

PRODUÇÃO DE UM COMPÓSITO A PARTIR DE MATERIAIS SUSTENTÁVEIS

Nêmora Natali Susin Wickert *
Rosiléa Garcia França**

Resumo

O presente trabalho teve por objetivo a produção de um material compósito proveniente da resina expansiva de óleo de mamona e raspas de pneus inservíveis para isolamento térmico e absorção sonora. Foram produzidos corpos de prova nas proporções de 0%, 5%, 10%, 15% e 20% de raspas de pneu em relação a massa total da mistura, sendo os mesmos realizados em triplicata (metodologia de Oliveira (2010)). Posteriormente, avaliou-se o coeficiente de absorção sonora pelo método de função de transferência conforme descrito na norma internacional ISO10534-2:1998, e a condutividade térmica adotando os procedimentos da Norma Técnica ASTM-C518 dos mesmos. Através dos resultados obtidos nos ensaios, pode-se observar que o poliuretano de mamona D-70, chega a absorver 0,2 (20%) a mais o som em relação ao poliuretano de mamona D-40 (ensaiado por Oliveira (2010)) e também absorve 0,03 (3%) a mais o som em relação ao poliuretano de petróleo (estudado por Borges (2009)). O melhor desempenho acústico foi obtido pela amostra do compósito contendo 20% de pneu, que possui coeficiente de absorção sonora superior ao PU de mamona D-70, ao PU de mamona D-40, e ao PU de petróleo, de aproximadamente 15%, 35% e 18%, respectivamente. Os compósitos produzidos apresentaram condutividade térmica menor que o poliuretano de petróleo e a lã de vidro. Concluiu-se que a adição do pneu aumentou a capacidade de absorver o som dos compósitos e que a utilização do poliuretano de mamona de maior densidade aumenta a absorção sonora do compósito, além de não influenciar de forma significativa a sua baixa condutividade térmica.

Palavras-chave: Compósito. Poliuretano de mamona. Resíduo industrial. Absorção sonora. Isolamento térmico.

1 INTRODUÇÃO

Com a chegada da industrialização, novas técnicas de produção foram descobertas. Todas elas tinham como objetivo a fabricação de maiores quantidades de produtos para então obter-se maiores lucros. Porém, devido ao crescimento da população, o número de fábricas também acaba aumentando com a finalidade de atender as necessidades dessa população. Além disso, a expansão dos meios de comunicação também conduz o consumidor a adquirir produtos mais novos e mais modernos. Esta alta rotatividade de mercadorias contribui de maneira significativa para o aumento da geração de resíduos sólidos, um dos principais causadores de impactos negativos no meio ambiente. Estes impactos, causados pela destinação não adequada dos resíduos, englobam problemas ambientais como a produção de mau odores, proliferação de vetores ambientais e também o entupimento de redes de drenagem urbana. Todavia, os problemas causados pela geração de resíduos sólidos não estão

* Acadêmica do curso de Engenharia Ambiental da Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Chapecó, Chapecó, SC, nemorawickert@hotmail.com

**Professora adjunta da UFFS no curso de Engenharia Ambiental. Rua General Osório, 413 D, CEP: 89.802-210, Caixa Postal 181, Jardim Itália, Chapecó-SC. rosilea.franca@uffs.edu.br

restritos apenas a isso, pois contribuem indiretamente com questões sociais e de saúde (LEAL, FARIAS, ARAUJO, 2008)

Porém, é inevitável que exista produção e consumo, ou seja, a necessidade faz com que algum produto ou serviço seja criado para então ser ofertado e, por fim, consumido. Dessa forma, é importante que exista um investimento em novas tecnologias limpas que sejam responsáveis com o meio ambiente.

Assim sendo, a tecnologia limpa surge para substituir os antigos métodos de produção – que utilizam os recursos naturais de forma descontrolada – de forma a diminuir os impactos ambientais negativos que esses processos geram. Hoje já existem muitas tecnologias limpas, tais como, a energia eólica, energia solar, biocombustível, entre outras. Além disso, outra alternativa pode ser o ajuste de um processo industrial já existente através da substituição da matéria-prima não renovável pela renovável, baseadas em estudos que garantam a eficiência dessa substituição. Somando-se a isso, atualmente se estuda sobre a produção de compósitos que venham fazer a substituição da matéria-prima não renovável e ainda a possibilidade de reciclagem de vários tipos de resíduos. Esses compósitos são alternativas sustentáveis para produtos já existentes no mercado (GIANETTI, ALMEIDA, BONILA, 2003; ROCHA, 2012).

Os compósitos são projetados com o intuito de reunir características desejáveis de dois ou mais materiais, agregando desempenho elevado quando comparados aos materiais isoladamente. No caso de materiais utilizados na indústria como isolantes térmicos e acústicos, espera-se obter essas características no compósito produzido. Dessa forma, é necessário reunir essas características em um mesmo material. Nota-se que muitas áreas, como a construção civil e a industrial, necessitam de tais propriedades para atender às suas necessidades. Os isolantes térmicos e absorventes acústicos que estão disponíveis no mercado hoje, são materiais fibrosos tais como a lã de vidro, lã de rocha e os materiais porosos que são os poliestirenos e poliuretanos (OLIVEIRA, 2010; PADILHA 2007).

Sendo assim, o objetivo geral deste trabalho foi a produção de um compósito a partir de materiais sustentáveis.

Como objetivos específicos buscou-se:

- Produzir corpos de prova a partir de poliuretano de mamona D-70 com substituição de raspas de pneus inservíveis nas proporções de 5%, 10%, 15% e 20% em relação a massa total;
- Avaliar o coeficiente de absorção sonora dos corpos de prova produzidos;
- Avaliar a condutividade térmica dos corpos de prova produzidos;
- Realizar a comparação entre compósito produzido neste estudo e os isolantes térmicos e absorventes sonoros convencionais, além de compósitos produzidos em outras pesquisas.

O presente trabalho justifica-se tendo em vista que a reutilização do pneu inservível, que antes iria para um aterro industrial ou para incineração por não obter nenhum valor econômico, agora se torna insumo, ou seja, dá origem a um novo material que possui valor econômico. Além de uma alternativa de destinação para esse resíduo industrial, existe também a possibilidade de redução nos custos da produção do novo material. Ademais, a escolha pelo

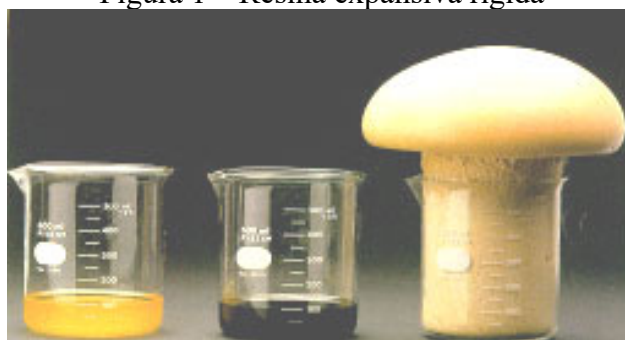
poliuretano de mamona foi um meio de substituir o poliuretano de petróleo, visto que último não provém de fontes renováveis e, também, estudos anteriores já indicam que o poliuretano de mamona possui boas características isolantes. Além disso, a produção de um compósito a base de poliuretano de mamona e pneus inservíveis pode ser uma alternativa nos recheios de painéis tipo sanduíche para aplicação em vedações e coberturas. A escolha pela resina expansiva se deve ao fato de que o isolamento térmico, a absorção sonora e a baixa densidade são as principais características dessas espumas poliuretanas, e o poliuretano de mamona (espuma rígida), possui de 90 a 95% de suas células fechadas conferindo uma baixa condutividade térmica ao mesmo se destacando das demais espumas. Além disso, a espuma de poliuretano de mamona apresenta respostas para a biodegradação muito superiores às apresentadas para as espumas que têm o petróleo como matéria-prima (CANGEMI, 2006; OLIVEIRA, 2010; VILAR, 2002).

2 METODOLOGIA

2.1 FONTES DE AMOSTRAS

A matriz do material composto proposto nesse trabalho foi o poliuretano derivado do óleo de mamona, sendo obtido por meio da resina expansiva rígida com densidade de 70 kg.m^{-3} , de nome comercial RESINA RESPAN® D-70. Essa resina trata-se de um produto poliuretânico bicomponente, à base de ácido ricinoleico e seus derivados, como observa-se na Figura 1 (PROQUINOR, 2015).

Figura 1 – Resina expansiva rígida



Fonte: Proquinor, 2015.

Na Tabela 1 estão algumas especificações da RESINA RESPAN®, fornecidas pelo fabricante deste produto.

Tabela 1: Especificações da RESINA RESPAN®

Proporção Polioliol: Prepolímero	1: 1,63
Tempo de creme	32 – 35 seg
Tempo de evolução	58 – 65 seg
Densidade (média)	30 – 70 kg.m^{-3}
Absorção de água (média)	0,48%
Temperatura máxima de reação (média)	80°C

Fonte: Proquinor Produtos Químicos do Nordeste Ltda, 2015.

A partir das especificações foi possível definir qual o molde mais adequado para que o mesmo não reagisse com a resina em função da temperatura máxima de reação que é de 80°C.

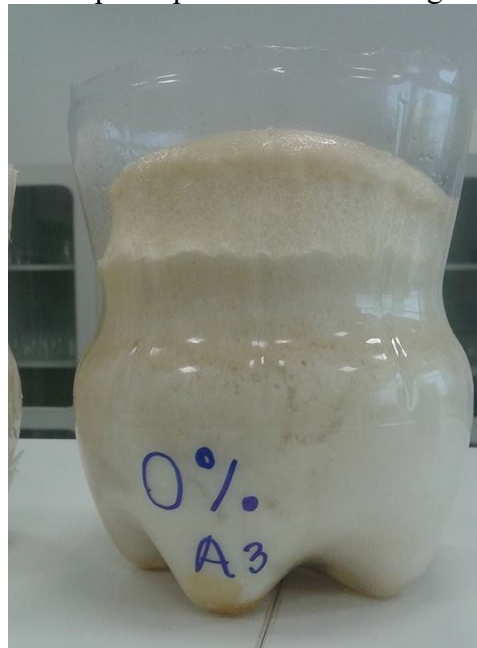
O resíduo industrial utilizado para a produção do material composto proposto neste trabalho são raspas de pneus que tem como origem o processo de recauchutagem de pneus de uma empresa da cidade de Chapecó – SC.

Analisando o resíduo, observou-se a existência de partículas com diferentes tamanhos e formas. Desse modo, para separação do material, optou-se pela utilização de peneiras de série normal 4,8 mm, 2,4 mm, 1,2 mm, 0,60 mm, 0,25 mm, 0,15 mm e 0,075 mm, acopladas a um agitador mecânico. O material retido entre as peneiras de 4,8 mm e 0,15 mm foi utilizado para produção do compósito. Optou-se por descartar as partículas que ficaram retidas na peneira de 4,8 mm pois estas possuíam comprimento de até 3 cm, dificultando a homogeneização da mistura. Já o material que passou da peneira de 0,15 mm possuía granulometria muito fina, dificultando o manuseio do mesmo para produção do compósito. Em seguida realizou-se uma limpeza manual para retirada das demais impurezas presentes no resíduo.

2.2 PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS E CONFECÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

Foram confeccionados dois tipos de corpos de prova: no formato cilíndrico, moldados em garrafa PET, como na Figura 2, para os ensaios de absorção sonora; e em forma de placas de 10 x 10 cm com aproximadamente 2 cm de espessura, moldados em forma de madeira, como na Figura 3, para o ensaio de condutividade térmica.

Figura 2 – Corpo de prova em molde de garrafa PET.



Fonte: Elaborada pela autora, 2015.

Figura 3 – Corpo de prova em molde de madeira.



Fonte: Elaborada pela autora, 2015.

Ambos nas proporções de 0%, 5%, 10%, 15% e 20% de raspas de pneu em relação a massa total da mistura, sendo os mesmos realizados em triplicata, onde a referência para caracterização do compósito foi o corpo de prova na composição de 0% (poliuretano de mamona sem resíduo). Utilizou-se esta metodologia com base no estudo desenvolvido por Oliveira (2010), para realizar a comparação entre os compósitos.

Para evitar que o corpo de prova tenha maior aderência ao molde e conseqüentemente, dificulte a remoção da amostra, aplicou-se desmoldante (óleo de soja) à superfície do mesmo. Ademais, revestiu-se o fundo do molde com papel alumínio, para que a retirada do corpo de prova ocorresse facilmente, evitando assim, um possível dano durante a remoção da amostra.

Realizando os primeiros testes, observou-se que o material não expandia da forma esperada. Sendo assim, efetuou-se ensaios para buscar a possível causa do problema. Desta forma, preparou-se amostras-teste utilizando copos plásticos descartáveis de 50 ml. Primeiramente, testou-se a capacidade de interferência do óleo de soja (desmoldante) na expansão da mistura, observando que a presença ou não do desmoldante não interferiu na expansão. Após isto, testou-se diferentes proporções de hidroxila e isocianato para a mistura, constatando-se que não houve expansão. Por fim, adicionou-se diferentes volumes de água como agente catalizador, observando-se que a amostra contendo 0,4 ml de água propiciou uma expansão favorável. Amostras com valores maiores que 0,4 ml apresentaram, após cura, perdas de rigidez na espuma.

Figura 4 – Testes iniciais



Fonte: Elaborada pela autora, 2015.

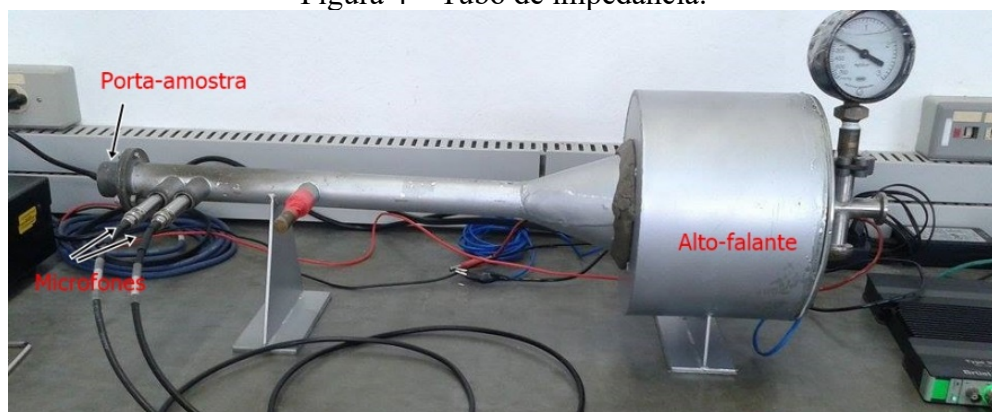
A partir dos testes realizados, iniciou-se a produção dos corpos de prova. O componente isocianato foi adicionado dentro do molde e então misturado com as raspas de pneu, agitando por 3 minutos para que o resíduo estivesse totalmente envolvido com o isocianato. Em seguida, acrescentou-se a componente hidroxila (poliol) e o agente catalizador da reação, neste caso, a água (0,4 ml), logo se realizou a homogeneização da mistura, até adquirir a forma de creme, que segundo o fabricante é em torno de 32 a 35 segundos. Quando a mistura atinge a forma de creme iniciou-se o processo de evolução que leva em torno de 58 a 65 segundos. Após 24 horas, os corpos de prova foram desmoldados.

2.3 ENSAIO DAS PROPRIEDADES SONORAS E TÉRMICAS

2.3.1 Absorção Sonora

O coeficiente de absorção sonora foi obtido através do tubo de impedância do Laboratório de Vibrações e Acústica (LVA) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), pelo método de função de transferência conforme descrito na norma internacional ISO 10534-2:1998. O tubo de impedância utilizado na realização do ensaio, representado na figura 4, possui 27 mm de diâmetro interno e compartimentos de amostras que variam entre 7 mm, 13 mm e 23 mm de espessura.

Figura 4 – Tubo de impedância.



Fonte: Elaborada pela autora, 2015.

O porta-amostra, apresentado na figura 5, possui o formato cilíndrico com diâmetro de 27 mm, e espessura de 13 mm, sendo necessário realizar o corte, com cortador próprio do laboratório, dos corpos de prova confeccionados anteriormente, gerando então, 3 amostras para cada porcentagem a serem ensaiadas, como é possível verificar na figura 6.

Figura 5 – Porta-amostra com amostra sendo ajustada a espessura com estilete.



Fonte: Elaborada pela autora, 2015.

Figura 6 – Corpo de prova com 27 mm de diâmetro e 13 mm de altura.



Fonte: Elaborada pela autora, 2015.

Os índices de absorção sonora são obtidos para uma faixa de frequência de 500 Hz a 6400 Hz, o qual é definido pela frequência de corte, que corresponde à faixa de frequência na qual só existem ondas planas no interior do tubo, e que varia conforme o diâmetro interno do tubo (MASINI, TEODORO, 2011).

As frequências máxima e mínima, conforme as equações (1) e (2), definem a faixa de frequência no qual as medições possuem precisão aceitável. Dessa forma, a análise do coeficiente acústico deve ser realizada entre essa faixa (MASINI, TEODORO, 2011).

$$f_{\text{máx}} < \frac{0,8c}{2s} \quad (1)$$

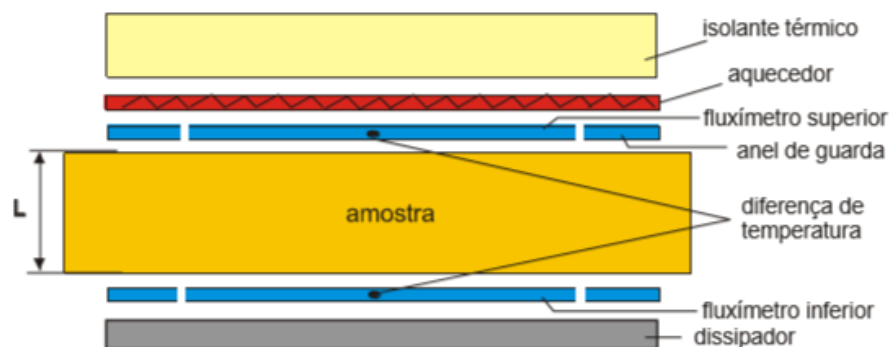
$$f_{\text{mín}} > \frac{0,1c}{2s} \quad (2)$$

Onde c é a velocidade de propagação do som no ar (343 m.s^{-1}) e s é o espaçamento entre as posições do microfone ($0,024 \text{ m}$). Por fim, os índices de absorção sonora são obtidos diretamente pelo software do laboratório.

2.3.2 Isolação Térmica

Para análise da eficiência do compósito proposto para fins de isolação térmica, realizou-se um ensaio em 3 amostras para cada porcentagem, com o objetivo de determinar a condutividade térmica utilizando um equipamento do Laboratório de Meios Porosos e Propriedades Termofísicas do Departamento de Engenharia Mecânica da UFSC, adotando os procedimentos da Norma Técnica ASTM-C518: "Standart Test Method for Steady-State Thermal Transmission Properties by Means of the Heat Flow Meter Apparatus", como mostra o esquema na Figura 7. A partir da resistência térmica medida pelo equipamento, calcula-se a condutividade térmica do material.

Figura 7 – Princípio do método de medição de resistência térmica.



Fonte: Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações (CB3E), 2015.

A resistência térmica é determinada a partir da lei de Fourier, conforme a equação 3:

$$R = \frac{T_1 - T_2}{\left(\frac{q}{A} \right)} \quad (3)$$

onde R é a resistência térmica ($\text{m}^2\text{K.W}^{-1}$), q é o fluxo de calor médio medido pelos fluxímetros 1 e 2 (W) e T_1 e T_2 as temperaturas médias nas superfícies das amostras. Considerando que a amostra é homogênea, é possível determinar a condutividade térmica do material (λ), conforme a equação 4 (CENTRO BRASILEIRO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES, 2015):

$$\lambda = \frac{L}{R} \quad (4)$$

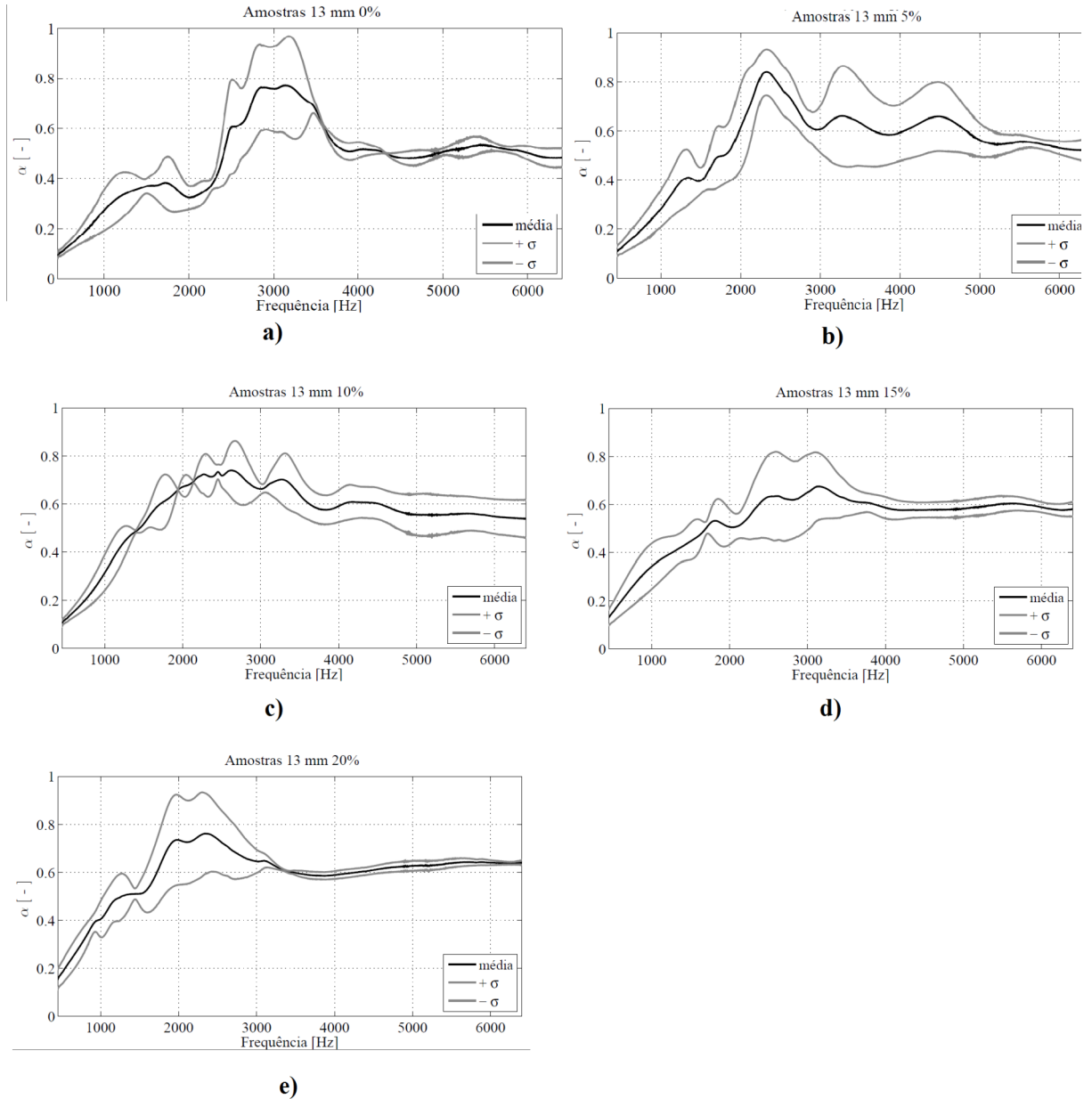
onde λ é a condutividade térmica ($\text{W} \cdot (\text{m K})^{-1}$) e L é a espessura da amostra (m).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os coeficientes de absorção acústica medidos pelo tubo de impedância, constantes no apêndice A, são apresentados através dos gráficos, obtidos a partir do software MatLab do laboratório. O eixo horizontal do gráfico corresponde a faixa de frequência de 500 a 6400 Hz e o eixo vertical aos coeficientes de absorção sonora, que variam de 0 a 1, sendo 1 equivalente

a 100% e 0 a 0% de absorção por parte do material em questão. Na Figura 8 é apresentada a média dos valores obtidos no ensaio, assim como os respectivos desvios padrão.

Figura 8 – Média dos valores de coeficientes de absorção sonora



Fonte: Elaborada pela autora, 2015.

Na Tabela 2 é possível verificar os coeficientes de absorção sonora retirados dos gráficos da Figura 8, considerando a faixa de frequência entre 714,6 Hz a 5716,7 Hz nas análises (frequência mínima e máxima). Também, pode-se notar que, conforme maior é a porcentagem de massa de pneu adicionada ao compósito, maior é seu coeficiente de absorção sonora. Com exceção do compósito de 15% para as frequências de 2000 Hz e 3000 Hz e para o de 0% para a frequência de 3000 Hz.

Tabela 2 – Coeficientes de absorção sonora retirados dos gráficos da Figura 8

	0%	5%	10%	15%	20%
1000 Hz	0,25	0,27	0,28	0,36	0,40
2000 Hz	0,36	0,61	0,64	0,52	0,82
3000 Hz	0,62	0,54	0,63	0,54	0,64
4000 Hz	0,52	0,55	0,59	0,59	0,59
5000 Hz	0,50	0,57	0,57	0,59	0,62

Fonte: Elaborada pela autora, 2015.

O desvio padrão entre os valores de coeficiente acústico das amostras apresentou valores altos para algumas faixas de frequência. Presume-se que essa variação aconteça em virtude da homogeneização do compósito nem sempre igual em todas as amostras, além do que, a granulometria das raspas de pneu variava, podendo assim, influenciar no resultado dos ensaios. Considerando isso, para alguns casos em que o desvio padrão se apresentou com altos valores, a análise do coeficiente acústico foi realizada levando em conta o gráfico original, e desconsiderando o valor que se excedia do valor mais provável. Este procedimento foi adotado para as frequências de 1000 Hz referente ao compósito 10%, de 2000 Hz referente ao compósito 20%, de 3000 Hz referente aos compósitos de 0%, 5% e 15% e para a frequência de 4000 Hz referente ao compósito de 5%.

Para a análise das características acústicas do compósito, fez-se necessário uma comparação do coeficiente de absorção sonora de materiais comumente utilizados na indústria.

Na tabela 3 é possível observar os coeficientes de absorção acústica para a frequência de 1000 Hz, presentes em alguns absorventes comerciais mais utilizados.

Tabela 3 – Coeficientes de absorção sonora de absorventes comerciais para a frequência de 1000 Hz.

Material absorvente	1000 Hz
Lã de vidro ¹	0,87
Lã de rocha ¹	0,60
Forro acústico ¹	0,89
Poliuretano de Petróleo (tipo flexível) ²	0,22
Poliuretano de Mamona (D-40) ²	0,05
Poliuretano de Mamona (D-70)	0,25

Fonte: ¹Masini, Teodoro, 2011; ²Oliveira, 2010.

Para a frequência de 1000 Hz o poliuretano de mamona D-70 (0% de fibras de pneus inservíveis), objeto desse estudo, chega a absorver 0,2 (20%) a mais o som em relação ao poliuretano de mamona D-40, presente na tabela 3. Além disso, observa-se que o poliuretano de mamona D-70, trabalhando na mesma frequência, absorve 0,03 (3%) a mais o som em relação ao poliuretano de petróleo.

Considerando que o melhor desempenho acústico para a frequência de 1000 Hz foi obtido pela amostra do compósito contendo 20% de fibras de pneus inservíveis, destaca-se o mesmo para realizar a comparação diante dos demais materiais absorventes apresentados na Tabela 3. Dessa forma, para esse compósito, nota-se que o mesmo possui coeficiente de absorção sonora superior ao PU de mamona D-70, ao PU de mamona D-40 e ao PU de petróleo, do estudo de Oliveira (2010), de aproximadamente 15%, 35% e 18%,

respectivamente, estando cerca de 20% inferior ao Forro acústico, apresentado por Masini (2011) em outro estudo, conforme apresentado na Tabela 3. Com isso, pode-se afirmar que a utilização do poliuretano de mamona de maior densidade melhora o desempenho da absorção sonora do compósito produzido.

A Tabela 4 apresenta as condutividades térmicas médias medidas do poliuretano de mamona D-70 e dos compósitos produzidos; além dos resultados de condutividade térmica do poliuretano de mamona D-40 e compósitos produzidos a partir do mesmo, ensaiados por Oliveira (2010), juntamente com valores de isolantes comerciais, como o poliuretano de petróleo, analisado por Borges (2009), a lã de vidro verificada por Ordenes et al. (2003) e a lã de rocha estudada por Mendes (2004 apud BORGES, 2009), para fins de comparação.

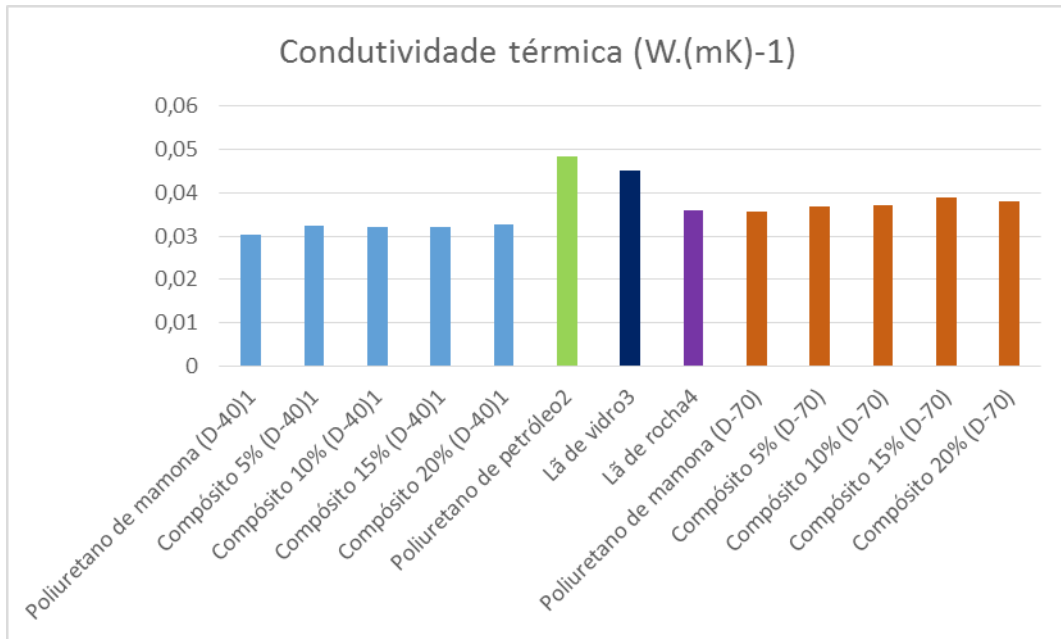
Tabela 4 – Condutividade térmica média de materiais isolantes

Material	Condutividade térmica (W.(mK)⁻¹)	Desvio Padrão
Poliuretano de mamona (D-40) ¹	0,0302	-
Compósito 5% (D-40) ¹	0,0324	-
Compósito 10% (D-40) ¹	0,0322	-
Compósito 15% (D-40) ¹	0,0320	-
Compósito 20% (D-40) ¹	0,0326	-
Poliuretano de petróleo ²	0,0484	-
Lã de vidro ³	0,0450	-
Lã de rocha ⁴	0,0360	-
Poliuretano de mamona (D-70)	0,0357	0,000714
Compósito 5% (D-70)	0,0367	0,000734
Compósito 10% (D-70)	0,0371	0,000743
Compósito 15% (D-70)	0,0388	0,000777
Compósito 20% (D-70)	0,0381	0,000763

Fonte: ¹Oliveira, 2010; ²Borges (2009); ³Ordenes (2003); ⁴Mendes (2004 apud BORGES, 2009).

Através da Figura 9 nota-se que a adição do resíduo industrial ao poliuretano de mamona D-70 manteve a baixa condutividade que é uma característica do mesmo. Ademais, o poliuretano de mamona D-70 e seus compósitos apresentam condutividade térmica relativamente menor que o poliuretano de petróleo e a lã de vidro, indicando assim, um bom desempenho térmico mesmo com a adição de raspas de pneu. Também é possível notar que o poliuretano de mamona D-70 apresentou condutividade térmica ligeiramente superior ao poliuretano de mamona D-40.

Figura 9 – Gráfico de condutividade térmica de materiais isolantes térmicos



Fonte: ¹Oliveira, 2010; ²Borges (2009); ³Ordenes (2003); ⁴Mendes (2004 apud BORGES, 2009).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em relação aos coeficientes de absorção sonora, concluiu-se que a adição das raspas de pneus inservíveis potencializou a capacidade de absorção sonora dos compósitos. O resultado pode ser considerado satisfatório, tendo em vista que, a matriz do compósito produzido é de resina expansiva rígida (possui o isolamento térmico como principal característica), e não de poliuretano flexível (possui o isolamento acústico como principal característica). Ademais, a utilização do poliuretano de mamona de maior densidade aumenta o desempenho da absorção sonora do compósito produzido (OLIVEIRA, 2010; VILAR, 2002).

Quanto a condutividade térmica concluiu-se que a adição das raspas de pneus inservíveis ao poliuretano de mamona não influenciou de forma significativa na baixa condutividade térmica do material. Além disso, o poliuretano de mamona e os compósitos produzidos a partir dele apresentam condutividade térmica consideravelmente menor que o poliuretano de petróleo e a lã de vidro. Porém, o seu desempenho como isolante térmico se apresenta inferior quando comparado ao poliuretano de menor densidade.

Desse modo, o presente trabalho resultou na confecção de um material compósito proveniente da resina expansiva de óleo de mamona e raspas de pneus inservíveis que possuem características que o classifica como um bom isolante térmico, quando comparado aos demais materiais isolantes térmicos no mercado (poliuretano de petróleo, lã de vidro) e um potencial isolante acústico, sendo superior ao poliuretano de mamona D-70 e D-40 e ao poliuretano de petróleo.

Como sugestão para trabalhos futuros, indica-se que se obtenha mais amostras do material compósito produzido para realização do ensaio de absorção sonora, para que então se alcance uma representatividade maior dos resultados obtidos. Isso porque curvas de absorção sonora podem variar muito para amostras de um mesmo material. Ademais, sugere-se que

novos ensaios sejam realizados com amostras com granulometrias diferentes das raspas de pneu, afim de que se possa realizar um estudo sobre a interferência da mesma na eficiência da absorção sonora, e nesse caso, qual granulometria seria a mais adequada na produção dos compósitos, nesse sentido.

COMPOSITE PRODUCTION OF CASTOR BEANS POLYURETHANE AND INDUSTRIAL WASTE FOR THERMAL ISOLATION AND SOUND ABSORPTION

Abstract

The current work had as aim the production of a composite material from the expansive resin of castor beans oil and remains of useless tires for thermal isolation and sound absorption. Proof materials were produced on the compositions of 0%, 5%, 10%, 15% and 20% according to the amount of tire remains added to the mixture. Later on, the coefficient of sound absorption by the transfer function method as described on the international rule ISO 10534-2:1998 and the thermal conductivity adoption the procedures from the technical rule ASTM-C518 of them. The D-70 castor beans polyurethane is able to absorb 20% more the sound comparing to the D-40 castor beans polyurethane and also absorbs 3% more the sound comparing to oil polyurethane. The best acoustic performance was obtained by the composite sample of 20% of tire remains that has sound absorption coefficient higher than the D-70 CBP, the D-40 CBP and the oil polyurethane, of about 15%, 35% and 18% respectively. The composites produced showed less thermal conductivity than the oil polyurethane, the glass wool and the rock wool. It was concluded that the addition of the tire has increased the capability to absorb the sound from the composites and that the use of castor beans polyurethane of more density increases the sound absorption of the composite, as well as not influencing negatively its low thermal conductivity. Moreover, they show thermal conductivity considerably less than oil polyurethane, glass wool and rock wool.

Key-words: Composite. Castor beans polyurethane. Industrial remains. Sound absorption. Thermal isolation.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Marcelo Giusti de. **INCORPORAÇÃO DE POLIETILENO PÓS-CONSUMO EM ESPUMAS DE POLIETILENO DE BAIXA DENSIDADE**. 2006. 71 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Materiais, Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2006. Disponível em: <<https://repositorio.ucs.br/jspui/handle/11338/135>>. Acesso em: 22 mar. 2015.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE PNEUMÁTICOS. **Brasil recolheu 22,9 milhões de pneus no trimestre**. [2015?]. Disponível em: <www.anip.com.br/index.php>

cont=detalhes_noticias&id_noticia=799&area=43&titulo;_pagina=ultimas Noticias>. Acesso em: 18 nov. 2015.

BORGES, Jacques Cousteau da Silva. **Compósito de poliuretano de mamona e vermiculita para isolamento térmica**. 2009. 71 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2009. Cap. 5. Disponível em: <ftp://ftp.ufrn.br/pub/biblioteca/ext/bdtd/JacquesCS.pdf>. Acesso em: 06 out. 2015.

CANGEMI, José Marcelo. **Biodegradação de poliuretano derivado do óleo de mamona**. 2006. 126 f. Tese (Doutorado) - Curso de Química Analítica, Instituto de Química, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/75/75132/tde-26042007-091940/pt-br.php>. Acesso em: 20 mar. 2015.

CENTRO BRASILEIRO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES. [**Ensaio de condutividade térmica**]. [Florianópolis: UFSC, 2015]. [Anexo recebido através de email].

CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA, 8., 2001, Florianópolis. **MEDIÇÃO DO COEFICIENTE DE ABSORÇÃO ACÚSTICO UTILIZANDO TUBO DE IMPEDÂNCIA**. Florianópolis: Abcm, 2001. 1 v. Disponível em: <http://www.abcm.org.br/anais/creem/2001/anais/a07_01.html#>. Acesso em: 26 out. 2015.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 10534-2**: Acoustics — Determination of sound absorption coefficient and impedance in impedance tubes. 1 ed. Genebra: Ch-1211, 1998. 27 p.

LEAL, Georla Cristina Souza de Gois; FARIAS, Maria Sallydelandia Sobral de; ARAUJO, Aline de Farias. O PROCESSO DE INDUSTRIALIZAÇÃO E SEUS IMPACTOS NO MEIO AMBIENTE URBANO. **Qualit@s: Revista Eletrônica**, Campina Grande, v. 7, n. 1, p.1-11, jan. 2008. Disponível em: <http://www.ceap.br/material/MAT2004201302831.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2015.

MASINI, Henrique Forlani; TEODORO, Elias Bitencourt. **MEDIÇÃO AUTOMÁTICA DO COEFICIENTE DE ABSORÇÃO ACÚSTICA DE MATERIAIS**. **Horizonte Científico**, Santa Mônica, v. 5, n. 2, p.1-21, dez. 2011. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/horizontecientifico/article/view/4391/7964>. Acesso em: 25 out. 2015.

OLIVEIRA, Maria Cleide Ribeiro de. **Compósito de poliuretano de mamona e resíduo industrial para isolamento térmica e absorção sonora**. 2010. 80 p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2010. Disponível em: <http://repositorio.ufrn.br:8080/jspui/bitstream/123456789/15623/1/MariaCRO_DISSERT.pdf>. Acesso em: 18 fev. 2015.

ORDENES, Martín et al. **Metodologia utilizada na elaboração da biblioteca de materiais e componentes construtivos brasileiros para simulações no VisualDOE-3.1**. Florianópolis: Labeee, 2003. 19 p. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/node/266>. Acesso em: 06 out. 2015.

PADILHA, Angelo Fernando. **Materiais de Engenharia: Microestrutura e Propriedades**. São Paulo: Hemus, 2007. 343 p. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=8IKJTHS5SfAC&oi=fnd&pg=PA9&dq=materiais+de+engenharia:+microestrutura+e+propriedades&ots=J28O6aSZKT&sig=->

Ie4Bodc2VqKen03A_y6wNR5LME#v=onepage&q=termofixos&f=false>. Acesso em: 06 abr. 2015.

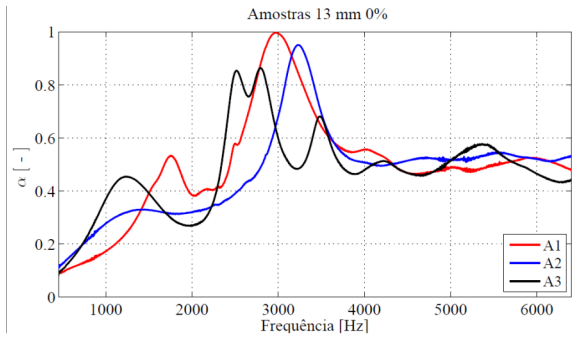
PROQUINOR, Produtos Químicos do Nordeste LTDA. Disponível em:
<<http://www.proquinor.com.br/>>

ROCHA, Marcos de Souza. **Gestão de tecnologias limpas**. [Mogi das Cruzes: Braz Cubas, 2012]. 93 p. [Material didático da disciplina Gestão de Tecnologias Limpas da Universidade Braz Cubas]. Disponível em:

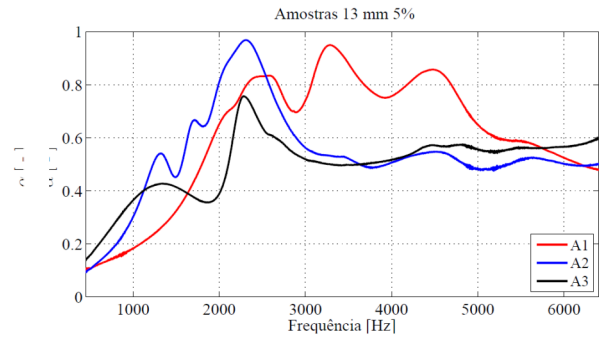
<http://dbaw3j9vyp1sm.cloudfront.net/download/186__120312153227.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2015.

VILAR, Walter. **Química e Tecnologia dos Poliuretanos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Vilar Consultoria, 2002. Disponível em: <<http://www.poliuretanos.com.br/>>. Acesso em: 06 abr. 2015.

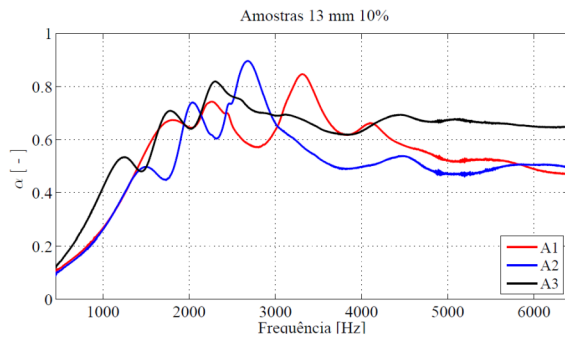
APÊNDICE A



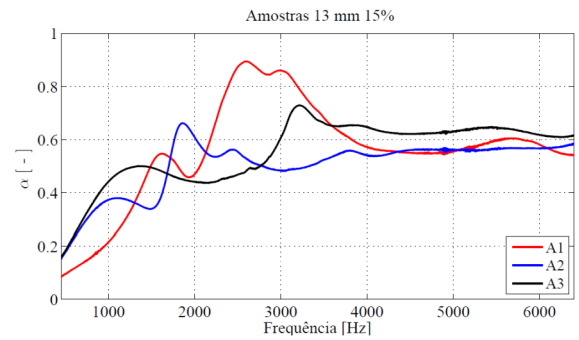
a)



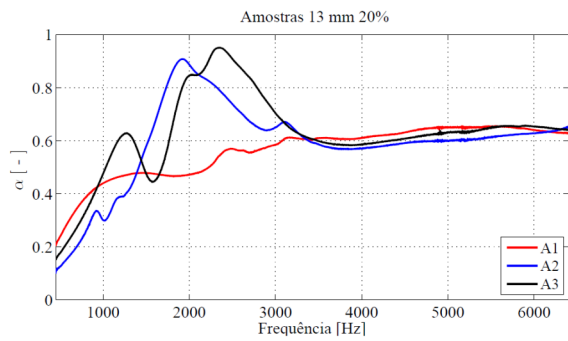
b)



c)



d)



e)