

USO DO D-LIMONENO COMO UM SOLVENTE NATURAL PARA A CONFECÇÃO DE UM COMPÓSITO DE MDF

Lara Vasconcellos Ponsoni (UNISATC) E-mail: ponsonilara@gmail.com
Aline Resmini Melo (UNISATC) E-mail: aline.melo@satc.edu.br
Daniel Fritzen (UNISATC) E-mail: daniel.fritzen@satc.edu.br
Débora e Pellegrin Campos (UNISATC) E-mail: debora.campos@satc.edu.br

Resumo: O resíduo de MDF (Medium Density Fiberboard), proveniente da fresadora router CNC do Centro Universitário UniSatc é geralmente descartado em aterros sanitários. Neste trabalho o resíduo serviu como matéria-prima para a elaboração de um compósito de MDF. O material compósito usualmente é desenvolvido com solventes orgânicos sintéticos e que de alguma forma podem vir a ser prejudiciais ao meio ambiente e a saúde humana. Sendo assim, apontou-se a ideia de substituir os solventes orgânicos por um solvente natural, o d-limoneno, presente no óleo essencial da casca de laranja. Fez-se a extração desse óleo da casca da laranja, acompanhado da etapa de dissolução do poliestireno expandido e a confecção do compósito. Por fim, a melhor amostra obtida teve seu comportamento comparado com corpos de prova de MDF e do compósito com o solvente thinner, através de um ensaio de tração em uma Máquina Universal de Ensaio. Foi constatado que quando se comparado aos corpos de prova do MDF, que suportaram uma tensão de até 992,9 N, as amostras com o solvente d-limoneno apresentaram uma tensão de até 95,06 N, e curvas de tensão por deformação melhor que as obtidas com os corpos de prova elaborados com o solvente thinner, os quais rapidamente sofreram fraturas, devido a tensão máxima de 73,94 N.

Palavras-chave: Resíduo, MDF, compósito, óleo essencial, d-limoneno.

USE OF D-LIMONENE AS A NATURAL SOLVENT FOR MAKING AN MDF COMPOSITE

Abstract: The MDF (Medium Density Fiberboard) residue, coming from the CNC router milling machine of the UniSatc is usually discarded in landfills. In this work, the residue served as raw material for the elaboration of an MDF composite. The composite material is usually developed with synthetic organic solvents, which can be harmful to the environment and human health. Thus, it was suggested the idea of replacing the organic solvents by a natural solvent, the d-limonene, present in the essential oil of the orange peel. This oil was extracted from the orange peel, followed by the step of dissolving the expanded polystyrene and making the composite. Finally, the best sample obtained had its behavior compared with MDF specimens and the composite with the solvent thinner, through a traction test in a Universal Testing Machine. It was found that when compared to the MDF specimens, which withstood a stress of up to 992,9 N, the samples with the d-limonene solvent presented a stress of up to 95.06 N, and stress-strain curves better than those obtained with the specimens made with the thinner solvent, which quickly fractured, due to the maximum stress of 73,94 N.

Keywords: Residue, MDF, composite, essential oil, d-limonene.

1. Introdução

O desenvolvimento de novos materiais visando a redução do impacto ambiental de resíduos sólidos tem ganhado destaque não apenas na comunidade científica, como também nas indústrias. Isso se dá, pela necessidade de viabilizar destinos sustentáveis e pelas imposições legislativas, como é o caso do Brasil com a Lei n.12305 (2010), que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), a qual define objetivos e diretrizes em busca da redução na geração de resíduos.

O consumo de MDF (*Medium Density Fiberboard*), produz o pó como um resíduo imediato e que tende a ser descartado em aterros sanitários. O maior empecilho desse descarte é com relação a composição das chapas desse material, em que além das fibras

da madeira, se tem o formaldeído como o solvente que mantém a estrutura unida. O formaldeído é um composto orgânico volátil, produzido a partir do metanol, e que além de danificar o meio ambiente pode ser tóxico à saúde humana (MISUCOCHI, 2020).

A alternativa de elaborar um compósito, que compreenda o resíduo unido com poliestireno expandido dissolvido em um solvente orgânico sintético. Os solventes orgânicos normalmente empregados na dissolução do poliestireno expandido são o *thinner*, a acetona, gasolina e ureia-formaldeído. Uma possibilidade de substituição destes, seria o emprego de solventes naturais, como é o caso do d-limoneno.

O d-limoneno é um componente natural que se encontra na casca das frutas cítricas, e após ser extraído atua como um solvente orgânico. Para Pinedo (2021), o d-limoneno é classificado como um hidrocarboneto terpênico, sendo que dentre todos os terpenos que a casca da laranja possui, ele constitui cerca de 90%. Quando este entra em contato com o poliestireno expandido apresenta a capacidade de dissolução desse material.

O resíduo de MDF proveniente de máquinas como a de fresadora reuter CNC, é usualmente descartado em aterros sanitários, sem receber outras atribuições. A ideia de reaproveitar, propicia um propósito maior a esse conteúdo e evita descartes excessivos. Assim, é proposto avaliar a eficiência do uso de d-limoneno como um solvente orgânico natural na dissolução do poliestireno expandido (EPS), e sua atuação como resina aglutinante para a elaboração de um compósito de MDF.

2.1 Resíduos de MDF (*Medium Density Fiberboard*)

Os painéis de MDF são constituídos por fibra de madeira, usualmente advinda de Eucaliptos e Pinos. As fibras são aglutinadas pela resina ureia formaldeído. O pó resultante do corte, se queimado, libera gases nocivos, mesmo que feitos sob ambientes controlados de caldeiras e fornos. Alguns estudos para o reaproveitamento desse resíduo já vêm sendo aplicados, como a queima controlada para gerar energia elétrica a vapor. A elaboração de novos materiais, tais como tijolos, massas cerâmicas e novos painéis (MACHADO, 2021).

2.2 Solvente d-limoneno

De forma molecular $C_{10}H_{16}$, é o componente com maior presença na casca da laranja e nos óleos essenciais extraídos de frutas cítricas. Na análise de Gomes et al. (2020), para identificação dos 15 componentes presentes no óleo extraído da casca de um tipo de laranja (*Citrus sinensis (L) Osbeck*). O d-limoneno representa 81,5% de todos os componentes presentes nesse tipo de laranja. Estes valores se assemelham à porcentagem da substância encontradas em outras frutas cítricas, tais como o limão, a lima, e a tangerina.

2.3 Dissolução de poliestireno expandido com d-limoneno

A dissolução do poliestireno expandido com d-limoneno é objeto de estudos de diversos projetos ao redor do mundo. Sendo um dos mais conhecidos, o “Orange R-net” da Empresa Sony, que desde 1994 desenvolve o método ecologicamente correto de reciclagem do EPS, a partir da coleta do material do consumidor. Esse método está implementado em uma planta de reciclagem em larga escala na Empresa (SONY, 2003).

2.4 Confeção de compósito

Um compósito é um material multifásico, formado pela combinação de propriedades dos materiais constituintes. Sendo que para ser caracterizado como um compósito, deve ser formado por dois ou mais materiais insolúveis e que mantém sua identidade no final

(POLETTI, 2017). De acordo com os estudos de Barket (2018), na elaboração de um compósito, é necessário ter os resíduos previamente selecionados, com a granulometria desejada. O resíduo é anexado a uma resina aglutinante e prensado para obter a sua compactação. Sendo que dependendo do material empregado e da resina aglutinante escolhida, haverá variações nas propriedades físicas e mecânicas do material, algo que será o fator determinante para a aplicação prática do compósito.

3. Procedimentos experimentais

Neste capítulo serão apresentados os métodos e as quantidades necessárias para a execução do procedimento. O desenvolvimento da metodologia se deu com base nos estudos de Tavares et al. (2018) para a extração, e Lacombe (2015) para a formação do compósito. A realização do procedimento de hidrodestilação e confecção do compósito se deu no Laboratório de Química II, do Curso de Engenharia Química do Centro Universitário UNISATC. E os ensaios mecânicos se procederam no Laboratório de Caracterização Microestrutural (LACAMI) da UNISATC.

3.1 Extração de d-limoneno da casca da laranja

A metodologia para a extração do óleo essencial da casca da laranja, segue os estudos de Tavares et al. (2018). A espécie de laranja escolhida devido a maior concentração de d-limoneno, quando se comparada às outras frutas cítricas, foi a *Citrus Sinensis*, popularmente conhecida como laranja de umbigo ou laranja-bahia (GOMES et al., 2020). A casca de três laranjas (equivalente a 100 gramas) foi pesada e liquidificada com 200 ml de água destilada. Essa solução liquidificada foi transferida para um balão de destilação de 500 ml e posicionada no equipamento composto pelo conjunto de vidrarias responsáveis pela hidrodestilação.

Após 2 horas de extração, a mistura obtida foi submetida a decantação em uma ampola de decantação para que o óleo fosse separado. No momento que o óleo estava visualmente separado da água mediu-se a quantidade obtida no processo que deverá ser cerca de 5 ml do óleo essencial. O óleo obtido pelo processo de hidrodestilação contém o solvente d-limoneno em sua composição, que pode ser identificado pelo aroma característico de frutas cítricas e que é responsável pelas etapas subsequentes.

3.2 Confecção do compósito de MDF

A confecção do compósito teve como base os estudos de Lacombe (2015). Em que, inicialmente, o resíduo advindo da fresadora router CNC foi peneirado com uma peneira de malha 16, a fim de manter apenas a granulometria desejada, já que o resíduo inicial apresenta algumas lascas e cavacos de MDF que não foram utilizados para o procedimento. Inicialmente são separados 20 ml de óleo essencial em uma proveta graduada para que se possa adicionar ao EPS.

O poliestireno expandido foi reduzido a pedaços menores, sem forma definida, com uma quantidade de 8 g e inserido em um béquer de 2 L para que fosse efetuada a pesagem do conjunto. Em seguida, o solvente orgânico d-limoneno foi despejado sob o EPS para que a dissolução pudesse ter início. Conforme o EPS se dissolvia, o material começou a adquirir uma propriedade aglutinante, que permitiu a adição de 6 g do resíduo de MDF.

Após a moldagem do novo material com um bastão de vidro sob uma placa de vidro, este foi inserido na estufa em uma temperatura de 105 °C, por cerca de 2 horas. Logo, foi retirado da estufa e posicionado em um desumidificador por onde permaneceu de um

dia para o outro para que se tornasse possível desagregar as placas de vidro do compósito de MDF já formado.

3.3 Ensaio de tração

Em vista de que o thinner foi definido como um solvente eficaz para a dissolução de EPS por Lacombe (2015), este foi usado como base para o procedimento de comparação. A amostra de thinner é composta de 30 ml de thinner com 30 ml de água para dissolver 10 g de isopor com 8 g do resíduo de MDF. Após a mistura a amostra foi inserida na estufa em uma temperatura de 105°C por 1 hora e posicionada em um desumidificador por 24 horas.

Assim, a partir das melhores amostras obtidas para cada um dos solventes, e de quatro amostras de MDF, foi realizado um ensaio de tração. Em que, todos os corpos de prova cortados na máquina de corte a laser foram submetidos a uma Máquina Universal de Ensaio para tração do material, gerando gráficos que possibilitam a comparação de força por deformação específica. Na Tabela 1, os corpos de prova foram nomeados, contendo suas respectivas composições.

Tabela 1 – Corpos de prova e suas composições.

Amostras	THINNER	D-Limoneno	Água	Isopor	Resíduo de MDF	MDF
CP1	-	-	-	-	-	6,15 g
CP2	-	-	-	-	-	6,29 g
CP3	-	-	-	-	-	6,25 g
CP4	-	-	-	-	-	6,17 g
CP5	-	-	-	-	-	6,34 g
CP6	30 ml	-	30 ml	10 g	8 g	-
CP7	30 ml	-	30 ml	10 g	8 g	-
CP8	30 ml	-	30 ml	10 g	8 g	-
CP9	30 ml	-	30 ml	10 g	8 g	-
CP10	30 ml	-	30 ml	10 g	8 g	-
CP11	30 ml	-	30 ml	10 g	8 g	-
CP12	30 ml	-	30 ml	10 g	8 g	-
CP13	30 ml	-	30 ml	10 g	8 g	-
CP14	30 ml	-	30 ml	10 g	8 g	-
CP15	-	20 ml	-	8 g	6 g	-
CP16	-	20 ml	-	8 g	6 g	-

Com as amostras finalizadas, o material foi encaminhado à máquina de corte a laser da instituição para desenvolver os corpos de prova. Os corpos de prova com MDF e com d-limoneno apresentaram dimensões de 140 mm de comprimento e 3 mm de espessura. Enquanto os corpos de prova com thinner ficaram com 120 mm de comprimento para 3 mm de espessura. O ensaio objetiva gerar valores para fins de construção dos gráficos e comparação dos comportamentos de cada material quanto a tensão e deformação. Como resultado, foram gerados valores de força (N) por deformação específica (mm) para cada uma das amostras. A partir dos valores obtidos, tornou-se possível calcular a tensão ou pressão (Mpa), através da Eq. (1), relacionando força (N) e da área (mm²).

$$P = \frac{F}{A} \quad (1)$$

Em que:

P = pressão ou tensão (Mpa);

F = força aplicada (N);

A = área (mm²).

Para encontrar o valor de deformação específica (mm/mm) com a Eq. (2), se fez uso dos dados do comprimento inicial (mm) da amostra, e da deformação atingida nos testes.

$$\epsilon = \frac{\epsilon}{l_n} \epsilon = \frac{\epsilon}{l_n} \quad (2)$$

Em que:

ϵ = deformação específica (mm/mm);

ϵ = deformação (mm);

l_0 = comprimento inicial (mm).

4. Resultados e discussões

Com base no procedimento experimental, os testes foram desenvolvidos de acordo com os resultados que foram se apresentando ao longo dos ensaios.

4.1 Extração por hidrodestilação

A realização do processo de hidrodestilação ocorreu de forma mais lenta do que o esperado. Em que, para a obtenção dos 30 ml estabelecidos como o necessário para o primeiro teste, tomou cerca de 3 semanas. Assim, foram efetuadas de 2 a 3 extrações diárias para que houvesse um maior rendimento que permitisse a alternância entre as extrações e os ensaios de confecção do compósito. Sendo que para cada extração se obteve uma média de 2 ml do óleo para 100 ml de hidrolato, conforme consta na Fig. 1.

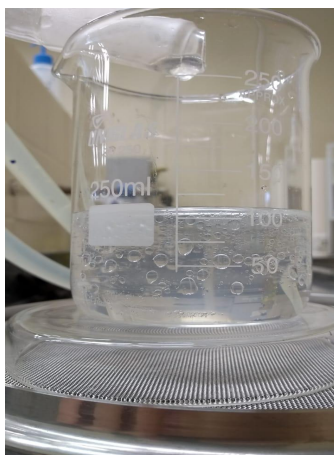


Figura 1 – Extrato da hidrodestilação

O óleo essencial permaneceu conservado em refrigeração durante os dias de extração, para evitar possíveis evaporações. Até que se atingisse os 20 ml do óleo essencial previstos para o processo de dissolução do poliestireno expandido (EPS).

4.2 Confecção do compósito com solvente d-limoneno

Para o desenvolvimento do compósito de MDF, houve uma redução da quantidade do óleo essencial de 30 para 20 ml. Em que, foi constatado que com 20 ml de volume, ocorreria a dissolução completa do poliestireno expandido, sem excessos de reagente

após o processo. As Figura 2 apresenta o EPS sendo dissolvido pelo óleo essencial em um béquer com o auxílio de um bastão de vidro.

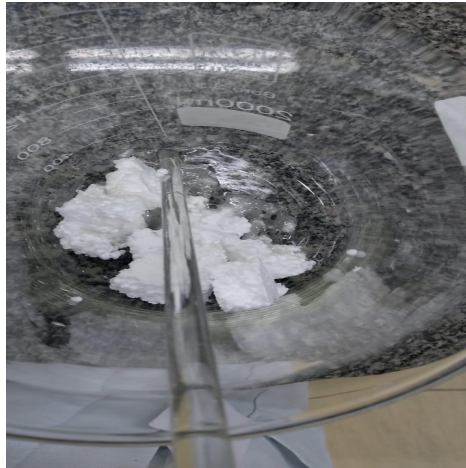


Figura 2 – Dissolução do EPS com d-limoneno

O material que se formou após a dissolução apresentava forte características aglutinantes, que facilitaram a união com o resíduo, mas tornaram a modelagem mais dificultosa. Com o compósito já modelado, a amostra foi encaminhada a estufa na temperatura de 105 °C. Em que se observou a necessidade de inserir algum material que soltasse a amostra sem que essa fosse danificada durante a descolagem da forma. O procedimento foi repetido usando, papel alumínio, papel filme e papel manteiga, como ilustra a Figura 3.



Figura 3 – Testes com amostras sob diferentes superfícies.

Com base nos testes contidos na Figura 3, foi possível determinar que o melhor comportamento foi a amostra que foi posicionada para secagem com o papel manteiga. A definição do melhor comportamento se deu com a facilidade para descolagem após a cura do compósito. Assim, se deu sequência às amostras com a proporção padronizada, como na Figura 4, agora fazendo uso do papel manteiga para facilitar a descolagem do material após a secagem e a cura.



Figura 4 – Amostra finalizada do compósito

As duas melhores amostras confeccionadas com o reagente d-limoneno, foram encaminhadas ao corte a laser, cortando para a forma de seção retangular, possibilitando a efetuação dos ensaios mecânicos em cada um dos corpos de prova cortados para tal.

4.3 Ensaios mecânico de tração e comparação dos comportamentos das amostras

Na máquina universal de ensaios, os testes de tração se sucederam, sendo que algumas amostras de thinner racharam no ato de posicionar o corpo de prova no equipamento. Com os valores calculados para a tensão e para a deformação específica, os gráficos foram plotados. Na Figura 5, tem-se as curvas ilustrando os quatro corpos de prova do MDF que foram submetidos ao ensaio.

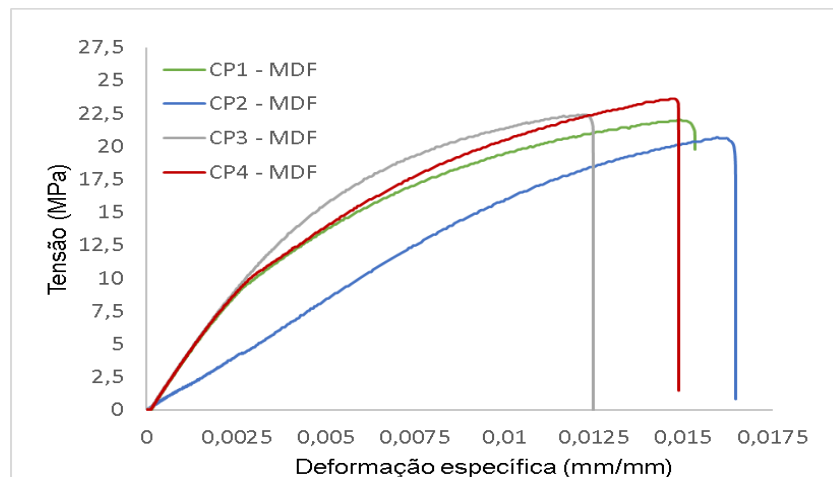


Figura 5 – Curvas do ensaio com MDF

O ensaio com MDF, o qual foi realizado com o intuito de servir como parâmetro de curvas para os outros compósitos, apresentou comportamentos distintos. O corpo de prova 5 (CP5) não gerou curva, pois não suportou o posicionamento no aparelho de ensaio, por isso não foi apresentado no gráfico. O corpo de prova 2 (CP2), apresentou a maior deformação específica, chegando a 0,0145 (mm/mm).

No corpo de prova 1 (CP1), a tensão máxima alcançada foi de 869,6 N, enquanto o corpo de prova 3 (CP3) atingiu 940,1 N. Sendo que o corpo de prova 4 (CP4), teve o seu rompimento sob uma força de 992,9 N, e foi a amostra que suportou a maior tensão. Portanto, é possível constatar que o próprio MDF apresenta variações entre suas amostras. Em seguida, foram efetuados os testes com os corpos de prova do thinner, conforme a Figura 6.

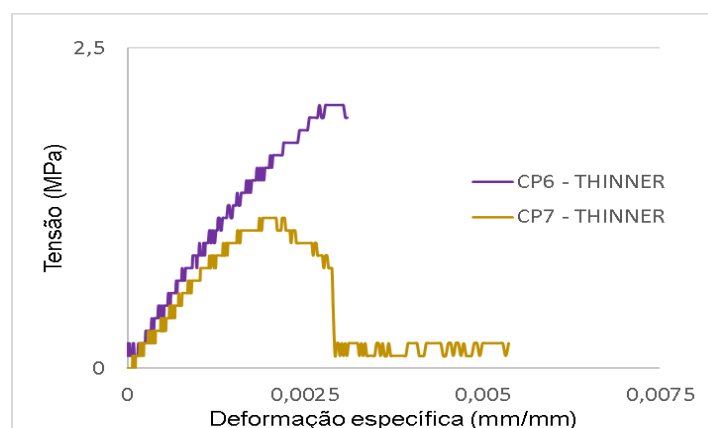


Figura 6 – Curvas do ensaio com thinner.

O comportamento obtido nas amostras com o reagente thinner, foi inferior ao do MDF e ao do d-limoneno, em que o máximo de força que o corpo de prova 6 (CP6) suportou foi de 73,94 N. Enquanto o corpo de prova 7 (CP7) suportou apenas 42,25 N de força. O restante das amostras, CP8 à CP14, sofreram fraturas ao serem posicionadas, impossibilitando a geração de resultados.

De acordo com os estudos de Oliveira (2015), pode-se constatar que a fragilidade de compósitos com matriz polimérica se dá pela ausência de homogeneização completa do material. Ou seja, a porosidade que os compósitos apresentam entre a sua constituição polimérica, neste caso o EPS, se justifica pela ausência dessa resina aglutinante em alguns pontos do material. A Figura 7, traz as curvas do ensaio realizado com o reagente d-limoneno.

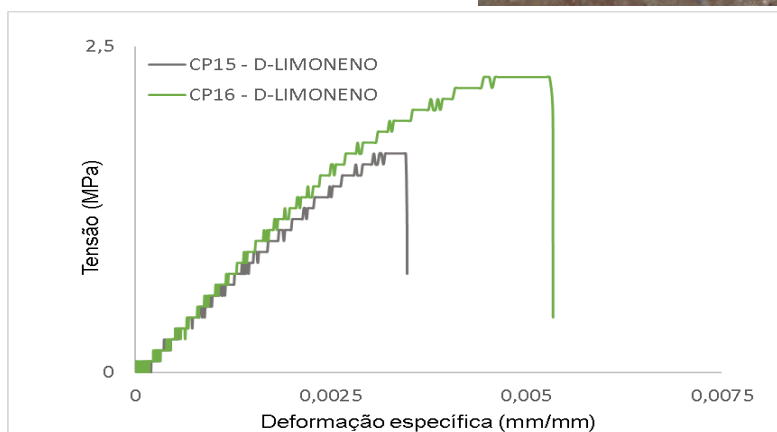
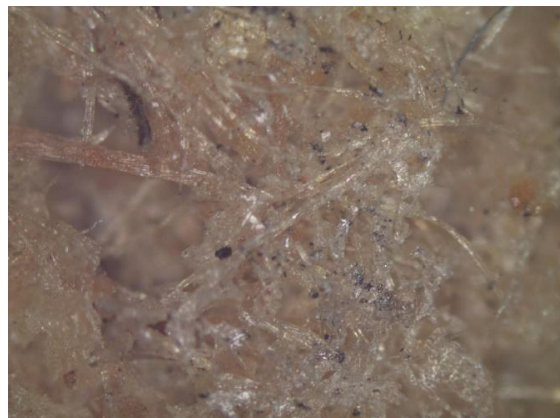


Figura 7 – Curvas do ensaio com d-limoneno.

As curvas resultantes dos ensaios realizados com os corpos de prova do solvente d-limoneno, demonstraram uma resistência maior à tração do que as amostras com o solvente thinner. Sendo que a força máxima que os corpos de prova com d-limoneno suportaram foi de 95,06 N (CP16), com a capacidade de suportar 21,12 N a mais de tensão do que o thinner. Entretanto, quando se comparado ao comportamento do MDF, que suportou uma força máxima de 992,9 N, a resistência é visivelmente inferior.

A análise gráfica demonstrou que nenhum dos materiais apresentaram deformação plástica, apenas deformação elástica e escoamento. Essa propriedade de deformação elástica e ausência da deformação plástica é comum à madeira e seus derivados, como apontaram os estudos de Melo e Menezzi (2010). A classificação como frágil, é devido ao rompimento rápido e a fratura dos corpos de provas terem uma superfície áspera e inclinada.

Quanto a matriz polimérica com falta de homogeneização, que está associada a fragilidade do material, conforme os estudos de Oliveira (2015). A Figura 8-A com o solvente thinner e a Figura 8-B com o solvente d-limoneno, ilustram essa porosidade em leitura macroscópica de 50 vezes.

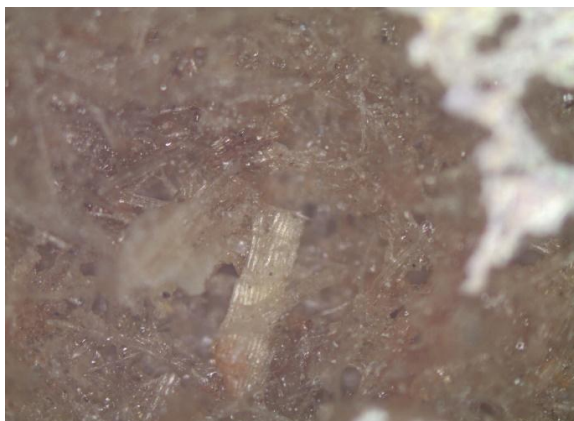


Figura 8-A – Captura microscópica de amostra com thinner

Figura 8-B – Captura microscópica de amostra com d-limoneno

As amostras de MDF cortadas para servir de parâmetro, sustentaram uma força máxima entre 869,6 e 992,9 N. Para efeitos comparativos, os corpos de prova do thinner e do d-limoneno, sustentaram entre 42,25 e 95,06 N. Demonstrando que tanto a amostra com solvente thinner, quanto a com solvente d-limoneno sustentam, aproximadamente, um peso dez vezes menor que o MDF.

5. Conclusões

Com a realização da hidrodestilação, constatou-se que para extrair o óleo da casca da laranja, o rendimento por extração é pequeno. Fato que colaborou para a demora na realização do procedimento experimental, porém os resultados foram positivos com relação a eficácia da dissolução do poliestireno expandido, comprovando a presença das moléculas de d-limoneno no óleo essencial extraído.

Evidenciou-se a utilidade do óleo da casca de laranja para confecção de um compósito com resíduo de MDF. O material final apresentou características semelhantes às amostras com o solvente thinner, com um aspecto de maior aglutinação durante a modelagem. A avaliação comparativa através dos ensaios de tração, demonstrou que o comportamento do corpo de prova com d-limoneno suporta uma força superior às amostras com solvente thinner, aspecto atribuído à quantidade dos poros nos dois materiais.

Entretanto, quando comparado ao MDF, o desempenho dos dois compósitos foi bastante inferior. Então para situações que exigissem este aspecto de resistência, ambos os compósitos não possuíam viabilidade. Todavia, com o aprimoramento das técnicas de confecção, como através do uso de uma prensa mecânica, poderão produzir comportamentos de maior semelhança com o as placas de MDF. Com o compósito devidamente prensado, poderão ser realizados ensaios de compressão sob os corpos de prova, possibilitando a análise de quanto o material suportaria sob a sua superfície.

Em vista disso, existe a necessidade da continuação da pesquisa, para que sejam constatadas maiores aplicações do compósito. Com o aprimoramento de técnicas e realização de mais testes, será possível revelar aplicações, sejam estas semelhantes ao MDF de fato, ou com valores mais decorativos.

Referências

BARKERT, E. E. Avaliação das propriedades de painéis aglomerados produzidos com resíduos de eucalipto e de bagaço do malte. 2018. 78 f. TCC (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil) – Universidade do Vale do Taquari, Lajeado, 2018.

BRASIL, Lei n. 12.305, de 02 de agosto de 2010. *Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências*. Brasília. 2 ago. 2010.

GOMES; P.R. B., LEITE D. C. J., SOUSA, D.A., G. OLIVEIRA, E. J. BATISTA R., COSTA-LOUZEIRO H., ALVES-FONTENELE M., DE PAULA M.d.L, DE FREITAS A.C., LIMA-HUNALDO, V.K., MOUCHREK- FILHO, V.E., Estudo da composição química, toxicidade e atividade moluscicida do óleo essencial *Citrus sinensis* (L.) Osbeck, *Rev. Colomb. Cienc. Quím. Farm.*, 49(1), 28-43 (2020).

LACOMBE, J. E. de A. Painéis de madeira aglomerada produzidos com resíduos de serragem e poliestireno expandido para aplicações na construção civil. 2015. 217 f. *Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo)* – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2015.

MACHADO, E. C. Reutilização do pó de MDF como agregado na produção de blocos maciços para alvenaria. 2021. 13 f. *Fundação de Ensino e Pesquisa do Sul de Minas – FEPESMIG*.

MELO, R. R. de; MENEZZI, C. H. S. Del. Comportamento reológico da madeira e derivados. *Ciência da Madeira*, Pelotas, v. 01, n. 01, p. 25-40, 2010.

MISUCOCHI, L. K. da S. Análise da viabilidade da produção de compósito constituído de resíduo de MDF e resina vegetal. 2020. 100 f. *Dissertação (Mestrado em Design)* - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2020.

OLIVEIRA, M. L. de. Obtenção e caracterização de um compósito de matriz polimérica com carga de resíduos vegetal proveniente do sabugo de milho. 2015. 66f. *Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica)* - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2015.

PINEDO, J. J. P. Aprovechamiento de residuos de poliestireno expandido y cáscara de naranja para elaborar un barniz ecológico para madera em iquitos. 2021. 51 f. *Trabalho de Conclusão de Curso (graduação em Engenharia Ambiental)* – Universidad Científica del Perú, San Juan Bautista, 2021.

POLETO, M. Compósitos termoplásticos com madeira - uma breve revisão. *Revista Interdisciplinar de Ciência Aplicada, [S. l.]*, v. 2, n. 4, p. 42–48, 2017.

SONY. Orange R-net: Sony High-quality Foamed Polystyrene Recycling System. Tokyo, Japan, 2003.

TAVARES, N. S. G.; SILVA, L. de M. F.; SILVA, E. J. F. da; NEVES, H. J. P. Produção de repelente líquido, difusor e sabonete com óleo da casca de laranja: extração de óleo d-limoneno visando o aproveitamento e redução do resíduo. *Livro: Resíduos sólidos: Tecnologias e Boas Práticas de Economia Circular*. Cap. 2; p. 176-183. Ed. 1. Ano: 2018.