmente,

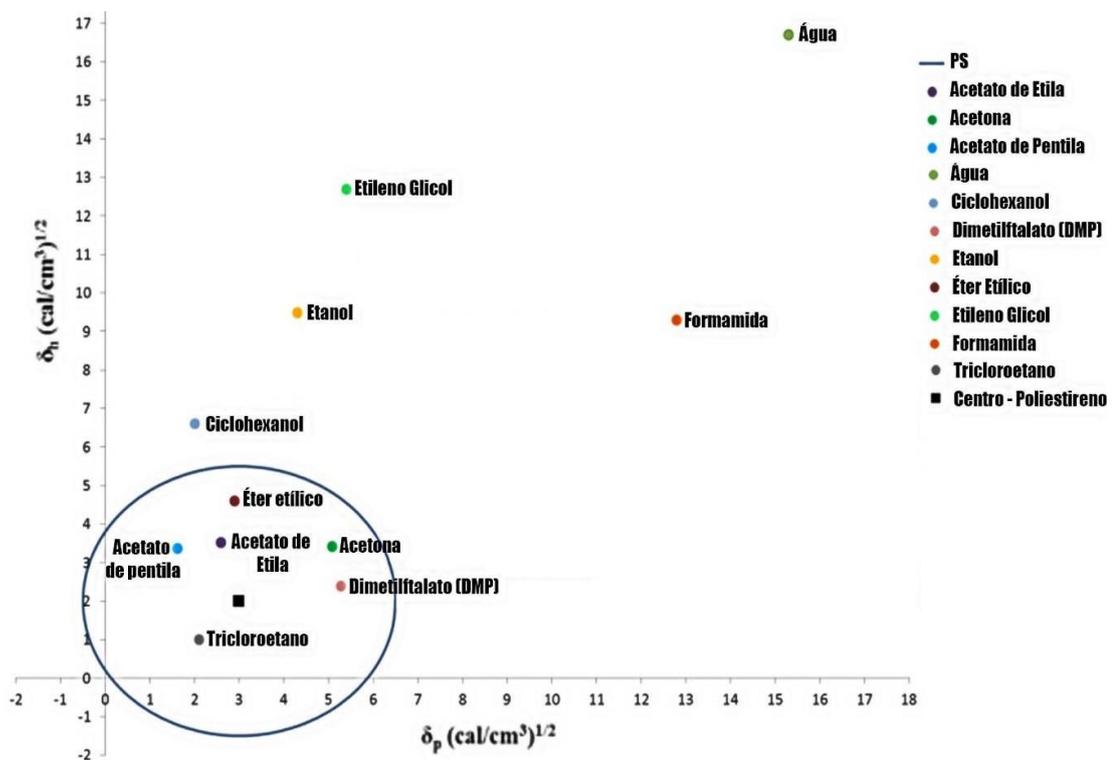
formando a camada líquida. A dissolução de polímeros desempenha um papel fundamental na reciclagem de plásticos (MILLER-CHOU, 2003).

Em seu trabalho de conclusão de curso Pazzini (2015) estudou a solubilidade do PS em solventes orgânicos usando os parâmetros de solubilidade de Hansen, que propôs em sua tese de doutorado:

“[...] que o parâmetro de solubilidade é formado pelo somatório das várias forças presentes na molécula, tendo, portanto, contribuições relativas às forças de dispersão (δ_d), às forças de ligação de hidrogênio (δ_h) e das interações dipolo-dipolo (δ_p) (CANEVAROLO,2006)”.

Como resultado do estudo obteve-se o gráfico 1, que apresenta o círculo de solubilidade do poliestireno e os solventes com maior interação, segundo os parâmetros de Hansen. Quanto mais próximo do centro do círculo, maior será a interação material/solvente.

Gráfico 1 – Parâmetros de Hansen para diversos solventes e para o poliestireno.



Fonte: Pazzini, 2015.

Onde:

δ_h = Forças intermoleculares do tipo ligação de hidrogênio;

δ_p = Forças intermoleculares do tipo dipolo permanente-dipolo permanente.

3.4.3 Controle de qualidade

A determinação da massa específica é importante no controle de qualidade, pois através dela pode-se conhecer a massa em relação ao volume de tinta comprada, uma vez que, as tintas são comercializadas em volumes. Através desse teste também é possível determinar o consumo de materiais na composição da tinta (VARELA, 2019).

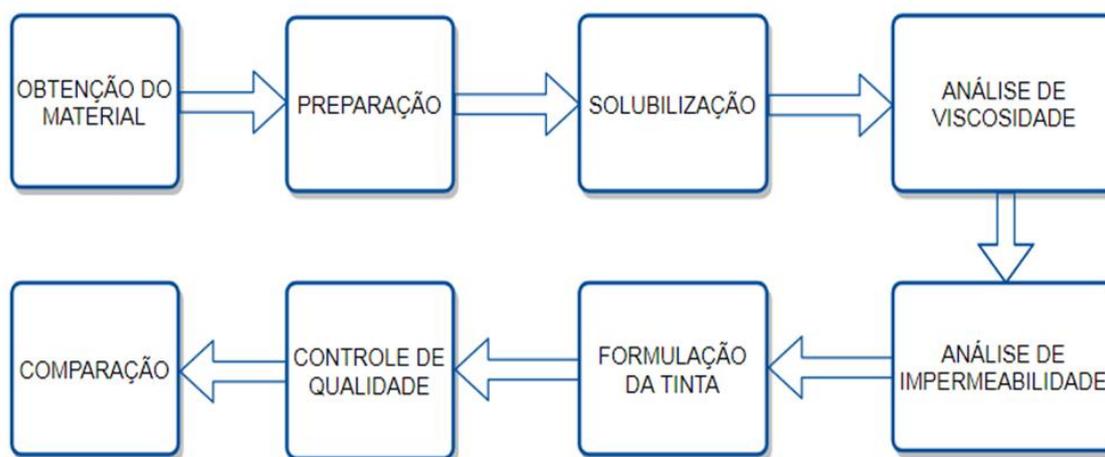
Uma maior resistência mecânica da tinta, ou seja, com bons resultados no teste de resistência à abrasão úmida sem pasta abrasiva, favorece um processo mais estável e mais fácil de ser controlado. Já a determinação da aderência promove o conhecimento de como os compostos, em geral, adições e aditivos alteram as propriedades da tinta em relação a aderência, podendo assim entender as interações desses compostos na tinta. A determinação do teor de sólidos é de grande relevância não apenas para a obtenção de uma boa qualidade, como também para se evitar desperdícios de material (INCOPIOS, 2019; SIQUEIRA, 2019; VAZ, 2019).

Uma película de tinta sem formação de bolhas e sem dificuldades de aplicação é desejável no processo de cura, sendo possível determinar esse fator por meio da determinação do tempo de secagem. Considerando que, a tinta após sua aplicação estará exposta por tempo indeterminado a intempéries da natureza, como chuva, sol e vento, é importante observar as alterações provocadas na película de tinta e analisar a durabilidade da qualidade desta. Outro fator importante que se origina desse teste são os efeitos da exposição da película à névoa salina, que simula os efeitos de uma atmosfera marítima. A suspensão salina não é corrosiva, uma vez que, seu pH está próximo a 6,5, porém, a solução é um forte eletrólito que provoca corrosão no substrato (TORK, 2019).

4 METODOLOGIA

Todos os procedimentos experimentais listados a seguir foram realizados nos Laboratórios de Química e de Resistência dos Materiais das Faculdades Integradas de Aracruz (FAACZ). O procedimento experimental para o presente trabalho, segue o proposto pelo fluxograma 1.

Fluxograma 1 – Fluxograma para a produção da tinta.



4.1 OBTENÇÃO DO MATERIAL

Os copos plásticos descartáveis recolhidos eram destinados ao consumo de água e café. O Isopor® foi obtido a partir de caixas de eletrodomésticos.

4.2 PREPARAÇÃO DO MATERIAL

Os copos plásticos descartáveis e Isopor® foram limpos manualmente com água corrente e sabão neutro. Em seguida, foram picotados em pequenos pedaços e moídos no Moinho de Facas tipo Wiley.

4.3 SOLUBILIZAÇÃO DO MATERIAL

Foram realizados testes para determinar o melhor solvente para a solubilização do material para a resina. Baseado em estudos anteriores (FERNANDES, 2015 e PAZZINI, 2015), foram definidos os seguintes solventes para teste:

- Acetato de Etila;
- Acetona;
- Thinner.

Depois de moídos, os copos plásticos descartáveis e Isopor® foram pesados separadamente e cada material foi adicionado a um béquer de 100 mL e solubilizado a um dos solventes escolhidos. A massa dos polímeros foi mantida fixa, enquanto o volume dos solventes variou, conforme a tabela 1 e 2, a fim de ver o comportamento do polímero com a variação da concentração. Foram pesados 0,5 g de cada material.

Tabela 1 – Volume de solvente a ser usado para 0,5 g de copos descartáveis.

Solvente	Acetato de Etila	Acetona	Thinner
	10	10	10
Volume (mL)	25	25	25
	50	50	50
	75	75	75

Fonte: Autores.

Tabela 2 – Volume de solvente a ser usado para 0,5 g de Isopor®.

Solvente	Acetato de Etila	Acetona	Thinner
	5	5	5
Volume (mL)	10	10	10
	15	15	15

Fonte: Autores.

O principal critério a ser analisado foi a solubilidade do material no solvente. Caso houvesse mais de um solvente eficiente nesse quesito, a prejudicialidade do solvente ao meio ambiente, a toxicidade e o custo-benefício seriam analisados.

Após a escolha do solvente, um novo teste de solubilidade foi realizado para verificar o comportamento de um volume menor de solvente com a mesma massa do polímero. Para isto, foram adicionadas 0,5 g de cada material em 1, 2 e 3 mL do solvente escolhido.

4.4 ANÁLISE DA VISCOSIDADE

Os testes de solubilidade realizados levaram a escolha do solvente para compor o verniz. A viscosidade foi determinada com base na norma NBR 5849:2015, que descreve o procedimento para análise de viscosidade para tintas e vernizes. A

amostra foi homogeneizada para a realização do procedimento. Após a verificação do nivelamento do equipamento, apresentado na figura 2, o orifício foi fechado com o dedo e o copo foi completamente preenchido com a amostra. Não havendo formação de bolhas de ar, o excesso foi removido com uma placa de vidro plana. Simultaneamente, o dedo foi removido do orifício e o cronômetro acionado. Na primeira interrupção do escoamento, parou-se o cronômetro e anotou-se o tempo em segundos. O viscosímetro a ser utilizado foi o de orifício número 4.

Figura 2 - Viscosímetro com tripé, copo Ford e placa plana.



Fonte: TECNO, 2018.

Para o viscosímetro de orifício número 4, a viscosidade cinemática é dada por meio da equação 1:

$$\mu = (3,846 t) - 17,3 \quad (1)$$

Onde:

μ = Viscosidade cinemática (cSt ou mm²/s);

t = Média dos tempos (s).

A viscosidade ideal para o verniz foi definida com base no trabalho de Bacelar e Renzano (2018), onde o valor do parâmetro é de 67,41 mm²/s. A partir dos resultados obtidos, as viscosidades foram ajustadas para o valor desejado e obteve-se um verniz para cada material. Ou seja, os testes realizados com o Isopor® se tornaram um verniz e os testes realizados com os copos plásticos descartáveis formaram outro verniz. Houve a mistura dos dois vernizes e a proporção material/solvente foi definida.

4.5 ANÁLISE DA IMPERMEABILIDADE

A impermeabilidade do verniz gerado foi comparada com a do verniz comercial da marca Montana tipo Verniz Premium Solare. A análise de impermeabilidade foi feita

em paralelo com o mesmo verniz comercial utilizado para a comparação da viscosidade. O procedimento foi baseado na metodologia usada por Bacelar e Renzano (2018).

Para o teste foram utilizados nove pedaços de madeira retirados de uma mesma fonte. Estes pedaços foram pesados e tiveram suas massas anotadas. Três amostras foram revestidas com o verniz produzido, três com o verniz comercial e três não tiveram nenhum revestimento. Todos foram mergulhados em um béquer com água. As massas dos pedaços foram verificadas em tempos pré-determinados, por um período de 60h. A umidade foi calculada pela Equação 2:

$$Umidade (\%) = \left(1 - \frac{m_1}{m_2}\right) \times 100 \quad (2)$$

Onde:

m_1 = massa (g) pesada da amostra de madeira logo após ser exposta ao meio ambiente;

m_2 = massa (g) pesada da amostra de madeira retirada da bacia com água para análise.

4.6 FORMULAÇÃO DA TINTA

As etapas de fabricação das tintas e vernizes consistem em: pesagem, pré-mistura, completagem ou dispersão, tingimento e por fim, controle de qualidade. Para que este processo aconteça, é necessário conhecer a fração de cada componente que irá compor o produto final.

A incorporação do poliestireno expandido, segundo trabalho de Bacelar e Renzano (2018), foi utilizado na fabricação de um verniz, com proporção 10% m/v (Isopor®/Xilol). Enquanto que, o poliestireno (copos plásticos descartáveis) foi empregado, segundo trabalho de Fernandes e De Paula (2015), para a fabricação de tinta, com a composição descrita na tabela 3.

Tabela 3 – Composição de 1L de tinta usando poliestireno (copos plásticos descartáveis).

Matéria-prima	Percentual (%)	Quantidade (g)
Thinner	75,48	860,69
Resina	15,70	179,60
Dióxido de Titânio	8,77	100,00
Fosfato de Zinco	0,0017	0,02
Total	99,96	1140,31

Fonte: Fernandes e De Paula, 2015.

A tinta produzida no presente trabalho teve sua composição baseada na tabela 1 apresentada, sendo a maior parte formada por solvente, chegando a ser 70% do volume da tinta, os outros 30% são compostos pelo pigmento e aditivos. O pigmento definido para o presente trabalho foi o dióxido de titânio (TiO₂), de natureza inorgânica, que conferiu a coloração branca à tinta. A tinta também teve adicionada em sua composição o fosfato de zinco (Zn₃ (PO₄)₂.2H₂O), que possui excelente ação anticorrosiva.

4.7 CONTROLE DE QUALIDADE

Com a finalização da tinta, foram realizados testes de controle de qualidade com base nas normas existentes para tintas e vernizes e, em paralelo, foram realizadas comparações com uma tinta padrão do mercado. Foram executados os seguintes testes de caracterização:

4.7.1 Determinação da massa específica

A determinação da massa específica foi realizada baseada no procedimento descrito na NBR 5829:2004. O picnômetro foi limpo e seco em estufa até atingir uma massa constante. Após, foi preenchido com água destilada à temperatura ambiente e coberta com uma tampa até a água transbordar. Depois de enxuto, verificou-se se houve a formação de bolhas. O picnômetro cheio foi pesado e teve sua massa anotada.

O volume do picnômetro foi calculado por meio da equação 3:

$$V = \frac{(B-A)}{q} \quad (3)$$

Onde:

V = Volume do picnômetro (cm³);

B = Massa do picnômetro com água (g);

A = Massa do picnômetro vazio (g);

q = Massa específica da água (g/cm³)

O procedimento descrito acima foi repetido, porém, desta vez com a amostra de tinta.

A massa específica da tinta foi calculada por meio da equação 4:

$$Me = \frac{(P-A)}{V} \quad (4)$$

Onde:

Me = Massa específica da tinta (g/cm³);

P = Massa do picnômetro com a amostra de tinta (g);

A = Massa do picnômetro vazio (g);

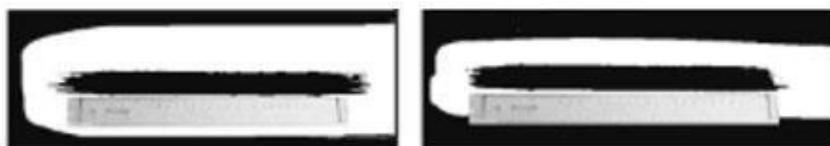
V = Volume do picnômetro (cm³).

4.7.2 Determinação da resistência à abrasão úmida sem pasta abrasiva

Este procedimento foi realizado baseado na NBR 15078:2004 (versão corrigida: 2006). Uma escova foi imersa em água destilada por cerca de 8h antes do início do ensaio e em seguida, agitada para retirar o excesso de água. Uma demão de tinta foi aplicada em três pedaços de madeira 7 dias antes do início do teste. Com a escova, a superfície pintada foi esfregada até que a tinta fosse removida. O resultado foi expresso de acordo com o número de ciclos necessários para a remoção da tinta. Um ciclo corresponde a uma ida e volta da escova. O procedimento foi realizado em triplicata.

O procedimento foi dado por finalizado quando a placa teve um desgaste de 80% da área percorrida da escova. A identificação da área desgastada foi feita com o auxílio de uma régua. É importante ressaltar que o desgaste não é uniforme, portanto, a régua deve se deslocar de acordo com o local do desgaste, conforme a figura 3.

Figura 3 - Ilustração do auxílio da régua para a determinação do desgaste da área.



Fonte: NBR 15078:2004 (versão corrigida: 2006).

4.7.3 Determinação da aderência

Com base no procedimento da NBR 11003:2009 (versão corrigida: 2010), este ensaio foi realizado após o tempo mínimo de secagem e à temperatura ambiente em laboratório.

Selecionando uma área plana, sem imperfeições, limpa e seca, foram feitos cortes cruzados em ângulo reto, com intensidade para alcançar o substrato, formando uma grade de 25 quadrados. O corte foi feito com intensidade uniforme e os resíduos foram retirados com um pincel de cerdas macias.

Feito isso, foram aplicados, aproximadamente, 10 cm de fita adesiva transparente comercial comum sobre a área quadriculada em um dos sentidos dos cortes e fixados com o dedo, esfregando firmemente no sentido longitudinal da fita para se obter uma melhor uniformidade. A fita foi retirada num intervalo de 1 a 2 min da aplicação firme e continuamente num ângulo mais próximo de 180° quanto possível.

O destacamento da área ensaiada foi analisado após retirada da fita, de acordo com a tabela 4.

Tabela 4 - Destacamento da área ensaiada.

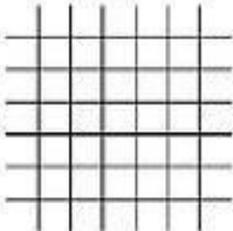
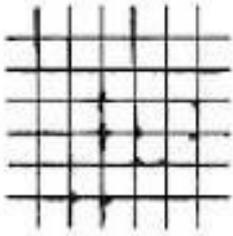
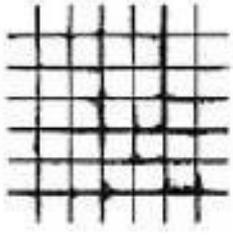
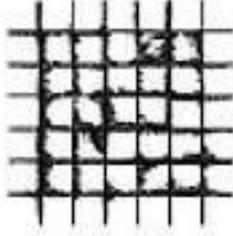
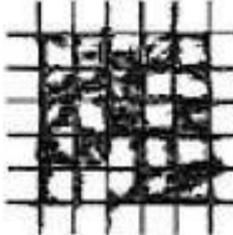
Código	Figura
Gr0 Nenhuma área da película destacada.	

Tabela 4 (continuação) - Destacamento da área ensaiada.

Gr1 Área da película destacada, cerca de 5% da área quadriculada.	
Gr2 Área da película destacada, cerca de 15% da área quadriculada.	
Gr3 Área da película destacada, cerca de 35% da área quadriculada.	
Gr4 Área da película destacada, cerca de 65% da área quadriculada.	

Fonte: NBR 11003:2009 (versão corrigida: 2010).

4.7.4 Determinação do teor de sólidos

Este procedimento tem base no proposto da NBR 15315:2005. Um recipiente vazio e arame foram secados em estufa (105 ± 5) °C e em seguida, resfriados em dessecador. Foram pesados o recipiente vazio com o arame (M_0). Em seguida, foram pesados 2,0g de amostra no recipiente mais o arame (M_1). A amostra foi espalhada sobre o recipiente com o auxílio do arame.

O recipiente com o arame e a amostra ficaram em estufa à (105 ± 5) °C por 3 h. Depois, descansaram em dessecador até à temperatura ambiente e foram pesadas (M_2). Novamente a amostra ficou em estufa à (105 ± 5) °C por 1 h, foi resfriada no dessecador e pesada (M_3). Caso a massa fosse diferente da pesagem anterior, o

procedimento precisaria ser repetido até que a massa fosse constante. O procedimento foi realizado em triplicata.

O teor de sólidos, em porcentagem, é dado através da equação 5:

$$\% \text{ sólidos} = \frac{(M_3 - M_0)}{(M_1 - M_0)} * 100 \quad (5)$$

Onde:

M_0 = Peso do recipiente vazio com arame (g);

M_1 = Peso da amostra com arame (g);

M_3 = Peso da amostra resfriada e com massa constante (g).

4.7.5 Determinação do tempo de secagem ou de cura

O método é baseado na ABNT NBR 15311:2016, que consiste em determinar o tempo de secagem na aplicação de um filme de tinta sobre uma placa de vidro. O laboratório foi mantido à temperatura ambiente. Em uma placa de vidro limpa e seca foi aplicada a película de tinta. Em diferentes intervalos de tempo, foi verificada a secagem da película de tinta. A análise da secagem da película foi feita da seguinte forma:

Seca ao toque: tocou-se a película levemente com o dedo limpo e desengordurado. A película foi considerada seca ao toque quando não houve transferência de tinta para o dedo.

Livre de pegajosidade: exerceu-se uma leve pressão com o dedo limpo e desengordurado, puxando-o sobre a película. A película foi considerada livre de pegajosidade quando não foram deixadas marcas na superfície.

Endurecimento: segurou-se a placa de vidro entre o polegar e o indicador, exercendo a máxima pressão. A película foi considerada endurecida quando não apresentou marcas ou estas puderam ser removidas através de polimento com um pano macio.

Ao manuseio: Posicionou-se a placa horizontalmente, colocando o polegar sobre a película de maneira que o braço se mantivesse paralelo à superfície da placa. Exerceu-se máxima pressão com o braço e, ao mesmo tempo, girou-se o dedo no plano da película a um ângulo de 90°. A película foi considerada seca ao manuseio quando não houve nenhuma alteração na superfície.

Completamente endurecida: pressionou-se a unha de polegar contra a película, puxando-a sobre a mesma. A película foi considerada completamente endurecida quando não houve transferência de tinta para a unha, ou seja, quando não foi mais possível arrancar a tinta por esse método.

O procedimento foi realizado em triplicata.

4.7.6 Ensaio de exposição ao intemperismo natural

No ensaio de intemperismo natural, baseado na ASTM G 7-83, três corpos de prova, dois destes contendo um corte vertical expondo o substrato, foram expostos em local com incidência direta do sol, sendo necessário o acompanhamento da degradação do revestimento por meio da inspeção visual e registro fotográfico, durante um intervalo de tempo de 17 dias.

4.7.7 Ensaio de exposição a névoa salina

O ensaio de névoa salina, baseado na ASTM B-117, foi realizado em três corpos de prova, dois destes contendo um corte vertical expondo o substrato. Em seguida, os corpos-de-prova foram colocados sobre uma grade, de modo que, a solução salina composta por 5% (p/p) de NaCl com pH médio de 6,5 ficasse abaixo, não havendo imersão, desprendendo gases sobre os corpos-de-prova. O procedimento foi realizado em um sistema aberto ao ambiente. O acompanhamento da degradação do revestimento foi realizado por meio da inspeção visual e registro fotográfico, por um período de 7 dias.

4.8 AVALIAÇÃO DE CUSTO DA MATÉRIA-PRIMA

A tinta comercial que foi utilizada como base de comparação para a tinta produzida, se intitula como Suvinil Esmalte Seca rápido, que apresenta um esmalte à base de água de secagem rápida, fácil aplicação, bom alastramento, aderência para diversos metais e madeiras e tem como proposta um produto que é indicado tanto para superfície interna quanto externa de madeiras, materiais ferrosos, galvanizados, alumínio e PVC. A tabela 5 apresenta os dados do boletim técnico que serão utilizados para comparação dos resultados.

Tabela 5 – Boletim técnico da tinta comercial para efeitos de comparação.

Boletim técnico Suvinil Esmalte seca rápido	
Composição	Água, resina acrílica modificada, pigmentos orgânicos e inorgânicos, cargas minerais inertes, coalescentes, espessantes, diuron, amônia (solução aquosa), mistura de: 5-cloro-2-metil-2H-isotiazol-3-ona e 2-metil-2H-isotiazol-3-ona (3:1)
Massa específica	Entre 1,00 e 1,21 g/cm ³
Sólidos/peso	30 - 48%
Seca ao toque	30 minutos
Completamente endurecida	5 horas

Fonte: LIZARDO, 2018.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com a obtenção dos materiais necessários e seu respectivo preparo, proposto na metodologia do trabalho, foi possível chegar aos seguintes resultados:

5.1 SOLUBILIZAÇÃO

Conforme proposto na tabela 5 (metodologia), foram realizados 21 testes de solubilidade, sendo nove deles realizados com o Isopor® e doze com os copos plásticos descartáveis utilizando uma massa fixa de 0,5 g de polímero para cada teste. Todos os testes de solubilidade foram realizados em triplicata. A tabela 6 apresenta os resultados dos testes de solubilidade para o Isopor®.

Tabela 6 – Resultado do teste de solubilidade do Isopor®.

Teste	Solvente	Volume (mL)	Solubilidade
1	Acetato de Etila	5	Solúvel
2		10	Solúvel
3		15	Solúvel
4	Acetona	5	Parcialmente
5		10	Parcialmente
6		15	Parcialmente
7	Thinner	5	Insolúvel
8		10	Insolúvel
9		15	Insolúvel

Fonte: Autores.

Dando continuidade ao teste, analisou-se a solubilidade dos copos plásticos descartáveis, obtendo-se os resultados da tabela 7.

Tabela 7 – Resultado do teste de solubilidade dos copos plásticos descartáveis.

Teste	Solvente	Volume (mL)	Solubilidade
10	Acetato de Etila	10	Solúvel
11		25	Solúvel
12		50	Solúvel
13		75	Solúvel

Tabela 7 (continuação) – Resultado do teste de solubilidade dos copos plásticos descartáveis.

14		10	Parcialmente
15	Acetona	25	Parcialmente
16		50	Parcialmente
17		75	Parcialmente
18		10	Insolúvel
19	Thinner	25	Insolúvel
20		50	Insolúvel
21		75	Insolúvel

Fonte: Autores.

Conforme a figura 4, o Acetato de Etila foi o solvente com maior potencial de solubilização, havendo solubilidade completa, no qual foi possível notar um aspecto esbranquiçado da solução formada com os copos plásticos descartáveis. Enquanto que, conforme apresentado na figura 5, o Isopor® apresentou aspecto límpido da solução.

Figura 4 – Solubilização dos copos plásticos descartáveis com acetato de etila.



Fonte: Autores.

Figura 5 – Solubilização do Isopor® com acetato de etila.



Fonte: Autores.

Conforme ilustrado na figura 6, a acetona mostrou-se parcialmente solúvel, considerando-se que ambas tiveram a formação de um corpo de fundo em aspecto de goma em todas as diluições para o copo plástico descartável, assim como na figura 7, para o Isopor®, onde obteve-se solubilidade semelhante.

Figura 6 – Solubilização dos copos plásticos descartáveis com acetona.



Fonte: Autores.

Figura 7 – Solubilização do Isopor® com acetona.



Fonte: Autores.

Na figura 98, apresentam-se os testes de solubilização dos copos plásticos descartáveis no thinner, em que este mostrou-se insolúvel.

Figura 8 – Solubilização dos copos plásticos descartáveis com thinner.



Fonte: Autores.

Na figura 9, tem-se os testes de solubilização do Isopor® com o thinner. O thinner mostrou pouca afinidade, aglomerando o volume de Isopor®, porém, não

solubilizando-o. Pode-se observar que, em ambos os testes realizados em thinner, o corpo de fundo apresentava-se como sendo um sólido rígido e esbranquiçado.

Figura 9 – Solubilização do Isopor® com thinner.



Fonte: Autores.

Foi realizada uma nova análise de solubilização em alta concentração de poliestireno com o acetato de etila. Na figura 10, apresenta-se a solubilização dos copos plásticos descartáveis dissolvidos em acetato de etila, nas proporções de 1 mL, 2 mL e 3 mL, respectivamente. A presença da coloração branca na solução justifica-se pela existência de pigmentação nos copos plásticos descartáveis.

Figura 10 - Copos plásticos descartáveis dissolvidos em acetato de etila.



Fonte: Autores.

Na figura 11, tem-se a solubilização do Isopor® dissolvido em acetato de etila, nas proporções de 1 mL, 2 mL e 3 mL, respectivamente. Assim como aconteceu com os copos plásticos descartáveis, o Isopor® também foi solubilizado em todos os volumes.

Figura 11 - Isopor® dissolvidos em acetato de etila.



Fonte: Autores.

Finalizada a etapa da solubilização, deu-se início a análise de viscosidade, com as concentrações propostas na tabela 5.

5.2 VISCOSIDADE

Para as soluções resultantes do teste de solubilidade, obteve-se as viscosidades descritas na tabela 8 para os copos plásticos descartáveis e a tabela 9 para o Isopor®. Os testes foram realizados em triplicata, sendo as viscosidades das tabelas a média dos resultados.

Tabela 8 – Resultados dos testes de viscosidade para os copos plásticos descartáveis.

Massa (g)	Volume (mL)	Viscosidade (mm²/s)
5	100	21,76
2	100	18,66
1	100	16,48
0,67	100	15,40

Fonte: Autores.

Tabela 9 – Resultados dos testes de viscosidade para o Isopor®.

Massa (g)	Volume (mL)	Viscosidade (mm²/s)
10	100	31,54
5	100	22,16
3,334	100	20,89

Fonte: Autores.

Utilizou-se como base o trabalho de Bacelar e Renzano (2018) que produziu um verniz com valor 67,41 mm²/s de viscosidade. A partir de ajustes da proporção material/solvente, obteve-se a viscosidade de 65,00 mm²/s para o verniz produzido. Os valores utilizados de cada material para chegar à uma mesma viscosidade mostrou-se diferente, conforme tabela 10 que apresenta a composição final para o verniz.

Tabela 10 - Composição final de 1 L do verniz final.

Componente	Quantidade
Isopor®	100 g
Copos Plásticos Descartáveis	250 g
Acetato de Etila	1 L

Fonte: Autores.

5.3 IMPERMEABILIDADE

Segundo a equação 2, calculou-se as umidades por meio das massas dadas pela tabela 11. O teste foi realizado em triplicata, os resultados da tabela são a média destes.

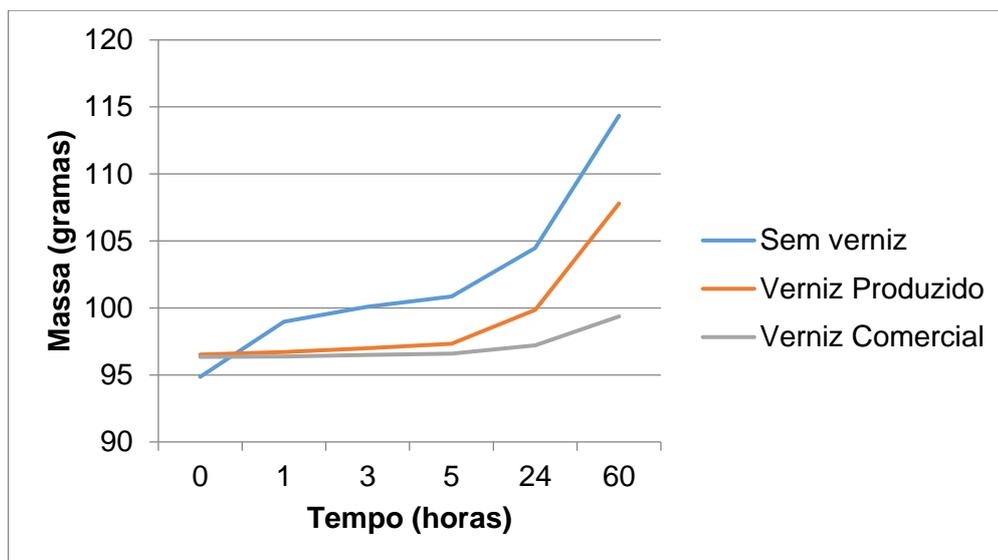
Tabela 11 – Resultado do teste de impermeabilidade.

	m₁ (g)	m₂ (g)	Umidade (%)
Sem verniz	94,86	114,35	17,04
Verniz produzido	96,52	107,79	10,46
Verniz comercial	96,35	99,37	3,04

Fonte: Autores.

A redução da absorção foi considerada satisfatória, uma vez que, reduziu em 1,6 vezes em relação a madeira sem nenhuma aplicação de verniz. Já em comparação com o verniz comercial, o verniz produzido se equiparou nas primeiras 24 horas de teste. Após isto, a capacidade de impermeabilização do verniz produzido decaiu, conforme apresentado no gráfico 2.

Gráfico 2 – Resultado do teste de impermeabilidade.



Fonte: Autores.

5.4 FORMULAÇÃO DA TINTA

Com as análises do verniz finalizadas, compôs-se a tinta. Os valores da composição apresentam-se na tabela 12, assim como os valores das análises feitas com a tinta.

Tabela 12 - Composição final de 1 L de tinta.

Componente	Quantidade	Viscosidade	Umidade retida
Isopor®	100 g		
Copos plásticos descartáveis	250 g		
Acetato de Etila	1 L	65,00 mm ² /s	10,46 %
Dióxido de Titânio	75 g		
Fosfato de Zinco	0,05 g		

Fonte: Autores.

Para análise da composição, pesou-se 10 copos plásticos descartáveis de coloração branca, obtendo-se o peso de 15,633 g. Portanto, foram necessários 160 copos plásticos descartáveis e 100 g de Isopor® para cada litro de tinta. Com a composição da tinta definida, deram-se início aos testes de qualidade e comparação. A tinta escolhida para comparação foi a de coloração branca de marca Suvinil.

5.5 CONTROLE DE QUALIDADE

5.5.1 Determinação da massa específica

Para o cálculo da massa específica, inicialmente, foi calculado o volume do picnômetro a partir da massa do picnômetro vazio e cheio com água. O resultado foi obtido através da equação 2. Sendo os testes realizados em triplicata, os valores utilizados nas fórmulas são a média destes.

$$V = \frac{(83,610g - 32,702g)}{1 \frac{g}{cm^3}}$$

$$V = 50,91cm^3$$

Com o volume do picnômetro, foram calculadas as massas específicas da tinta comercial:

$$Me_{\text{tinta comercial}} = (91,790g - 32,702g) / 50,91 \text{ cm}^3$$

$$Me_{\text{tinta comercial}} = 1,161 \text{ g/cm}^3$$

E da tinta produzida:

$$Me_{\text{tinta produzida}} = (80,710g - 32,702g) / 50,91 \text{ cm}^3$$

$$Me_{\text{tinta produzida}} = 0,943 \text{ g/cm}^3$$

Pode-se observar que as massas específicas das tintas possuem pouca diferença entre si, sendo que a tinta comercial apresentou-se maior com valor de 1,161 g/cm³, enquanto a tinta produzida apresentou o valor de 0,943 g/cm³. Isso porque a quantidade de teor de sólidos está diretamente ligada a massa específica. O valor foi considerado satisfatório, visto que, não interferiu negativamente em nenhuma outra propriedade.

5.5.2 Determinação da resistência à abrasão úmida sem pasta abrasiva

A tinta produzida apresentou uma maior resistência quando comparada com a tinta comercial. Na figura 13, tem-se os blocos pintados com a tinta comercial depois da determinação de resistência à abrasão úmida. Para este, o total de ciclos foi de 100, onde uma ida e volta da escova correspondia a 1 ciclo. A figura 14, retrata a película de tinta produzida após 500 ciclos. Como para uma mesma quantidade de ciclos a mudança foi quase nula, houve a necessidade de mais ciclos para que fosse mostrada a área desgastada da tinta produzida. Os testes foram realizados em triplicata, conforme apresentado nas figuras 12 e 13.

Figura 12 – Teste de resistência à abrasão úmida para a tinta comercial.



Fonte: Autores.

Figura 13 – Teste de resistência à abrasão úmida para a tinta produzida.



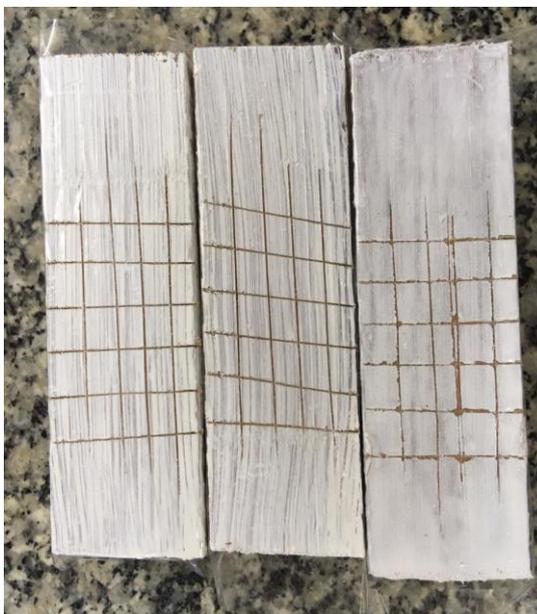
Fonte: Autores.

5.5.3 Determinação da aderência

Decorrido o tempo de 90 min, considerado o tempo mínimo de secagem, fez-se a aplicação e posterior retirada da fita adesiva transparente comercial comum, obtendo o destacamento para as tintas. As amostras de tinta comercial da figura 14 se encaixaram no grupo 1 da NBR 11003:2009, onde a área da película destacada

corresponde a cerca de 5% da área quadriculada, conforme ilustrado na figura 15. Todos os testes foram realizados em triplicata.

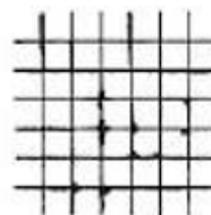
Figura 14 – Teste de aderência para a tinta comercial.



Fonte: Autores.

Figura 15 – Destacamento da película de tinta para o grupo 1.

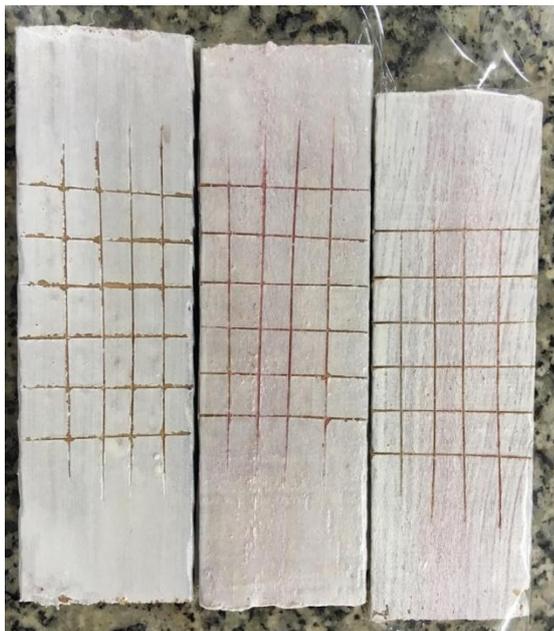
Gr1
Área da película destacada, cerca de
5% da área quadriculada.



Fonte: NBR 11003:2009 (versão corrigida: 2010).

De modo semelhante, a figura 16 representa o destacamento da tinta produzida, também pertencendo ao grupo 1 na análise do teste.

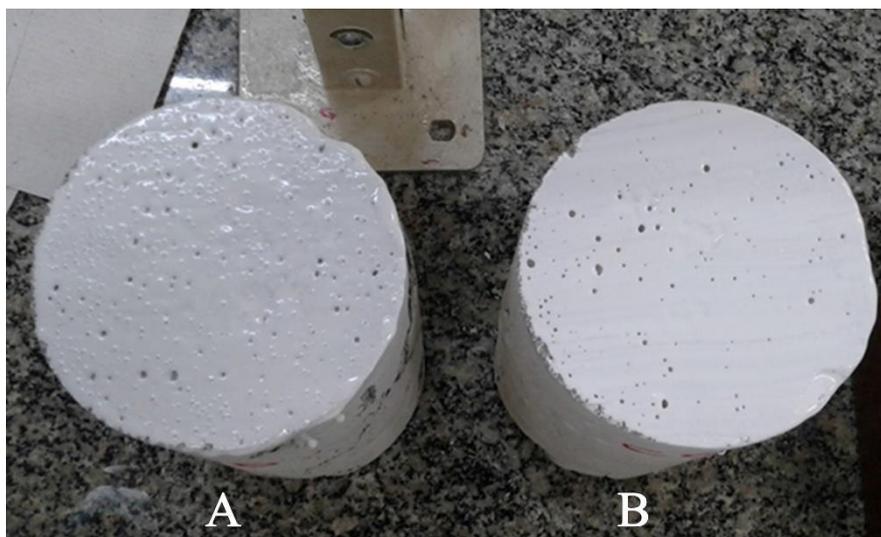
Figura 16 – Teste de aderência para a tinta produzida.



Fonte: Autores.

A figura 17 apresenta concretos pintados com a tinta produzida e com a tinta comercial. Inicialmente, nota-se boa aderência por ambas tintas e alto brilho por parte da tinta produzida.

Figura 17 – Tinta produzida (A) e tinta comercial (B) no concreto.



Fonte: Autores.

Como a tinta comercial não era indicada para uso em concreto, houve o desprendimento da película de tinta. Já para a tinta produzida houve uma boa

aderência, podendo então ser aconselhada a sua aplicação neste tipo de material, como apresentado na figura 18.

Figura 18 - Tinta comercial no concreto (à esquerda) e tinta produzida (à direita) após tempo de cura.



Fonte: Autores.

5.5.4 Determinação do teor de sólidos

O teste de determinação de teor de sólidos foi realizado em triplicata, e seus valores se apresentam na tabela 13.

Tabela 13 – Teor de sólidos da tinta produzida e da tinta comercial.

	M₀	M₁	M₃	Teor de sólidos	Teor de sólidos final
Tinta	62,59	63,09	62,72	26,0%	
Produzida	53,88	54,37	54,00	24,5%	25%
	53,58	53,05	53,45	24,5%	
Tinta	52,95	53,89	53,39	46,8%	
Comercial	51,36	52,30	51,80	46,8%	46,2%
	58,37	59,28	58,78	45,1%	

Fonte: Autores.

O valor final para o teor de sólidos da tinta produzida foi de 25%, enquanto para a tinta comercial foi de 46,2%. A diferença obtida foi considerável, porém, vale ressaltar que

quanto maior o teor de sólidos de uma tinta, maior será o volume gasto nas pinturas. Portanto, o teor de sólidos mais baixo da tinta produzida, proporciona um maior rendimento. Como as características da tinta, sendo elas a resistência, aderência, entre outras, mantiveram bons resultados, optou-se por manter um teor de sólidos mais baixo para a tinta produzida.

5.5.5 Determinação do tempo de secagem ou de cura

A tabela 14 introduz os dados para o tempo de secagem das tintas, sendo este favorável para a tinta produzida. Realizou-se este teste em triplicata, sendo a tabela 14, a média dos tempos obtidos.

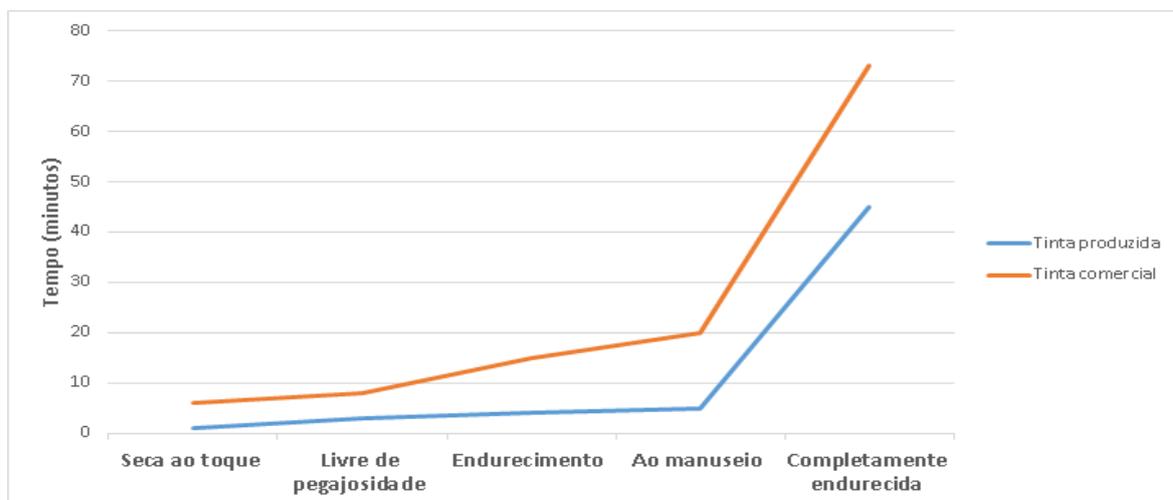
Tabela 14 – Tempo de secagem para a tinta produzida e tinta comercial.

	Tinta produzida	Tinta comercial
Seca ao toque	1 min	6 min
Livre de pegajosidade	3 min	8 min
Endurecimento	4 min	15 min
Ao manuseio	5 min	20 min
Completamente endurecida	45 min	1h 13 min

Fonte: Autores.

A partir da tabela 19, foi possível elaborar o gráfico 3, que expõe a diferença entre os tempos de secagem. Essa diferença se mostra mais acentuada conforme o decorrer do tempo e a completa secagem da película de tinta.

Gráfico 3 – Tempo de secagem para tinta produzida e tinta comercial.



Fonte: Autores.

Sendo assim, o tempo de secagem mais rápido da tinta produzida é mais vantajoso, pois favorece a boa qualidade da pintura e livra o ambiente mais rapidamente do forte odor.

5.5.6 Ensaio de exposição ao intemperismo natural

Após 17 dias de exposição à luz direta do sol, obteve-se o resultado exposto na figura 19. A tinta comercial tingida nos três primeiros pedaços de madeira conservou-se intacta. A tinta produzida, pintada nos três últimos pedaços de madeira, teve sua cor mantida, porém, apresentou rachaduras. Uma proposta para a diminuição dessas rachaduras é a adição de maiores quantidades de aditivo para a redução da corrosão, como o fosfato de zinco, já aplicado na tinta produzida em quantidades menores. O presente teste foi realizado em triplicata.

Figura 19 – Exposição à luz solar para a tinta comercial e tinta produzida, respectivamente.

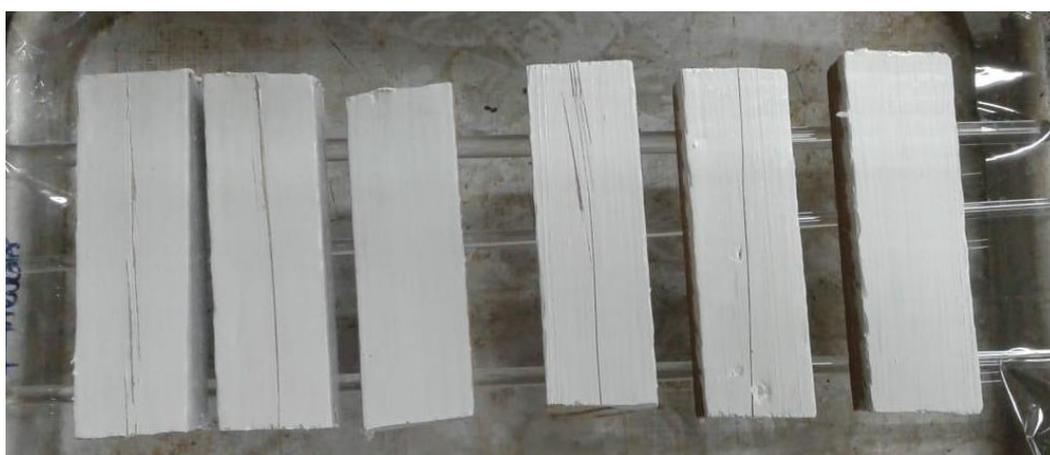


Fonte: Autores.

5.5.7 Ensaio de exposição a névoa salina

A figura 20 exibe os pedaços de madeira para tinta produzida e tinta comercial, respectivamente, em triplicata. A exposição a névoa salina foi de 7 dias. Conforme mostrado, a alteração foi nula. Portanto, seria necessário um período mais prolongado para apresentar alterações nesse teste.

Figura 20 – Exposição à névoa salina para a tinta produzida e tinta comercial, respectivamente.



Fonte: Autores.

5.6 AVALIAÇÃO DE CUSTO DA MATÉRIA-PRIMA

A tinta produzida mostrou resultados satisfatórios apresentados nos testes anteriores. Porém, em relação a sua viabilidade financeira não se mostrou tão viável.

Para a análise da viabilidade financeira, elaborou-se a tabela 15, onde considerou-se um container de 20 pés para cada material e frete marítimo como meio de transporte. Os valores para os cálculos são de fornecedores chineses.

Tabela 15 – Valores dos componentes utilizados na tinta produzida.

Componente	Valor	Frete
Acetato de Etila	R\$ 34828 / 16 toneladas	R\$ 5041,00
Fosfato de Zinco	R\$ 41760,00 / 16 toneladas	R\$ 5041,00
Dióxido de Titânio	R\$ 125380,8 / 16 toneladas	R\$ 5041,00

Fonte: Alibaba.

Com o balanço dos gastos é possível analisar a viabilidade para implementação deste produto no mercado. Na tabela 16 são apresentados os valores para 1 tonelada de tinta produzida.

Tabela 16 – Valores dos componentes para 1 tonelada de tinta.

Componente	Valor para 1 tonelada
Acetato de Etila	R\$ 2176,75
Fosfato de Zinco	R\$ 0,0001305
Dióxido de Titânio	R\$ 0,5877225
Valor final para 1 tonelada de tinta	R\$ 17300,337853

Fonte: Alibaba.

Sendo assim, o valor final dos custos para a produção de 1 litro de tinta é de R\$ 17,30. Vale ressaltar que, para uma produção em grande escala, deve-se também levar em consideração os custos de água, energia elétrica, mão de obra e demais custos de produção, como logística, impostos, entre outros. Considerando a tinta comparada nos testes com valor de R\$ 24,90, conclui-se que, a tinta ecológica produzida possui um alto custo financeiro em relação a outras tintas do mercado, sendo assim inviável

a sua produção em grande escala para comercializá-la. Porém, seu benefício ecológico associado a novos estudos para se reduzir esses custos pode incentivar seu desenvolvimento nesses aspectos, tornando a tinta viável para produção.

6 CONCLUSÃO

Após os testes de solubilidade e dos solventes analisados, o acetato de etila foi o que apresentou maior compatibilidade com o poliestireno e poliestireno expandido, sendo o acetato de etila o escolhido para o processo de fabricação da tinta. Em seguida, com a definição da composição e produção da tinta, foram aplicados testes padrões de qualidade, baseados nas normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), em conjunto com a comparação da tinta produzida com a tinta comercial Suvinil.

Assim, tecnicamente, a tinta produzida apresentou teor de sólidos inferior ao da tinta comercial, logo, optou-se por não aumentá-lo, uma vez que isso iria promover um aumento na viscosidade e conseqüentemente redução do poder de cobertura. A partir dos resultados obtidos nos demais testes, conclui-se que a tinta produzida apresentou resultados satisfatórios, tais como uma excelente abrasão úmida e aderência a corpos de prova de madeira e corpos de concreto, quando comparadas a tinta comercial. Já em corpos de prova de vidro, não pode-se dizer o mesmo, uma vez que, tintas à base de poliestireno formam um filme sobre a superfície vítrea havendo pouca adesão a este tipo de material.

A tinta desenvolvida apresentou tempo de secagem bem curto, uma vantagem na pintura de superfícies menores, além de uma maior dispersão do forte odor do solvente. Quanto a exposição a intempéries, a tinta produzida apresentou rachaduras no filme aplicado, sendo assim, fica aconselhado a aplicação da tinta em ambientes que não haja a exposição direta de sol, diferentemente da tinta comercial analisada, que é indicada para ambientes internos e externos.

Quanto às questões ambientais, a tinta promovida contribui para reaproveitamento desses resíduos (poliestireno e poliestireno expandido) a fim de gerar um novo produto de valor no mercado. Produtos, estes, que são descartados diariamente, em imensas quantidades, no meio ambiente e que são pouco reciclados devido ao baixo custo destes materiais no mercado de reciclagem.

Conclui-se que, mesmo a tinta tendo um grande valor ambiental o seu valor para consumo é elevado, inviabilizando a sua produção em grande escala para comercializá-la.

Logo, a fim de tornar a produção da tinta à base de poliestireno e poliestireno expandido viável, em trabalhos futuros propõem-se torná-la a base de água, uma vez que, se reduziriam os custos e o uso de solvente orgânico (acetato de etila), o que implicaria na redução dos impactos ambientais causados pelo uso da mesma.

7 REFERÊNCIAS

ABRAFATI (2019). **O Setor de Tintas no Brasil**. Disponível em: <<https://www.abrafati.com.br/indicadores-do-mercado/numeros-do-setor/>>. Acesso em 13 de Setembro de 2018.

ABIQUIM. Associação Brasileira da Indústria Química - Comissão Setorial de EPS. Mercado. (2014). Disponível em: <<http://www.epsbrasil.eco.br/mercado.html>>. Acesso em 15 de Setembro de 2018.

Alibaba group (2019). Disponível em: <https://www.alibaba.com/?src=sem_ggl&cmpgn=90004513&adgrp=5078299273&fditm=&tgt=kwd-14739453&locintrst=&locphyscl=1031640&mtchtyp=e&ntwrk=g&device=c&dvcmdl=&creative=232533580734&plcmnt=&plcmntcat=&p1=&p2=&aceid=&position=1t1&gclid=EAlaIQobChMloqLtk9jE5gIVCwWRCh1b_A2XEAYASAAEgLcMfD_BwE> Acesso em 20 de dezembro de 2019.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Methods of Salt Spray (Fog) Testing**. March 29, 1973. (ASTM B-117). In: 1973 ANNUAL Book of ASTM Standards, v. 03.02. p. 1-12.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Standard Practice for Atmospheric Environmental Exposure Testing of Non-metallic Materials**. March 25, 1983. (ASTM G 7-83). In: 1983 Annual Book of ASTM Standards, v. 3.02. p. 983-991.

AGÊNCIA BRASIL (2018). Boehm, Camila. **Brasil perde R\$ 5,7 bilhões por ano ao não reciclar resíduos plásticos**. Disponível em <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/201806/brasil-perde-r-57-bilhoes-por-ano-ao-nao-reciclar-residuos-plasticos>>. Acesso em 15 de novembro de 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9575**: impermeabilização: seleção e projeto. Rio de Janeiro, 2003.

_____. **NBR 10004**: resíduos sólidos: classificação. Rio de Janeiro, 2004.

_____. **NBR 11003**: tintas - determinação da aderência. Rio de Janeiro, 2009 (versão corrigida: 2010).

_____. **NBR 5849:** tintas para construção civil - determinação de viscosidade pelo copo Ford. Rio de Janeiro, 2015.

_____. **NBR 15311:** tintas para construção civil - determinação do tempo de secagem. Rio de Janeiro, 2016.

_____. **NBR 15078:** tintas para construção civil - método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais - determinação da resistência à abrasão úmida sem pasta abrasiva. Rio de Janeiro, 2004 (versão corrigida: 2006).

_____. **NBR 15315:** tintas para construção civil - método de ensaio de tintas para edificações não industriais - determinação do teor de sólidos. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 5829:** tintas, vernizes e derivados - determinação da massa específica. Rio de Janeiro, 2004.

BACELAR, Bruna S. RENZANO, Eduardo C. **Incorporação do isopor como matéria-prima de verniz para base de tinta.** Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Química) – Universidade São Francisco, 2018.

CANEVAROLO Jr, Sebastião V. **Ciência dos Polímeros.** Segunda ed. 2006: Artliber
Disponível em: <https://kupdf.net/download/ci-ecirc-ncia-dos-polimeros-canevarolo-jr-sebasti-atilde-o-v-pdf_58d16a1bdc0d60ca08c34623_pdf>. Acesso em 25 de agosto de 2018.

CETESB (2006). **Guia Técnico Ambiental – Tintas e Vernizes - Série P + L.** 2006.
Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/consumosustentavel/wpcontent/uploads/sites/20/2013/11/tintas.pdf>>. Acesso em 25 de agosto de 2018.

DI GIULIO, Gabriela. **Setor de tintas cresce, inova e foca na questão ambiental.** Inovação Uniemp, Campinas, v. 3, n. 6 de dezembro de 2007. Disponível em: <http://inovacao.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S180823942007000600007&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em 22 de novembro de 2018.

ECYCLE (2010). **Isopor é útil, mas tem grande impacto ambiental. Impacto ambiental.** Disponível em: <<https://www.ecycle.com.br/209-eps-isopor>>. Acesso em 25 de agosto de 2018.

FAZENDA, Jorge M.R. **Tintas e Vernizes – Ciência e Tecnologia.** 3ª Edição. São Paulo. BLUCHER, 2005.

FERNANDES, Flávia Dias. PAULA, Luciana Otaviano de. **Utilização de copos plásticos descartáveis como resina para tinta látex acrílica.** Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Química) – Universidade do Vale do Paraíba, São José dos Campos, 2015.

GAUTO, Marcelo Antunes; ROSA, Gilber Ricardo. **Processos e operações unitárias da indústria química.** Rio de Janeiro, RJ; Ciência Moderna, 2011.

IBDA (2018). Instituto Brasileiro de Desenvolvimento da Arquitetura. **Pintura na construção civil** (2018). Disponível em: <<http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=5&Cod=1704>>. Acesso em 15 de Setembro de 2018.

INCOPIOS (2019). **Especificações Técnicas. Qual a diferença entre via seca e via úmida?**. Disponível em: <<http://www.incopios.com.br/informacoes/especificacoes-tecnicas>> Acesso em 20 de dezembro de 2019.

LIZARDO, Célia Bittencourt Guedes (2018). **Boletim técnico: Suvnil Esmalte Seca Rápido.** Gerenciamento da Qualidade, Segurança & Stewardship, São Bernardo do Campo – SP.

LOKENS GARD, Erik. **Plásticos Industriais: Teoria e aplicações** - Tradução da 5ª edição norte-americana, 2013.

MENDA, Mari. **Plásticos** (2011). Disponível em: <https://www.crq4.org.br/quimicaviva_plasticos>. Acesso em 22 de novembro de 2018.

MENEDEZ et al. **Reutilização do poliestireno expandido na produção de impermeabilizante e aditivo para tintas.** Campinas: São Paulo, 2014.

MILLER-CHOU, Beth A. KOENING. Jack L. **A review of polymer dissolution.** Progress in Polymer Science, 2003. 28(8): p. 1223-1270.

MUNDO ISOPOR (2018). **Inovações e vantagens da reciclagem de plásticos.** Disponível em: <<https://www.mundoisopor.com.br/inovacao/inovacoes-e-vantagens-da-reciclagem-de-plasticos>>. Acesso em: 17 de novembro de 2019.

PAZZINI, Caio Eller. (2015). **Estudo de solubilidade do poliestireno (PS) e da policaprolactona (PCL) em diferentes solventes orgânicos**. Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN. Natal - RN, 2015.

SANTOS, Zora Ionara dos. **Tecnologia dos Materiais Não Metálicos - Classificação, Estrutura, Propriedades, Processos de Fabricação e Aplicações**. Érica, 06/2014.

SENADO VERDE (2018). **Gestão de Resíduos**. Copos descartáveis, por que substituir?. Disponível em: <<https://www12.senado.leg.br/institucional/programas/senado-verde/eixostematicos/gestao-de-residuos/home>>. Acesso em 25 de agosto de 2018.

SHREVE, N.R. ; JUNIOR, B.A.J. **Indústrias de Processos Químicos**. Rio de Janeiro: Ed. Guanabara Koogan. S.A., 1997.

SIQUEIRA, Gilson (2019). **Teor de Sólidos / Umidade: O que é? Qual a importância? Quais as principais técnicas?**. Disponível em: <<https://www.linkedin.com/pulse/teor-de-s%C3%B3lidos-umidade-o-que-%C3%A9-qual-import%C3%A2ncia-quais-siqueira>>. Acesso em 20 de dezembro de 2019.

TECNO, Loja Digital. **Viscosímetro Completo com Tripé e Copo Ford N4**, ASTM D 5293 e Tecno TEC-7104. Disponível em: <https://www.tecnoferramentas.com.br/viscosimetro-completo-com-tripe-e-copo-fordn4-astm-d-5293-e-sae-j30_tecno-tec_7104/p>. Acesso em 21 de novembro de 2018. (2018).

TORK (2019). Controle tecnológico de materiais Ltda. **Teste de névoa salina (salt spray)**. Disponível em: <<https://laboratorios-tork.com.br/servicos/intemperismo-e-corrosao/nevoa-salina-salt-spray/>>. Acesso em 20 de dezembro de 2019.

VARELA, Márcio (2019). **Apostila de materiais de construção. Curso técnico em edificações**. Disponível em: <<https://docente.ifrn.edu.br/marciovarela/disciplinas/materiais-de-construcao/apostila-de-materiais-de-construcao-curso-tecnico>>. Acesso em 20 de dezembro de 2019.

VAZ, F. H. B. CARASEK, H. (2019). **Resistência de aderência de revestimentos de argamassa - contribuição por meio de mapeamento e revisão sistemática de**

literatura para futuras pesquisas no tema. Disponível em:
<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0366-69132019000200303>. Acesso em 20 de dezembro de 2019.

WEG TINTAS. **Apostila: Pintura Industrial com Tintas Líquidas.** 2018. Disponível em: <https://static.weg.net/medias/downloadcenter/h8a/h9b/Apostila-DT-12-Tinta-liquida_2018.pdf>. Acesso em: 23 de novembro de 2018.