



CENTRO UNIVERSITÁRIO FACVEST - UNIFACVEST

ANA PAULA RAMOS SOEIRA

**RECICLAGEM DE POLIESTIRENO EXPANDIDO UTILIZANDO O
SOLVENTE NATURAL D-LIMONENO PARA PRODUÇÃO DE VERNIZ
E TINTA**

Lages

2019

ANA PAULA RAMOS SOEIRA

**RECICLAGEM DE POLIESTIRENO EXPANDIDO UTILIZANDO O
SOLVENTE NATURAL D-LIMONENO PARA PRODUÇÃO DE VERNIZ
E TINTA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Graduação em Engenharia Química do Centro Universitário Facvest - Unifacvest, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Químico.

Centro Universitário Facvest - Unifacvest

Supervisor: MSc. Rodrigo Vieira

Lages

2019

ANA PAULA RAMOS SOEIRA

**RECICLAGEM DE POLIESTIRENO EXPANDIDO UTILIZANDO O
SOLVENTE NATURAL D-LIMONENO PARA PRODUÇÃO DE VERNIZ
E TINTA**

Este trabalho de conclusão de curso foi julgado adequado como requisito parcial para obtenção do título de Engenharia Química e aprovado em sua forma final pelo Supervisor pedagógico do Curso de Engenharia Química, do Centro Universitário Facvest – Unifacvest.

Lages, 27 de novembro de 2019.

Professor e Orientador MSc. Aldori Batista dos Anjos
Centro Universitário Facvest - Unifacvest

Professor e Coorientador Dra. Nilva Regina Uliana
Centro Universitário Facvest – Unifacvest

Dedico este trabalho a minha família que sempre me apoiou e me fez acreditar que eu era capaz de realizar qualquer coisa.

AGRADECIMENTOS

A minha família, meu pai José Erlito Netto Soeira, minha mãe Ivonete Antunes Ramos Soeira e meu irmão Charleston Ramos Soeira, por sempre acreditar no meu potencial e me apoiar em todos os meus projetos.

As minhas co-orientadoras Tamara Zanette e Nilva Regina Uliana por toda amizade, por acreditar no meu projeto e pela disponibilidade para me auxiliar em cada etapa da construção do mesmo.

A todos os professores que tive durante minha jornada acadêmica, em especial a professora Maria Benta Cassetari Rodrigues por todo o apoio e ideias compartilhadas para a execução deste projeto.

A Caroline Peixoto Pereira Ribeiro que foi minha dupla durante esses cinco anos de graduação, que passou comigo por todos os momentos felizes, tristes, engraçados e desesperadores dessa jornada acadêmica.

A todos os amigos que sempre estiveram ao meu lado e contribuíram de alguma forma para que este projeto pudesse se tornar realidade.

A UNIFACVEST TECH, por disponibilizar o espaço e os equipamentos para que pudesse realizar este projeto, em especial a técnica Morgana Cristina por todo apoio.

A Elekeiroz S.A. e a Nexoleum Bioderivados S.A., por disponibilizar as amostras dos plastificantes para a elaboração das resinas bases produzidas nesse projeto.

RESUMO

O poliestireno é uma resina termoplástica feita pela polimerização do estireno que é obtido principalmente através do etilbenzeno, derivado do benzeno e do eteno mas também pode ser produzido pelo processo de produção do óxido de propeno onde é formado como subproduto, fazendo com o que custo de produção seja menor. As principais características do poliestireno são o seu fácil processamento, fácil coloração ou transparência, baixa densidade e absorção de umidade, baixa resistência a solventes orgânicos e calor e é comercializado principalmente em três tipos: cristais ou de propósito geral, expandido ou de alto impacto. O foco do presente trabalho é no poliestireno expandido que é obtido através da mistura de estireno com a um agente de expansão, normalmente o pentano, fazendo com que a composição final seja de 98% ar e 2% estireno. Apesar de ser um plástico 100% reciclável, embora o senso comum seja de pensar o contrário, este processo de reciclagem pode ser realizado principalmente por reciclagem mecânica, reciclagem energética e reciclagem química, porém, muitas vezes os custos de reciclar este produto faz com que inviabilize este processo principalmente por conta do alto volume que os resíduos de poliestireno expandido ocupam e por isto, a alternativa de dissolução do material em solventes aromáticos, como o D-limoneno, faz com que esse volume diminua em quase 100 vezes e sem degradar as cadeias poliméricas, causando uma redução dos custos associados ao processo e consequentemente conseguindo um polímero reciclado de alta qualidade. Sendo assim, o presente projeto propõe a realização da reciclagem de resíduos de poliestireno expandido utilizando o solvente natural D-limoneno extraído da casca da laranja para a produção de vernizes e tintas. Foram realizados os testes de comparação entre as características da resina base produzida utilizando o plastificante ftalato e o plastificante vegetal para avaliar a sua viabilidade de produção e características que diferenciam cada um. Por tratar-se de um produto com caráter sustentável, pretende-se incentivar a população a consumir estes produtos que utilizem materiais reaproveitados contribuindo assim com a preservação do meio ambiente e a redução de materiais plásticos descartados em aterros.

Palavras-chave: poliestireno, D-limoneno, verniz, tinta.

ABSTRACT

Polystyrene is a thermoplastic resin made by styrene polymerization that is obtained mainly through ethylbenzene, derived from benzene and ethylene but can also be produced by the propene oxide production process where it is formed as a byproduct, causing the decrease of the costs. The main features of polystyrene are its easy processing, easy staining or transparency, low density and moisture absorption, low resistance to organic solvents and heat and are mainly marketed in three types: crystals or general purpose, expanded or high impact. The focus of the present work is on expanded polystyrene which is obtained by mixing styrene with a blowing agent, usually pentane, making the final composition 98% air and 2% styrene. Despite being a 100% recyclable plastic, there are still many people who think otherwise, this recycling process can be performed mainly by mechanical recycling, energy recycling and chemical recycling, but often the costs of recycling this product makes it impossible This process is mainly due to the high volume that expanded polystyrene residues occupy and therefore, the alternative of dissolving the material in aromatic solvents, such as D-limonene, causes this volume to decrease almost 100 times and without degrading the chains reducing the costs associated with the process and consequently achieving a high quality recycled polymer. Thus, the present project proposes the recycling of expanded polystyrene residues using the natural solvent D-limonene extracted from orange peel to produce varnishes and paints. Comparison tests were performed between the characteristics of the base resin produced using the phthalate plasticizer and the vegetable plasticizer to evaluate their production viability and characteristics that differentiate each one. As it is a sustainable product, it is intended to encourage the population to consume these products that use reused materials, thus contributing to the preservation of the environment and the reduction of plastic materials disposed of in landfills.

Keywords: polystyrene, D-limonene, varnish, paint.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Equipamento de destilação por arraste a vapor.....	28
Figura 2 – (a) Água e D-limoneno da extração por arraste a vapor, (b) Quantidade de D-limoneno extraído por arraste à vapor.....	29
Figura 3 – (a) Equipamento de Soxhlet, (b) – Extração do D-limoneno pelo equipamento de Soxhlet.....	30
Figura 4 – Álcool e D-limoneno da extração pelo equipamento de Soxhlet.....	31
Figura 5 – (a) Pesagem do poliestireno expandido, (b) Filtragem do poliestireno expandido dissolvido.....	32
Figura 6 – Poliestireno reciclado.....	32
Figura 7 – Poliestireno reciclado seco a temperatura ambiente.....	33
Figura 8 – Formulação das resinas base.....	33
Figura 9 – Aplicação das resinas na placa de Petri.....	34
Figura 10 – Aplicação das resina em madeira com 6g de EPS.....	35
Figura 11 – Aplicação das resina em madeira com 8g de EPS.....	35
Figura 12 – Aplicação das resina em madeira com 16g de EPS.....	36
Figura 13 – Determinação do teor de não-volatóis.....	39
Figura 14 – Corpos de prova para teste de absorção de água.....	40

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Resultado da resina com 8g de poliestireno expandido.....	34
Quadro 2 – Resultado da resina com 6g de poliestireno expandido.....	35
Quadro 3 – Resultados do tempo de secagem.....	37
Quadro 4 – Resultados da densidade.....	37
Quadro 5 – Resultados da viscosidade.....	38
Quadro 6 – Resultados do teor de não-voláteis.....	39
Quadro 7 – Pesos dos corpos de prova para determinação de absorção de água.....	40
Quadro 8 – Resultados de absorção de água.....	41

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ASTM	American Society for Testing and Materials
CFC	Gás clorofluorocarboneto
EPS	Poliestireno expandido
HIPS	Poliestireno de alto impacto
ISO	International Organization for Standardization
IUPAC	International Union of Pure and Applied Chemistry
PO	Óxido de propeno
PS	Poliestireno
XPS	Poliestireno extrudado

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
2 OBJETIVO GERAL.....	15
2.1 Objetivos específicos.....	15
3 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO.....	16
3.1 Vernizes e tintas.....	16
3.2 Poliestireno.....	16
3.2.1 Poliestireno expandido.....	17
3.3 Reciclagem de poliestireno expandido.....	17
3.4 Métodos de extração de D-limoneno.....	18
3.4.1 Extração por arraste a vapor.....	18
3.4.2 Extração com equipamento de Soxhlet.....	19
3.5 Filtração.....	19
3.6 Plastificantes.....	20
3.6.1 Plastificante ftalatos.....	20
3.6.1.1 EKFLEX 483.....	21
3.6.2 Plastificantes vegetais.....	21
3.6.2.1 NEXO E1.....	21
3.7 Tempo de secagem.....	21
3.8 Densidade.....	22
3.9 Viscosidade.....	22
3.10 Teor de não-voláteis.....	23
3.11 Absorção de água.....	23
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	24
4.1 Extração do D-limoneno.....	24
4.1.1 Extração do D-limoneno por arraste a vapor.....	24
4.1.2 Extração do D-limoneno por extrator de Soxhlet.....	24
4.2 Teste de comportamento do poliestireno expandido no solvente D-limoneno.....	25
4.3 Elaboração da resina base.....	25
4.4 Testes comparativos entre a resina formulada com plastificante ftalato e com plastificante vegetal.....	25
4.4.1 Determinação do tempo de secagem.....	25
4.4.2 Determinação de densidade.....	26

4.4.3 Determinação de viscosidade.....	26
4.4.4 Determinação de teor de não-voláteis.....	26
4.4.5 Determinação de absorção de água.....	26
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
5.1 Extração do D-limoneno.....	28
5.2 Comportamento do poliestireno expandido no solvente D-limoneno.....	31
5.3 Elaboração da resina base	33
5.4 Resultados dos testes comparativos entre a resina formulada com plastificante ftalato e com plastificante vegetal.....	36
5.4.1 Determinação do tempo de secagem.....	36
5.4.2 Determinação de densidade.....	37
5.4.3 Determinação de viscosidade.....	38
5.4.4 Determinação de teor de não-voláteis.....	38
5.4.5 Determinação de absorção de água.....	39
6 CONCLUSÃO.....	42
7 REFERÊNCIAS.....	43

1 INTRODUÇÃO

O Poliestireno Expandido (EPS) mais conhecido no Brasil como Isopor, é um plástico celular rígido resultado da polimerização de estireno e água. O estireno é misturado a um agente de expansão, normalmente o pentano, fazendo com que a composição final seja de 98% ar e 2% estireno. O EPS é um material inerte quimicamente, não é biodegradável, não se desintegra, não desaparece no meio ambiente e não contém gás clorofluorocarboneto (CFC). O EPS tem inúmeras aplicações em embalagens industriais, artigos de consumo e até mesmo na agricultura. É na construção civil, porém, que sua utilização é mais difundida. O EPS é comprovadamente um material isolante (ABRAPEX, 2010).

Ao contrário do que se pensa popularmente, o EPS é um material 100% reciclável. Ele pode ser reciclado principalmente de três formas: através da reciclagem mecânica, que transforma o produto em matéria prima para a fabricação de novos produtos (exemplo: rodapé e moldura para quadros); da reciclagem energética, que usa o poliestireno para a recuperação de energia, devido ao seu alto poder calorífico; e da reciclagem química, que reutiliza o plástico para a fabricação de óleos e gases (RICCHINI, 2015).

De acordo com uma pesquisa encomendada pela Plastivida Instituto Socio-Ambiental de Plásticos a empresa MaxiQuim (2012), o Brasil reciclou no ano de 2012, 34,5% do EPS produzido no país pós consumo, ou seja, reciclou 13.570 toneladas das 39.340 toneladas produzidas. A Construção Civil é o maior mercado para o EPS reciclado, com cerca de 80%, outras aplicações são verificadas para a indústria de calçados, móveis, na fabricação de utilidades, entre outros produtos. Os dados também mostraram que a reciclagem desse tipo de material tem crescido de forma considerável a cada ano.

A presente pesquisa propõe outro método de reciclagem de EPS utilizando o solvente natural D-limoneno para a produção de vernizes e tintas com o objetivo de diminuir os descartes deste material em aterros. A dissolução do EPS no solvente natural causa a diminuição do volume para a filtração e limpeza e não degrada a cadeia molecular, ocasionando em um polímero reciclado de maior qualidade. O D-limoneno é um hidrocarboneto cíclico insaturado, trata-se de um líquido incolor, volátil e oleoso encontrado naturalmente em frutas cítricas, é utilizado como solvente pois além de ser biodegradável, é também menos tóxico ao meio ambiente (AZAMBUJA, 2011).

Após a elaboração da resina base com o EPS reciclado e a utilização aditivos específicos

para torna-la viável, serão realizados testes comparativos seguindo as normas específicas em comparação da resina produzida utilizando o plastificante ftalato e o plastificante vegetal e também constatar a sua viabilidade no mercado. Por tratar-se de um produto com caráter sustentável, tem-se como objetivo também, incentivar a população a consumir produtos que utilizem materiais reaproveitados contribuindo assim com a preservação do meio ambiente e a redução de materiais plásticos descartados em aterros que poderiam ser 100% reciclados com a devida conscientização.

2 OBJETIVO GERAL

Produção da resina base utilizando poliestireno expandido reciclado com o solvente natural D-limoneno, plastificante polimérico ftalato e vegetal para a produção de verniz e tinta.

2.1 Objetivos específicos

- Produção da resina base.
- Comparação de características da resina base produzida com o plastificante ftalato e com o plastificante vegetal.
- Viabilidade da resina produzida como substituta de vernizes e tintas comerciais disponível no mercado.
- Incentivo ao consumo de produtos com caráter sustentável.

3 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

3.1 Vernizes e tintas

Vernizes são uma dispersão coloidal não pigmentada ou uma solução de resinas sintéticas ou naturais em óleos dissolvidos em solventes, sua produção é simples consistindo em apenas uma etapa de mistura de resinas, solventes e aditivos. São utilizados como películas protetoras ou revestimentos decorativos em madeiras e conferem um brilho a mesma por se tratarem de um líquido incolor. Tintas são formadas pela dispersão de pigmentos em uma solução de resina, solvente e aditivos, são geralmente líquidas e ao serem aplicadas sobre uma superfície ou substrato, se transforma num revestimento com a finalidade de colorir, proteger e embelezar. Além do embelezamento, o verniz ou a tinta na madeira contribui para impedir a absorção de água e umidade pelo material, o que leva a maior durabilidade do mesmo (YAMANAKA, et al., 2006).

3.2 Poliestireno

O poliestireno (PS) é uma resina termoplástica obtida pela polimerização do estireno. A primeira formação de poliestireno foi feita por Eduard Simon em 1839 e a Dow Chemical Company dos Estados Unidos, foi a primeira empresa produzir de forma industrial o poliestireno em 1938 (CARRAHER JR., 2003).

O estireno é obtido principalmente através do etilbenzeno, derivado do benzeno e do eteno mas também pode ser produzido pelo processo de produção do óxido de propeno (PO) onde é formado como subproduto, fazendo com o que custo de produção seja menor. O estireno utilizado para a polimerização deve apresentar pureza maior que 99,6%, pois os contaminantes produzidos do seu processo de produção afetam o peso molecular do poliestireno. A polimerização do estireno, é realizada por um mecanismo de reação via radicais livres. Os processos mais utilizados são os de polimerização em massa e os de polimerização em suspensão. A polimerização em massa é o mais utilizado pelos grandes fabricantes pois fornece altas vazões, alto grau de pureza e baixa carga de efluentes e os processos em suspensão são utilizados pequena escala e para a produção do poliestireno expandido (EPS) (MONTENEGRO, SERFATY, 2002; CARRAHER JR., 2003).

As propriedades físicas do PS dependem do peso molecular e da presença de aditivos, é inodoro, insípido e atóxico, queima como chama fuliginosa amarela alaranjada lentamente e não se extingue, tem fácil processamento, fácil coloração ou transparência, baixa densidade e absorção de umidade. Possui boas propriedades elétricas, é resistente a ácidos fortes e aos álcalis, é insolúvel com hidrocarbonetos alifáticos e álcoois inferiores, é solúvel em ésteres,

hidrocarbonetos aromáticos, álcoois superiores e hidrocarbonetos clorados, solventes orgânicos e tem baixa resistência ao calor (POLYBRASIL, 2018).

O PS é comercializado principalmente em três tipos (MONTENEGRO, SERFATY, 2002; POLYBRASIL, 2018):

1. Cristais ou de propósito geral – possuem como características alto brilho e fácil coloração, e é aplicado na produção de embalagens para a indústria alimentícia, copos descartáveis, caixas para CDs e fitas.
2. Poliestireno expandido (EPS) – é uma espuma celular rígida resultado da expansão da resina com um agente químico, as principais aplicações são a proteção de embalagens e isolamento térmico.
3. Poliestireno de alto impacto (HIPS) - é um poliestireno modificado com elastômeros de polibutadieno e tem alta resistência podendo ser utilizado na fabricação de gabinetes para computadores e eletrodomésticos.

3.2.1 Poliestireno expandido

O poliestireno expandido (EPS) foi descoberto em 1949 pelos químicos Fritz Stasny e Karl Buchholz nos laboratórios da Basf, na Alemanha. É um plástico celular rígido resultado da polimerização de estireno e água. O estireno é misturado a um agente de expansão, normalmente o pentano, fazendo com que a composição final seja de 98% ar e 2% estireno. O processo produtivo do EPS não utiliza o gás CFC ou qualquer um de seus substitutos, sendo assim, os produtos finais de EPS são inertes, não contaminam o solo, água, ar e podem ser 100% reciclados (EPS BRASIL, 2014).

A produção do poliestireno expandido ocorre em três etapas: a pré-expansão do material onde resulta em um material granulado, o armazenamento intermediário onde o interior dos grânulos é preenchido pelo ar circundante e pôr fim a moldagem (ABRAPEX, 2010).

3.3 Reciclagem de poliestireno expandido

De acordo com uma pesquisa realizada pela Plastivida (2012), o Brasil consumiu em 2009 aproximadamente 66.700 toneladas de EPS e 24.700 toneladas de XPS, totalizando cerca de 91.400 toneladas de espumas de poliestireno. No mesmo ano a produção mundial de EPS foi de aproximadamente cinco milhões de toneladas, sendo o Brasil responsável por cerca de 1,2% do consumo aparente mundial deste material. A mesma pesquisa aponta que cerca de 8.400 toneladas de espumas de poliestireno foram recicladas no Brasil, equivalente a apenas 9,2% do consumo nacional. Este grande consumo de produtos com embalagens plásticas e o acúmulo destes materiais em aterros sanitários leva a preocupação de como realizar a

reciclagem de cada tipo de material e poder dar um novo destino a eles.

No caso do poliestireno expandido, os tipos mais comuns de reciclagem são: reciclagem mecânica, que transforma o produto em matéria prima para a fabricação de novos produtos; reciclagem energética, que usa o poliestireno para a recuperação de energia, devido ao seu alto poder calorífico; e reciclagem química, que reutiliza o plástico para a fabricação de óleos e gases. Porém, muitas vezes os custos de reciclar estes produtos faz com que inviabilize este processo principalmente por conta do alto volume que os resíduos de poliestireno ocupam e por isto, a alternativa de dissolução do material em solventes aromáticos, como o D-limoneno, faz com que o volume diminua em quase 100 vezes sem degradar as cadeias poliméricas causando uma redução dos custos associados ao processo e um polímero reciclado de alta qualidade. Na reciclagem utilizando o D-limoneno, tanto o poliestireno quanto o solvente podem ser recuperados da solução com altos rendimentos. (GARCÍA-AYUSO, et al., 2009; PLASTIVIDA, 2009).

3.4 Métodos de extração de D-limoneno

O D-limoneno é um hidrocarboneto cíclico insaturado, trata-se de um líquido incolor, volátil e oleoso encontrado naturalmente em frutas cítricas como a laranja e o limão. A laranja é uma das frutas mais cultivadas em todo o mundo, produzida pela laranjeira, uma árvore da família *Rutaceae*. A laranja foi introduzida no Brasil pelos portugueses na época da colonização, século XVI. O fruto é composto por diversas vesículas de suco protegidas por uma película de cera, a casca. É na casca que estão as substâncias responsáveis pelo aroma e pela cor da fruta. Já a parte comestível é composta por segmentos que possuem vesículas de suco, além de sementes. O Brasil é o maior exportador de suco de laranja. Atualmente 98% do d-limoneno disponível no mercado é obtido do óleo da casca da laranja (CITRUSBR, 2012; AZAMBUJA, 2011).

3.4.1 Extração por arraste a vapor

Óleos essenciais são obtidos na maior parte das vezes por destilação a vapor, este método é geralmente utilizado em folhas e ervas e nem sempre é indicado para extrair-se o óleo vegetal de grãos, raízes, madeiras e algumas flores por conta das altas temperaturas empregadas poderem causar danos às moléculas e a perda de princípios ativos importantes (HARBORNE, 1993).

Na destilação por arraste a vapor, os óleos voláteis são vaporizados quando o material que os contém é submetido a uma corrente de vapor e a mistura desses vapores de óleo e água ao se condensarem, separa-se em camadas pela diferença da densidade. Há três tipos de

processo: destilação com água, onde o material fica em contato direto com a água em ebulição, flutuando ou imerso no líquido; destilação com água e vapor d'água, onde o material fica sobre um suporte ou placa perfurada a uma distância um pouco acima do fundo do recipiente que é preenchido com água até um nível um pouco inferior ao da placa, a água então é aquecida e o vapor úmido atravessa o material de modo com que não fica em contato direto com a água; e por fim, a destilação direta com vapor d'água, que é semelhante a anterior, com exceção de não haver água no recipiente, o vapor saturado ou superaquecido é introduzido atravessando o material colocado sobre o suporte (KOKETSU, GONÇALVES, 1991). O equipamento de destilação é composto por um balão de fundo redondo, condensador e coletor.

3.4.2 Extração com equipamento de Soxhlet

O extrator de Soxhlet foi inventado em 1879 por Franz von Soxhlet para extração de lipídios a partir de materiais sólidos e permite uma extração sem monitoração constante pois funciona usando uma pequena quantidade de solvente que é reciclada durante o processo para dissolver o composto (RODRIGUES, 2015).

No processo de extração têm-se três etapas principais: a penetração do solvente no material orgânico, a formação de uma miscela intracelular e a difusão do extrato. É realizado um tratamento constante e sem interrupções da amostra imersa no solvente por conta da sifonagem e condensação do solvente aquecido dentro do balão. As principais vantagens deste método é que amostra está sempre em contato com o solvente, a temperatura do sistema é alta e é um método simples que possibilita a extração de uma quantidade maior de óleo em relação a outros métodos. Apresenta como desvantagens a longa duração da extração por conta das sifonagens necessárias e a grande quantidade de solvente necessária (GARCÍA-AYUSO, et al., 2000).

O extrator de Soxhlet é composto por um balão de destilação com um condensador de refluxo, um filtro e um sifão (RODRIGUES, 2015).

3.5 Filtração

A filtração é uma operação unitária que consiste na separação de partículas sólidas de um líquido, é uma das operações mais comuns utilizadas e as filtrações realizadas em laboratório utilizam papel filtro e funil. No processo de filtração a fase líquida (filtrado) é forçada a passar por um meio poroso (filtrante) e a fase sólida (filtração) fica retida na superfície do meio poroso. Existe alguns fatores que influenciam na filtração: viscosidade do material a ser filtrado; temperatura, onde em grande parte dos líquidos, o aumento da temperatura melhora a eficiência a filtração; espessura do filtro; lavagem para remover ou reduzir em nível desejado

o volume do filtrado residual e/ou sólidos retidos; tamanho da partícula; meio filtrante e concentração de sólidos (FOUST et al., 1982).

Em laboratório, o processo de filtração pode ser realizado de duas formas: simples ou a vácuo. No processo de filtração simples, utiliza-se um funil de vidro com um cone de papel filtro e para melhor aderência do papel ao funil pode-se utilizar uma pequena quantidade do solvente para umedece-lo antes e então efetua-se a filtração com cuidado para não encher o papel até a borda. No final da filtração, pode ser utilizado jatos de solvente para uma maior extração. Já na filtração a vácuo, utiliza-se um funil de Büchner com um Kitassato e para acelerar o processo de filtração, utiliza-se uma bomba de vácuo (ligada ao Kitassato), que gera uma sucção do líquido na parte inferior do funil fazendo com que o tempo de filtragem seja de segundos (ROSA, GAUTO, GONÇALVES, 2013).

3.6 Plastificantes

A IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry, ou União Internacional de Química Pura e Aplicada) define os plastificantes como “substâncias incorporadas a plásticos ou elastômeros com a finalidade de aumentar sua flexibilidade, processabilidade ou capacidade de alongamento”. São moléculas pequenas e de baixa massa molar e contém uma cadeia de 8 carbonos. O plastificante ao penetrar na cadeia polimérica ajudam na redução das forças de atração entre as moléculas aumentando a distância entre elas, fazendo com que elas deslizem umas sobre as outras e causando assim a flexibilidade do polímero. Apesar de alterarem as propriedades físico-química dos materiais, os plastificantes não fazem alterações na estrutura dos polímeros. Os plastificantes comerciais são, de maneira geral, líquidos inodoros, incolores, insolúveis em água e de baixa volatilidade. São em sua grande maioria ésteres ou poliésteres, incluindo outros com base em ácidos adípicos, fosfóricos, sebáceos, trimelíticos ou azeláticos, podem também ser vegetais (JÚNIOR, HOLANDA, 2011).

3.6.1 Plastificantes ftalatos

Os ftalatos são compostos líquidos, incolores, inodoros e derivados do ácido 1,2-benzeno dicarboxílico. Os ésteres de ftalato são comercialmente sintetizados pela condensação de álcoois com anidrido ftálico. Sua estrutura consiste em um anel aromático ligado a dois grupamentos éster na posição orto. Estes compostos foram sintetizados pela primeira vez no final do século XIX, mas só foram empregados no mercado de materiais no início do século XX. Industrialmente, os ftalatos são utilizados como tinta de emulsão, em pisos vinílicos, corantes, biocidas, tintas industriais, cosméticos, lubrificantes, retardantes de chama, modificadores de impacto, cargas e estabilizantes. Os ftalatos são plastificantes de alta

eficiência. O efeito dos plastificantes ftálicos e outros plastificantes sobre o aspecto de saúde humana, segurança e meio ambiente tem intensamente sido estudado nos últimos trinta anos e alguns ftalatos apresentam restrição de uso para algumas aplicações, já que estudos em roedores demonstraram potencial carcinogênico e mutagênico nestes. (BUSTAMANTE-MONTES et al., 2001).

3.6.1.1 EKFLEX 483

O EKFLEX 483 é um plastificante fabricado pela empresa Elekeiroz, ele é baseado em Diisobutil ftalato (DIBP) e seus isômeros que apresenta alto poder de solvatação em resinas de PVC e baixa viscosidade. É utilizado na produção de vernizes, colas, tintas, emulsão, produtos de impregnação para têxteis, borracha clorada, butiral polivinílico, nitrocelulose (ELEKEIROZ, 2017).

3.6.2 Plastificantes vegetais

Por conta da preocupação com a saúde humana e preservação do meio ambiente, a fabricação de plastificantes “verdes”, derivados de óleos vegetais tem crescido de forma exponencial nos últimos anos pois estes óleos são totalmente biodegradáveis, não tóxicos e seguros. Os tipos mais conhecidos de plastificantes de fontes naturais são produzidos pela epoxidação de óleos vegetais e de ésteres insaturados com um perácido orgânico. A epoxidação de óleos vegetais confere maior reatividade aos óleos, tornando-os intermediários importantes com inúmeras aplicações industriais como em alimentos, fármacos, plásticos, tintas, entre outros (MADALENO et al., 2009).

3.6.2.1 NEXO E1

Os bioderivados oferecidos pela Nexoleum Bioderivados S.A, podem ser utilizados como aditivos para plásticos, borrachas, tintas, lubrificantes, entre outros e são fabricados a partir de seleção dos óleos vegetais mais adequados para cada aplicação, as matérias primas podem ser soja, milho, mamona, linho, cana de açúcar, babaçu e palma. O NEXO E1 é um plastificante vegetal de uso geral de fusão rápida produzido a base de óleo vegetal quimicamente modificado e epoxidado (ésteres de ácidos graxos do óleo de soja epoxidado) (NEXOLEUM, 2016).

3.7 Tempo de secagem

De acordo com a norma técnica número 15311 de 2016 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) que se refere ao método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não-industriais - determinação do tempo de secagem de tintas e vernizes por medida instrumental, o tempo de secagem é um processo físico-químico de endurecimento e cura de

uma película de tinta e/ou verniz a tal ponto que marcas visíveis não sejam observadas sobre ela quando uma força for realizada.

A película de tinta será aplicada sobre uma placa de vidro e o tempo de secagem ao toque é determinado quando a camada aplicada sobre a placa for tocada com o dedo e a tinta não for transferida para o dedo; o tempo de secagem ao manuseio é determinado quando não houver alterações na sua superfície ao girar o dedo sobre o película aplicada; e por fim, a tinta é considerada completamente endurecida quando ao pressionar a unha contra a película e não houver nenhuma transferência da tinta para a unha (NBR 15311, 2016).

3.8 Densidade

Densidade é a razão entre a massa de um material e o seu volume. A densidade depende do tipo de substância e é em geral influenciada pela temperatura e pela pressão. A densidade relativa de um material é a relação entre sua densidade absoluta e a densidade absoluta de uma substância padrão, para sólidos e líquidos, geralmente utiliza-se a densidade absoluta da água. O densímetro é um instrumento laboratorial utilizado para identificar a densidade de um determinado fluído, é constituído por um tubo de vidro com chumbo em sua base e na parte superior há uma escala numérica que irá apontar a densidade do fluído que está imerso. A medição é realizada colocando o densímetro em imersão no fluído que se deseja conhecer a densidade e realizando a leitura na escala numérica (OLIVEIRA, 2019).

3.9 Viscosidade

A viscosidade uma propriedade dos fluídos que corresponde ao transporte microscópico de quantidade de movimento por difusão molecular, ou seja, quanto maior a viscosidade, menor será a velocidade com que ele se movimenta. A viscosidade geralmente diminui com o aumento de temperatura, uma vez que, em altas temperaturas, as moléculas possuem maior energia de translação e rotação, permitindo vencer as barreiras energéticas de interações intermoleculares com maior facilidade. As resinas e os pigmentos adicionados as tintas fazem com que haja o aumento da viscosidade do produto, o que é desejável durante a fabricação pois facilita o processo mas não é satisfatório para venda no mercado por isso são utilizados solventes para reduzir esta viscosidade (OLIVEIRA, 2019; YAMANAKA, et al., 2006).

De acordo com a norma técnica número 5849 de 2015 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) que se refere a determinação da viscosidade cinemática de tintas, vernizes, resinas e outros líquidos com propriedades newtonianas, deve ser utilizado o copo de Ford com o orifício de número 04 para realizar as medidas que serão expressa em segundos

levados para a interrupção do filete da resina que está sendo avaliada, este valor posteriormente pode ser convertido para viscosidade cinemática (cSt).

3.10 Teor de não-voláteis

De acordo com a International Organization for Standardization (ISO), norma de número 3251 de 1993 para determinação de materiais não-voláteis em tintas, vernizes e ligantes para tintas e vernizes, o resíduo não volátil é o material solúvel, suspenso ou particulado que permanece após a evaporação do solvente volátil que contém no material.

A determinação do teor de não voláteis envolve a evaporação do solvente orgânico seguida da medição gravimétrica do resíduo restante em uma balança semi-analítica. Este teste é de grande importância para a avaliação da qualidade de produtos, é um procedimento relativamente simples e precisa ser executado com cuidado para minimizar a variabilidade nos resultados (ISO 3251, 1993).

3.11 Absorção de água

Com o foco no uso de poliestireno expandido para a fabricação de resinas base para a produção de tintas e vernizes, a redução na absorção de água pela madeira é importante para aumentar a vida útil do produto. A madeira, por se tratar de um composto orgânico de estrutura complexa e heterogênea, é altamente higroscópica, ou seja, possui a capacidade de absorver água. Por conta dessa natureza higroscópica, a madeira apresenta alteração nas suas dimensões de acordo com a umidade relativa e a temperatura do ambiente, sendo assim, acaba ganhando ou perdendo umidade até que a sua umidade entre em equilíbrio com o ambiente. O conhecimento dessas variações das peças de madeira é de fundamental importância, uma vez que afeta a sua estabilidade dimensional e demais propriedades além de poder causar a proliferação de fungos (SILVEIRA, BARAÚNA, VIEIRA 2012; SILVA E OLIVEIRA, 2003).

A determinação da absorção de água pela madeira ocorre utilizando corpos de prova com a aplicação da resina base com plastificante ftalato, aplicação da resina base com plastificante vegetal e sem a aplicação de nada, os corpos de provas são pesados seco e em seguida são imersos em água durante 24h e depois pesados novamente para realizar o cálculo de porcentagem de absorção de água (MENDONÇA, et al., 2015).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Extração do D-limoneno

4.1.1 Extração do D-limoneno por arraste a vapor

Utilizou-se para a extração do D-Limoneno 200g de cascas de laranja com 600mL de água destilada em um equipamento de extração por arraste a vapor, aguardou-se 1 hora e 20 minutos para que a destilação do óleo essencial ocorresse. Após o fim da destilação, transferiu-se o produto acumulado para um funil de separação e adicionou-se 2 gotas do corante alimentício para que pudesse ser visualizado de forma mais clara a quantidade de óleo extraído. Em seguida foi retirada toda a água contida no funil e transferido o óleo que ficou retido para uma proveta para medição da quantidade obtida.

4.1.2 Extração do D-limoneno por extrator de Soxhlet

Para o segundo método de extração, utilizou-se 42,7g de cascas de laranja no extrator de Soxhlet com algodão no fundo para que os sólidos não caíssem no balão e adicionou-se 200mL de álcool etílico 92,8% no balão de fundo redondo e iniciou-se a extração. O equipamento ficou ligado durante duas horas realizando a destilação do óleo essencial. Após o fim da destilação, transferiu-se o produto acumulado para um funil de separação e adicionou-se 2 gotas do corante alimentício para que pudesse ser visualizado de forma mais clara a quantidade de óleo extraído.

O cálculo do rendimento de ambos os métodos utilizados será determinado pela equação (1) abaixo:

$$R\% = \frac{\text{volume}_{\text{óleo}} \times \text{densidade}}{\text{massa}_a} \times 100 \quad (1)$$

Onde:

R% = rendimento em porcentagem;

Volume_{óleo} = volume de óleo em mL;

Densidade = massa de um mL de óleo em g, D-limoneno: 0,8411 g/cm³;

Massa_a = massa de cascas em g.

4.2 Teste de comportamento do poliestireno expandido no solvente D-limoneno

Pesou-se aproximadamente 1g de poliestireno expandido dentro de um béquer de 250mL com o auxílio de uma balança semi analítica e adicionou-se 10mL de D-limoneno. O solvente ao entrar em contato com o poliestireno expandido começou a diluir-se instantaneamente formando um líquido viscoso, fazendo com que o aquecimento para a realização deste processo não fosse necessária. Em seguida, a solução foi filtrado em um filtro de vidro com papel filtro comum para que se retirasse pequenas impurezas que poderiam estar contidas na solução. Por fim, a solução foi aquecida a 176°C para que ocorresse a evaporação do D-limoneno. Repetiu-se o procedimento utilizando 15 e 20mL de solvente.

4.3 Elaboração da resina base

Para a elaboração da resina base, foram utilizados diferentes gramaturas de poliestireno expandido diluídos em diferentes volumes do solvente natural D-Limoneno, as misturas foram agitadas com um bastão de vidro para que todas as partes fossem dissolvidas por completo. As misturas foram então, divididas de formas iguais em seis béqueres de 50mL e foram adicionados diferentes porcentagens do plastificante ftalato em três e do vegetal nos outros três para que se observasse o comportamento e determinasse a melhor formulação de cada.

4.4 Testes comparativos entre a resina formulada com plastificante ftalato e com plastificante vegetal

Foram realizados os testes de comparação entre as características da tinta formulada com plastificante ftalato e com plastificante vegetal para avaliar a sua viabilidade.

4.4.1 Determinação do tempo de secagem

A determinação do tempo de secagem foi determinada aplicando a tinta produzida com cada plastificante em uma placa de vidro devidamente limpa e desengordurada e imediatamente depois iniciar a cronometragem do tempo. O tempo de secagem ao toque será determinado quando a camada aplicada sobre a placa for tocada com o dedo e a tinta não for transferida para o dedo; o tempo de secagem ao manuseio será determinada quando não houver alterações na sua superfície ao girar o dedo sobre o película aplicada; e por fim, a tinta será considerada completamente endurecida quando ao pressionar a unha contra a película e não houver nenhuma transferência da tinta para a unha.

4.4.2 Determinação de densidade

A determinação da densidade foi realizada colocando 100mL da tinta produzida em uma proveta, mergulhando o densímetro dentro do fluido e realizando a leitura da densidade encontrada na escala graduada do aparelho.

4.4.3 Determinação de viscosidade

A determinação da viscosidade das resinas bases foi realizada através do equipamento Copo Ford, que se baseia na contagem do tempo de escoamento de 100 mL da resina base, através de um orifício padronizado número 4 do equipamento, conforme especificado pela norma técnica. O intervalo de tempo, desde a retirada da vedação do orifício até a primeira interrupção do filete de tinta, será equivalente ao valor da viscosidade Ford. A viscosidade cinemática do fluido pode ser calculada através da equação (2) abaixo:

$$v = 3,85 (t - 4,49) \quad (2)$$

Onde:

v = viscosidade cinemática em cSt;

t = tempo de escoamento da resina base em segundos.

4.4.4 Determinação de teor de não-voláteis

A determinação do teor de não voláteis foi realizada pesando 1g da amostra da tinta produzida com cada plastificante em uma folha de alumínio e em seguida será colocado em uma estufa a 105°C por duas horas para que todo o material volátil seja evaporado, após aguardar o material resfriar, será pesado novamente para a determinação do teor de não voláteis. Os quantidade de não-voláteis em porcentagem será calculada através de uma regra de três assumindo como 100% o valor de 1g.

4.4.5 Determinação de absorção de água

A determinação da absorção de água pela madeira foi realizada utilizando nove corpos de prova de madeira de Pinus de aproximadamente 3x3cm previamente limpos e lixados, o teste consistiu na aplicação da resina base com plastificante ftalato em três dos corpos de prova, na aplicação da resina base com plastificante vegetal em outros três e os últimos três sem a aplicação de nada, os três corpos de provas foram pesados e em seguida foram imersos em água

durante 24h. Após a retirada da água, os corpos de prova foram pesados novamente para a realização dos cálculos de porcentagem de absorção de água utilizando a equação (3) abaixo:

$$Absorção = \frac{Mu - Ms}{Ms} \times 100 \quad (3)$$

Onde:

Absorção = é a quantidade de absorção de água em porcentagem;

Ms = massa seca da madeira;

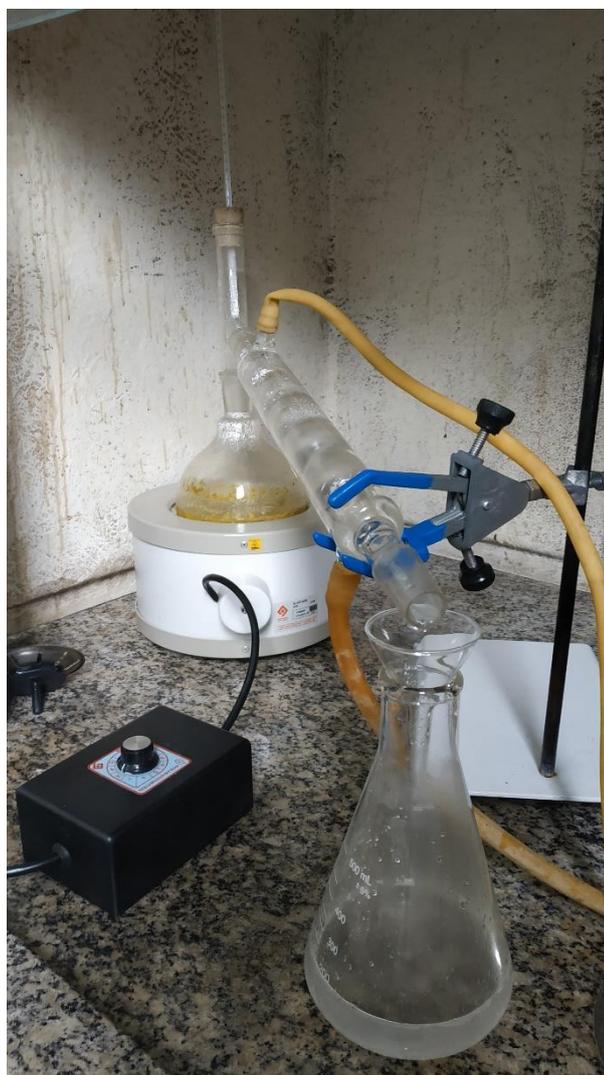
Mu = massa úmida da madeira.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Extração do D-limoneno

Na destilação por arraste a vapor, o equipamento de destilação (Figura 1) ficou ligado com as cascas fervendo durante 1 hora e 20 minutos para que o óleo essencial fosse condensado e pudesse ser separado. O método desta destilação é por arraste a vapor, onde o vapor d'água atravessa o material orgânico e arrasta o óleo contido no material, então, o óleo liberado vaporiza-se e é levado até o condensador, onde é resfriado para voltar a ser um líquido e é depositado no Erlenmeyer (AZAMBUJA, 2011).

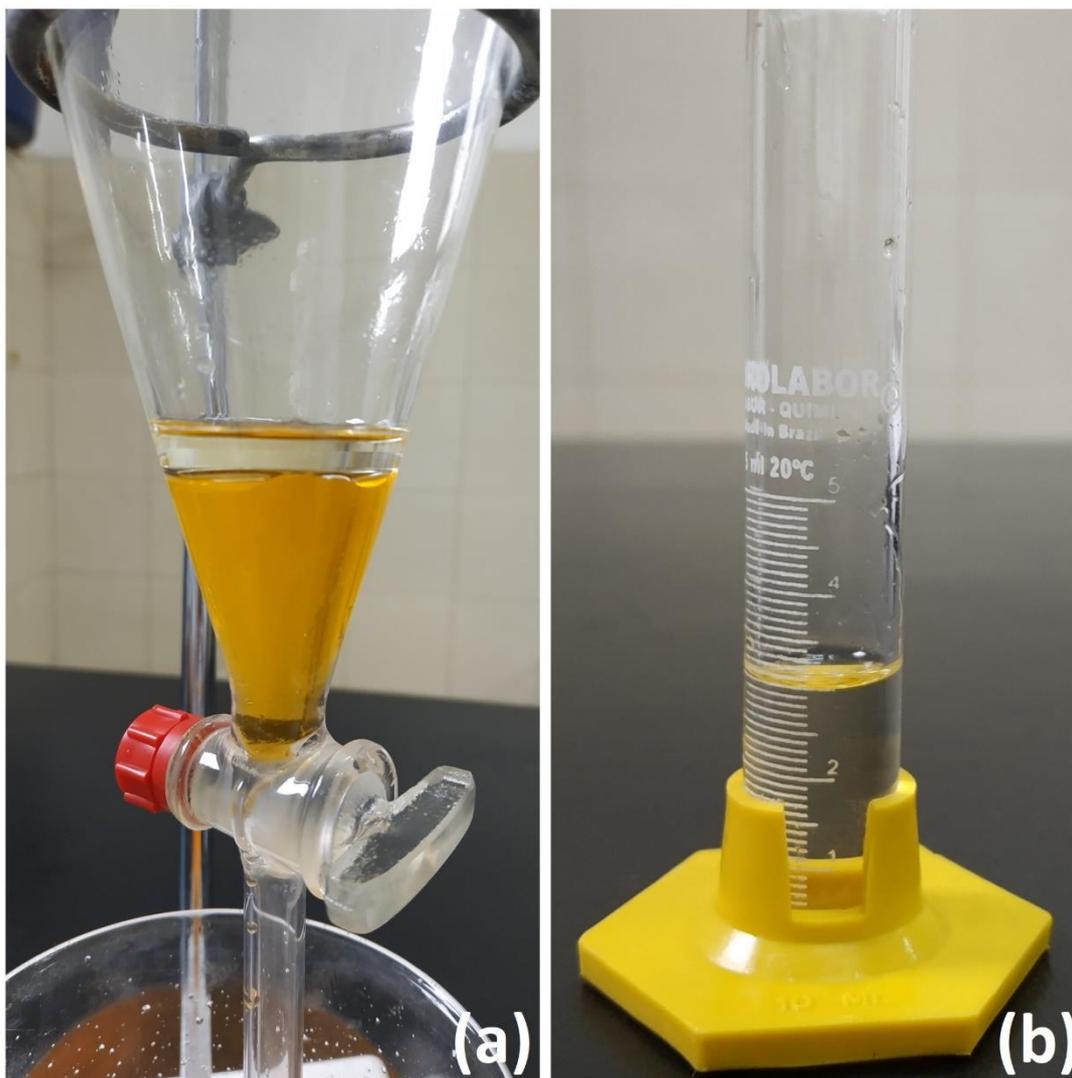
Figura 1 – Equipamento de destilação por arraste a vapor.



Após passado esse tempo, o produto resultante do processo foi transferido para o funil de separação e o corante foi adicionado para que ficasse mais clara a visualização do óleo

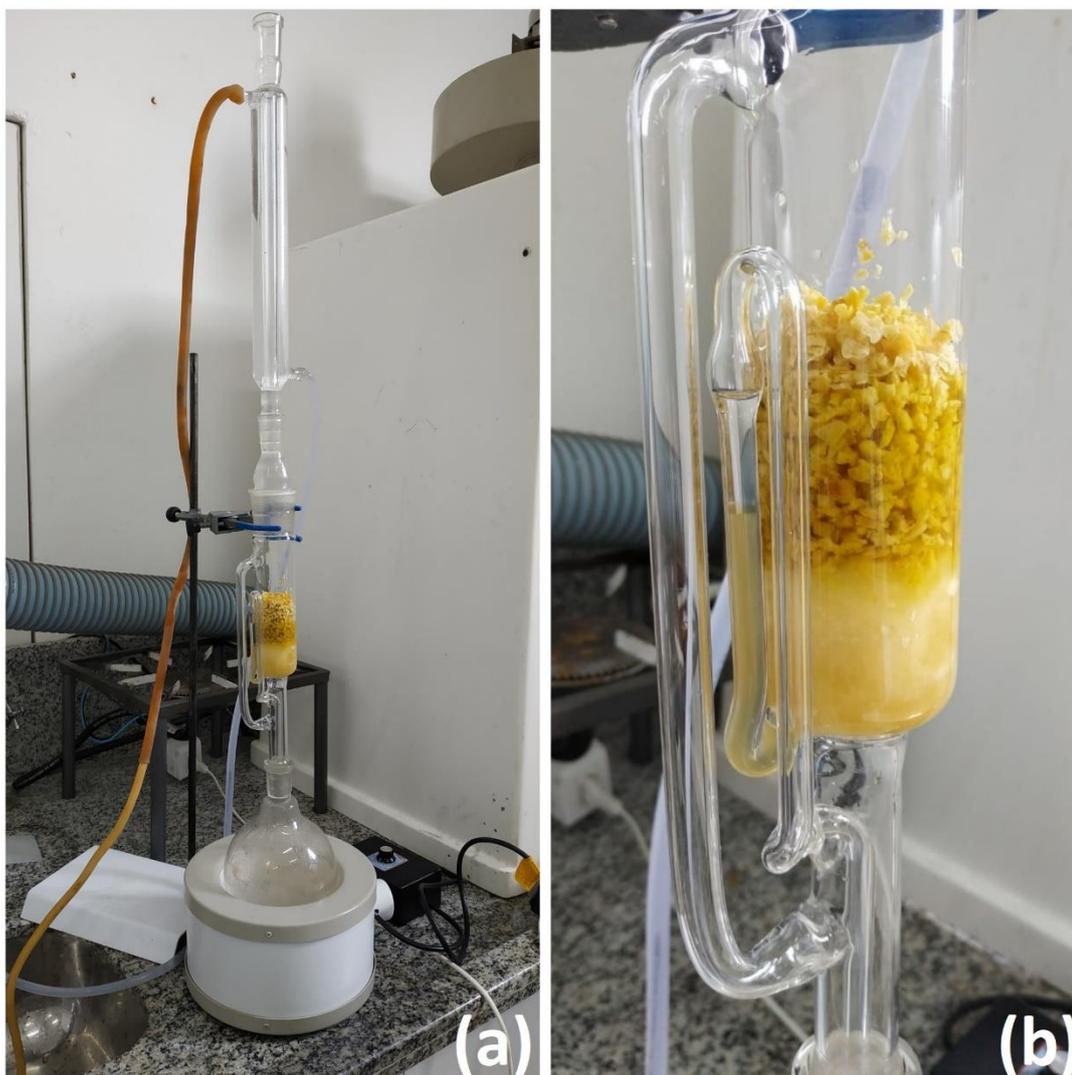
extraído das cascas (Figura 2 – (a)).

Figura 2 – (a) Água e D-limoneno da extração por arraste a vapor, (b) Quantidade de D-limoneno extraído por arraste à vapor.



Foram obtidos 3mL de óleo extraído a partir de 200g de cascas de laranja (Figura 2 – (b)). Na destilação utilizando o equipamento de Soxhlet (Figura 3 – (a)), o equipamento ficou ligado durante duas horas com 200mL de álcool em ebulição e no sifão estavam as 42,7g de cascas.

Figura 3 – (a) Equipamento de Soxhlet, (b) – Extração do D-limoneno pelo equipamento de Soxhlet



Ao entrar em ebulição, o álcool foi condensado e então gotejado sobre o material orgânico e arrasta consigo o óleo das cascas (Figura 3 – (b)). Ao final do processo, o óleo extraído com o álcool foi transferido para um funil de separação (Figura 4), porém, a separação não foi possível por conta da densidade do álcool e do D-limoneno serem muito parecidas. Sendo assim, a mistura foi colocada em uma proveta para que se pudesse ter uma medida aproximada da quantidade de óleo produzida.

Figura 4 – Álcool e D-limoneno da extração pelo equipamento de Soxhlet.



Aparentemente, a quantidade de óleo extraída pelo método de Soxhlet foi semelhante à obtida pela destilação por arraste a vapor e foi utilizada uma quantidade de matéria prima muito inferior, o que faria com que o processo produtivo em grande escala por este método fosse mais eficaz. Para fins de cálculos de rendimento, adotaremos a mesma quantidade de óleo para ambos os métodos.

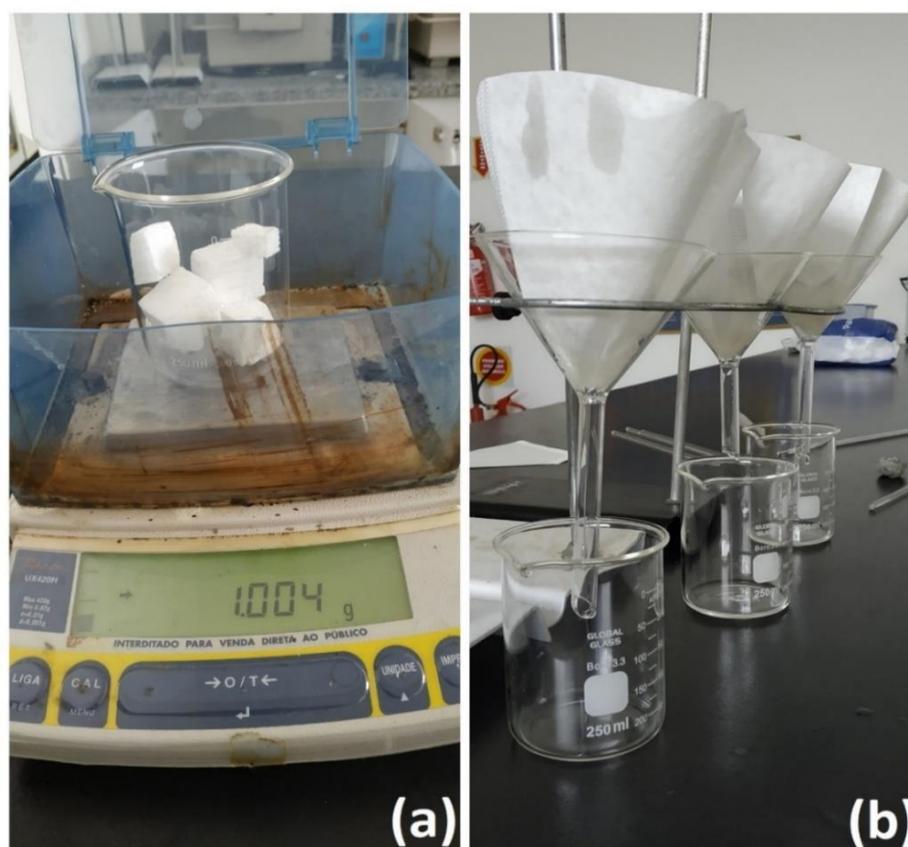
Os cálculos de rendimento foram realizados utilizando a equação (1), o rendimento do processo por arraste a vapor foi de 1,26% e pelo extrator de Soxhlet foi de 5,9%. Por conta do baixo rendimento e elevado tempo de produção, foi optado por comprar o solvente para melhores resultados.

5.2 Comportamento do poliestireno expandido no solvente D-limoneno

Três béquers receberam a quantidade de aproximadamente 1g de poliestireno expandido

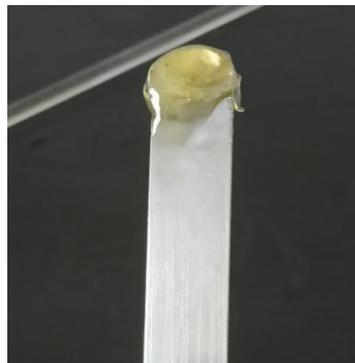
em forma de cubos (Figura 5– (a)) e foram adicionados respectivamente 10, 15 e 20mL do solvente natural D-limoneno para observar-se o seu comportamento. Imediatamente o material se dissolveu, formando um líquido viscoso incolor e sem a necessidade de nenhum aquecimento. O líquido foi então filtrado para a remoção de possíveis impurezas que poderiam estar presentes no material (Figura 5– (b)).

Figura 5 – (a) Pesagem do poliestireno expandido, (b) Filtragem do poliestireno expandido dissolvido



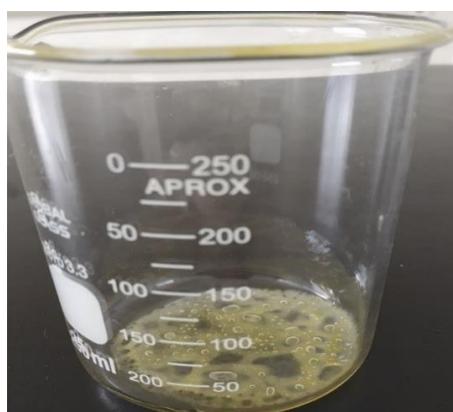
Após a filtragem, o líquido foi aquecido a 176°C para que ocorresse a evaporação do solvente, restando apenas um material de aspecto plástico e coloração amarelada, o poliestireno reciclado (Figura 6).

Figura 6 – Poliestireno reciclado



Se deixado em temperatura ambiente, o material enrijece (Figura 7). Sendo assim, a dissolução do poliestireno expandido no solvente natural D-limoneno provou-se eficaz por conta da redução em volume do material inicial e aspecto do produto final. A coloração amarelada se dá por conta do solvente ser extraído da casca da laranja que possui coloração alaranjada.

Figura 7 – Poliestireno reciclado seco a temperatura ambiente



5.3 Elaboração da resina base

Após a dissolução de 6,154g poliestireno expandido em 50mL do solvente natural D-Limoneno, obteve-se um líquido viscoso de coloração esbranquiçada, em cada um dos seis béqueres utilizados, colocou-se 7mL do líquido e adicionou-se 1, 5 e 10% do plastificante ftalato em três e do vegetal nos outros três para ambas as concentrações (Figura 8). Os procedimentos para a elaboração desta resina base seguiram as metodologias propostas por Schneider, et al. (2015) e por Barcellos, Schwade e Silva (2013) que iniciam o preparo da tinta realizando a dissolução do poliestireno expandido no solvente natural D-Limoneno seguido da adição do plastificante, sendo que, o EPS é granulado previamente para facilitar a dissolução.

Figura 8 – Formulação das resinas base

Cada mistura foi agitada com um bastão de vidro e em seguida foram aplicadas com o auxílio de um pincel em uma placa de Petri. Foi utilizado um pincel para as formulações com plastificante ftalato e outro para as formulações com plastificante vegetal para que não houvesse contaminação e também foi higienizado a cada formulação de concentrações diferentes. Repetiu-se o mesmo procedimento para a concentração de 8,026g de poliestireno expandido e 50mL de D-limoneno.

Figura 9 – Aplicação das resinas

As resinas foram colocadas para secar a temperatura ambiente durante 5 horas e os resultados estão apresentados nos quadros abaixo.

Quadro 1 – Resultado da resina com 6g de poliestireno expandido

	1%	5%	10%
Plastificante ftalato	Seco ao toque, translúcido e com algumas pequenas bolhas e ranhuras.	Seco ao toque e translúcido.	Pegajoso ao toque e translúcido.
Plastificante vegetal	Pegajoso ao toque, esbranquiçado e com pequenas bolhas.	Saiu da placa quando tocado pois estava molhado ainda, esbranquiçado e com bolhas.	Pegajoso ao toque e esbranquiçado.

Quadro 2 – Resultado da resina com 8g de poliestireno expandido

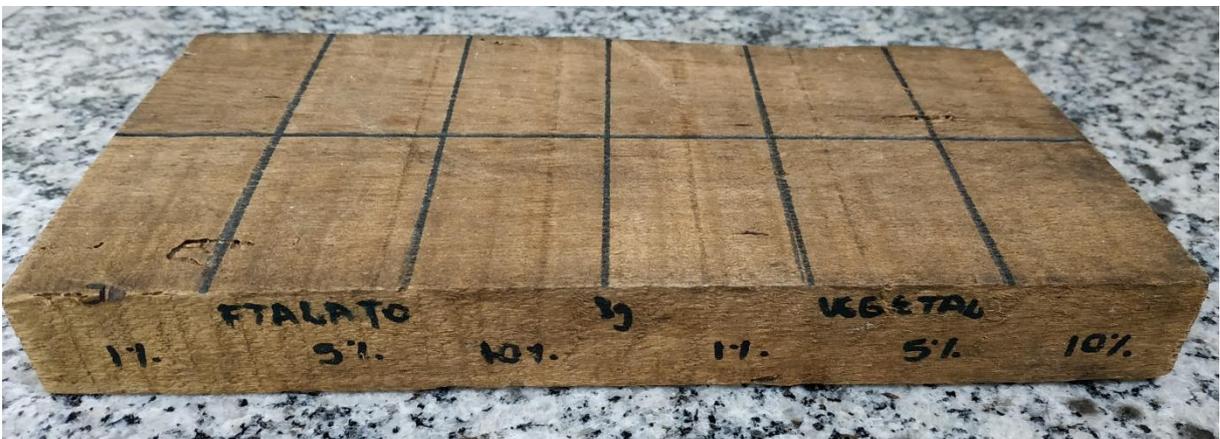
	1%	5%	10%
Plastificante ftalato	Seco ao toque e translúcido.	Seco ao toque e translúcido.	Pegajoso ao toque e translúcido.
Plastificante vegetal	Seco ao toque, com bolhas pequenas e esbranquiçado.	Seco ao toque, com bolhas pequenas e esbranquiçado.	Pegajoso ao toque, com bolhas pequenas e esbranquiçado.

Além de serem aplicadas sobre a placa de Petri para observar o seu comportamento, cada uma das formulações foram aplicadas em madeira, constatando que com ambas as concentrações utilizadas, a resina foi completamente absorvida pela madeira, não formando uma película visível sobre ela (Figuras 10 e 11).

Figura 10 – Aplicação das resinas em madeira com 6g EPS

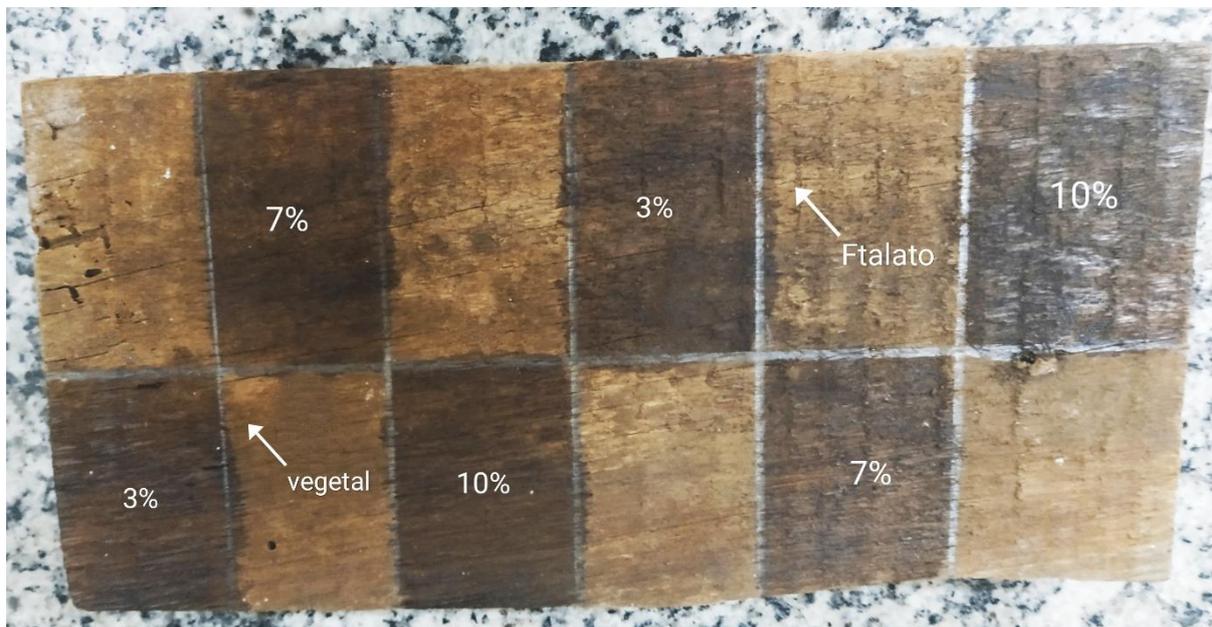


Figura 11 – Aplicação das resinas em madeira com 8g EPS



Sendo assim, foi realizada a elaboração de uma terceira formulação utilizando 16g de poliestireno expandido diluído em 55mL de D-limoneno, colocou-se 10mL do líquido em seis béqueres e adicionou-se 3, 7 e 10% do plastificante ftalato em três e do vegetal nos outros três. Ao aplicadas na placa de Petri todas estavam completamente secas ao toque após 5 horas com a única diferença de que as contendo o plastificante vegetal apresentam-se esbranquiçadas enquanto as com o plastificante ftalato são completamente translúcidas. Ao aplicadas na madeira, após secarem, todas apresentam visivelmente uma película sobre a madeira (Figura 11).

Figura 12 – Aplicação das resina em madeira com 16g de EPS



Como todas as formulações apresentaram sucesso, optou-se por utilizar 7% de cada plastificante.

5.4 Resultados dos testes comparativos entre a resina formulada com plastificante ftalato e com plastificante vegetal

Após a definição da formulação de resina a ser utilizada, foram realizados os testes comparativos entre os dois tipos de plastificantes.

5.4.1 Determinação do tempo de secagem

Para a determinação do tempo de secagem foram aplicados sob a placa de Petri três filetes de cada resina e os resultados estão expressos no quadro abaixo:

Quadro 3 – Resultados do tempo de secagem

	RESINA COM PLASTIFICANTE FTALATO	RESINA COM PLASTIFICANTE VEGETAL
SECA AO TOQUE	3 horas e 30 minutos	2 horas e 30 minutos
SECA AO MANUSEIO	4 horas	3 horas
ENDURECIDA	4 horas e 30 minutos	3 horas e 30 minutos

A resina base com plastificante vegetal mostrou-se muito mais rápida no quesito secagem, estando completamente seca em 3 horas e 30 minutos e a resina base com o plastificante ftalato secou completamente apenas uma hora depois com 4 horas e 30 minutos.

5.4.2 Determinação de densidade

A determinação da densidade foi realizada em triplicata com o auxílio do densímetro. Os resultados para as densidades das resinas produzidas com cada plastificante estão expressos no quadro abaixo:

Quadro 4 – Resultados da densidade

	MEDIDA 1	MEDIDA 2	MEDIDA 3	MÉDIA DA DENSIDADE
RESINA COM PLASTIFICANTE FTALATO	220 g/mL	225 g/mL	220 g/mL	221,7 g/mL
RESINA COM PLASTIFICANTE VEGETAL	185 g/mL	200 g/mL	200 g/mL	195 g/mL

No quesito densidade, as duas resinas bases apresentaram resultados semelhantes, o valor médio das três medidas realizadas para a resina base com plastificante vegetal foi de 221,7 g/mL e para a resina base com plastificante vegetal foi de 195 g/mL.

5.4.3 Determinação de viscosidade

A determinação da viscosidade foi feita em triplicata utilizando o equipamento chamado Copo de Ford com o orifício de número 04 conforme padronizado pela norma. A viscosidade medida pelo o copo de Ford é expressa em segundos (s) e em seguida podem ser transformados em viscosidade cinemática através da equação (2) e seus resultados em cSt estão expressos no quadro abaixo:

Quadro 5 – Resultados da viscosidade

	MEDIDA 1	MEDIDA 2	MEDIDA 3	MÉDIA	VISCOSIDADE CINEMÁTICA
RESINA COM PLASTIFICANTE FTALATO	256 s	245 s	257 s	252,7 s	955,6 cSt
RESINA COM PLASTIFICANTE VEGETAL	207 s	210 s	215 s	210,67 s	793,79 cSt

No quesito viscosidade, as resinas bases apresentaram características bem distintas, a resina com plastificante ftalato é mais densa com o valor de 955,6 cSt e a resina com plastificante vegetal obteve o valor de 793,79 cSt.

5.4.4 Determinação de teor de não-voláteis

A determinação do teor de não-voláteis foi feita em triplicata de amostras contendo 1g de cada resina colocadas na estufa a 105°C por 2 horas e depois deste tempo as amostras foram pesadas novamente.



Os resultados após a realização dos cálculos estão expressos no quadro abaixo:

Quadro 6 – Resultados do teor de não-voláteis

	MEDIDA 1	MEDIDA 2	MEDIDA 3	MÉDIA DE NÃO-VOLATÉIS
RESINA COM PLASTIFICANTE FTALATO	35,12 %	38,9 %	37,11 %	37,04 %
RESINA COM PLASTIFICANTE VEGETAL	38,81 %	41,18 %	38,41 %	39,46 %

O resultado do teor de não-voláteis para ambas as resinas bases foram bem semelhantes, a resina com plastificante ftalato teve o resultado de 37,04 % de teor de não-voláteis e a resina com plastificante vegetal teve o resultado de 39,49 % de teor de não-voláteis.

5.4.5 Determinação de absorção de água

Para a determinação da absorção de água foram preparados nove corpos de prova de 3x3cm, sendo que três receberam a aplicação da resina com plastificante ftalato, três receberam a aplicação da resina com plastificante vegetal e três não receberam a aplicação de nada.

Figura 14 – Corpos de prova para teste de absorção de água



Os resultados dos pesos secos e após 24h imersos em água estão expressos no quadro abaixo:

Quadro 7 – Pesos dos corpos de prova para determinação de absorção de água

	AMOSTA SECA			AMOSTRA APÓS 24H IMERSO EM ÁGUA		
	PESO 1	PESO 2	PESO 3	PESO 1	PESO 2	PESO 3
SEM NADA	6,376 g	6,781 g	8,319 g	10,959 g	11,240 g	15,728 g
COM RESINA FTALATO	9,854 g	8,441 g	10,471 g	15,475 g	11,585 g	15,464
COM RESINA VEGETAL	8,098 g	11,134 g	7,123 g	12,727 g	16,181 g	10,569 g

Com os dados coletados, realizou-se o cálculo utilizando a equação (3) e assim,

descobrimos a porcentagem de água que foi absorvida em cada um. Os resultados destes cálculos estão apresentados no quadro abaixo:

Quadro 8 – Resultados de absorção de água

QUANTIDADE DE ABSORÇÃO DE ÁGUA (%)				
	AMOSTRA 1	AMOSTRA 2	AMOSTRA 3	MÉDIA
SEM NADA	71,87 %	65,75 %	89,60%	75,56 %
COM RESINA FTALATO	57,04 %	37,24 %	47,68%	47,32 %
COM RESINA VEGETAL	57,16%	45,32%	48,37%	50,28%

Sendo assim, em média as madeiras sem a aplicação de nada absorveram 75,56 % de água, as madeiras com a aplicação de resina com plastificante ftalato absorveram 47,32 % de água e as madeiras com a aplicação de resina com plastificante vegetal absorveram 50,28 % de água. O resultado foi satisfatório, pois após a aplicação de ambas as resinas bases produzidas, obtivemos redução na absorção de água pela madeira de mais de 20 % em comparação a madeira sem a aplicação de nada.

6 CONCLUSÃO

Após a realização do presente trabalho concluiu-se que os índices de reciclagem de

resíduos de poliestireno no Brasil ainda estão muito baixos e a apresentação de alternativas para mudar esta realidade é de vital importância, além da reciclagem mecânica, energética e química, a dissolução destes materiais em solventes orgânicos tem como vantagens a diminuição do seu volume e com isso a diminuição do custo da mesma além não degradar a cadeia polimérica, o que resulta em um produto final reciclado de alta qualidade. O solvente escolhido para a realização deste projeto, D-Limoneno, é encontrado na casca de frutas cítricas, se realizado esta extração em escala industrial pode apresentar bons resultados e as cascas utilizadas podem ser provenientes de resíduos industriais de alimentos, por exemplo, causando um reaproveitamento e diminuição de descartes no meio ambiente.

O poliestireno dissolvido no solvente natural D-limoneno foi utilizado para a elaboração de formulações de uma resina base para a produção de vernizes e tintas utilizando plastificante ftalato e vegetal, os resultados para ambas as resinas bases foram satisfatórios pois após a definição da formulação a ser utilizada, ao aplicadas sobre a madeira, formaram uma película e conferiram brilho ao material. Os valores encontrados nos testes das resinas bases feitas com o plastificante ftalato e o vegetal foram respectivamente: tempo de secagem de 4h30min e 3h30min, densidade de 221,7 g/mL e 195 g/mL, viscosidade cinemática de 955,6 cSt e 793,79 cSt, teor de não voláteis de 37,04% e 39,46 e por fim absorção de água de 47,32 % e 50,28%. Considerando uma visão ambiental, as resinas bases desenvolvidas apresentam uma alternativa de reciclagem para resíduos de poliestireno e cascas de frutas cítricas e além da alternativa de reciclagem, o projeto oferece a transformação destes resíduos em produtos que são altamente consumidos no mundo todo. Sendo assim, por conta da grande redução da absorção de água comparado a madeira sem aplicação de nada sugere-se que tanto a resina base com o plastificante ftalato quanto a resina com o plastificante vegetal podem ser utilizadas para a produção de vernizes, podendo ser incorporados a mistura antifúngicos para aumentar a durabilidade da madeira em ambientes internos e externos, se associadas ao uso de um tensoativo biodegradável e pigmentação natural podem também serem consideradas como substitutas para as tintas comerciais disponíveis no mercado atualmente.

7 REFERÊNCIAS

ABRAPEX - Associação Brasileira do Poliestireno Expandido. **EPS: Características,**

aplicações e reciclagem. São Paulo, 2010.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 5849: Tintas — Determinação de viscosidade pelo copo Ford.** Rio de Janeiro – RJ, 2015.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15311: Tintas para construção civil – Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais – Determinação do tempo de secagem de tintas e vernizes por medida instrumental.** Rio de Janeiro – RJ, 2016.

AZAMBUJA, Wagner. **Óleos Essenciais: Limoneno.** Paraná, 2011.

BARCELLOS, Geórgia Schiller. SCHWADE, Paula Vieira. SILVA, Schana Andréia. **Tinta à base de poliestireno expandido.** Revista Liberato, Novo Hamburgo – Rio Grande do Sul, 2013.

BUSTAMANTE-MONTES, Patricia. LIZAMA-SOBERANIS, Beatríz. OLAÍZ-FERNÁNDEZ, Gustavo. VÁZQUEZ-MORENO, Flávio. **Ftalatos y efectos en la salud.** Rev. Int. Contam. Ambient, México, 2001.

CARRAHER JR., Charles E. **Polymer Chemistry.** Sixth edition, Marcel Dekker, INC., New York. 2003.

CITRUSBRA - Associação nacional dos exportadores de sucos cítricos. **Laranja & Suco.** São Paulo - SP, 2012.

ELEKEIROZ S.A. **Produto: EKFLEX 483 - DIBP.** Várzea Paulista – São Paulo, 2017.

EPS Brasil - **Comissão setorial de EPS.** São Paulo - SP, 2014.

FOUST, WENZEL, CLUMP, MAUS, ANDERSEN. **Princípio das Operações Unitárias.** LTC, 1982

GARCÍA-AYUSO, L. E. VELASCO, J. DOBARGANES, M. C. CASTRO, M. D. Luque de. **Determination of the oil content of seeds by focused microwave-assisted Soxhlet extraction.** **Chromatographia**, 2000.

HARBORNE, J.B. **Ecological biochemistry.** UK, 1993.

International Organization for Standardization. **ISO 3251: Paints, varnishes and plastics –**

Determination of non-volatile-matter content. 1993.

JÚNIOR, Fuad Carlos Zarzar. HOLANDA, Marcos G. **O pvc: características técnicas vantagens e relação com o meio ambiente.** II Semana Nacional de Ciência e Tecnologia do IFPE, Caruaru - Pernambuco, 2011.

KOKETSU, Midori. GONÇALVES, Sueli Limp. **Óleos essenciais e sua extração por arraste a vapor.** Rio de Janeiro, RJ. 1991.

MADALENO, Emerson. ROSA, Derval dos S. ZAWADZKI, Sonia F. PEDROZO, Tiago H. RAMOS, Luiz P. **Estudo do Uso de Plastificantes de Fontes Renovável em Composições de PVC.** Revista Polímeros: Ciência e Tecnologia, vol. 19, 2009.

MENDONÇA, Gabryella Cerri. CÁCERES, Gabriela Rossatto. OLIVEIRA, Luan Teixeira. NUNES, Francine Machado. FERREIRA, Cristiano Corrêa. **Análise de absorção de água em corpos de prova cerâmicos com cinzas de origem animal.** II Encontro de Ciência e Tecnologia do IFSUL Campus Bagé, Bagé – RS, 2015.

MONTENEGRO, Ricardo Sá Peixoto. SERFATY, Moysés Elias. **Aspectos gerais do poliestireno.** BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 16, 2002.

NEXOLEUM Bioderivados S.A. **NEXO E1 (Metil Oleatos Epoxidados).** Cotia – São Paulo, 2016.

OLIVEIRA, Anselmo Elcana de. **Densidade de Líquidos.** Universidade Federal de Goiás – Instituto de Química, 2019.

OLIVEIRA, Anselmo Elcana de. **Viscosimetria.** Universidade Federal de Goiás – Instituto de Química, 2019.

PLASTIVIDA - Instituto Socioambiental dos Plásticos. **Brasil recicla 34,5% do EPS pós-consumo.** 2012.

POLYBRASIL - Comércio, importação e exportação LTDA. **POLIESTIRENO - PS / PSAl.** São Paulo – SP, 2018.

RICCHINI, Ricardo. **Isopor é possível reciclar.** Gazeta do Povo, 2015.

RODRIGUES, João. **Soxhlet - Laboratório Online.** FCIências, 2015.

ROSA, Gilber. GAUTO, Marcelo. GONÇALVES, Fábio. **Química Analítica: práticas de laboratório**. Bookman, 2013.

SCHNEIDER, Gabriela Olsson. SCHWADE, Paula Vieira. SANTIN, Cristiane Krause. ROCHA, Louise Avila de Campos Rocha. **Produção de tinta com resíduos de casca de laranja e poliestireno expandido (EPS)**. São José dos Campos – São Paulo, 2015.

SILVA, José de Castro; OLIVEIRA, José Tarcésio da Silva. **Avaliação das propriedades higroscópicas da madeira de Eucalyptus saligna Sm., em diferentes condições de umidade relativa do ar**. Revista Árvore, Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa-MG, 2003.

SILVEIRA, Leonardo Victor R. BARAÚNA, EdyEime Pereira. VIERA, Renato. **Influência da temperatura de secagem na higroscopia das madeiras de Angelim (Dinizia excelsa Ducke) e Cedro (Cedrela fissillis), oriundas do município de Gurupi/TO**. Palmas - TO, 2012.

YAMANAKA, Hélio T. BARBOSA, Fábio S. BETTIOL, Neliane L. S. TAMDJIAN, Renata M. M. FAZENDA, Jorge BONFIM, Gisele. FURLANETI, Fernando. SILVA, Luis E. P. MARTINS, Jaime. SICOLIN, Airton. BEGER, Ricardo. **Guia Técnico Ambiental Tintas e Vernizes - Série P+L**. Federação das Indústrias do Estado de São Paulo - FIESP, 2006.