

REUTILIZAÇÃO DA BORRACHA PROVENIENTE DA RECAUCHUTAGEM DE PNEUS NA CONFECÇÃO DE PLACAS ISOLANTES TERMO ACÚSTICAS

Lima, E.L.B., Dias, L.M.M., Oliveira, L.C. e M. R. T. Halasz

Faculdades Integradas de Aracruz, Curso de Engenharia Química
halasz@fsjb.edu.br

RESUMO – O acúmulo de pneus está se tornando um problema para a sociedade e a demanda de espaço necessário para sua deposição é cada vez maior. Uma das soluções para este problema é a incorporação do resíduo de borracha na fabricação de compósitos. O presente trabalho visa verificar a capacidade de isolamento termo acústico de compósitos produzidos a partir de resíduos de borracha do processo de recauchutagem de pneus, compensado de madeira e PVA. Inicialmente foi avaliada a viabilidade de sua confecção em algumas proporções (borracha/PVA), 90%, 80% e 70% e com tais materiais foram realizados testes para a determinação do desempenho termo acústico, com e sem a presença de compensado de madeira. Os resultados obtidos mostraram que dentre os corpos de provas fabricados, o que apresentou melhor resultado tanto no teste de isolamento acústico (50% maior que uma placa de EVA) como no térmico (temperatura superficial 21% menor que uma placa de isopor), foi o que continha compensado e 70% de borracha.

1. INTRODUÇÃO

A quantidade de pneus consumida no mundo cresce em um ritmo acelerado. Estima-se que 1 bilhão de pneus cheguem ao fim de suas vidas úteis a cada ano e 5 bilhões a mais deverão ser descartados em uma base regular até o ano de 2030. Hoje a reutilização dos pneus inservíveis é pequena, comparada aos milhões de pneus que estão sendo estocados, depositados em aterro (PACHECO et al., 2011). A falta de destinação apropriada para os resíduos no Brasil têm gerado danos à saúde da população e ao ambiente. Como exemplo, tem-se o caso do descarte irregular dos pneus, os quais contribuem para proliferação de vetores transmissores de doença como a dengue.

O processo de biodegradação dos pneus é muito lento, sendo estimado um prazo não inferior de 150 anos. Os pneus também contêm diversas substâncias tóxicas que podem ser liberadas na atmosfera e também contaminar o solo, o lençol freático e os cursos de água (NAIME et al., 2010). Sendo assim, alternativas estão sendo estudadas para que o pneu possa ser utilizado na constituição de novos produtos, e ganhe outras funções que não mais a do transporte (MARCHIORI apud KAMIMURA, 2004, p. 57).

Observa-se que na área da construção civil há oportunidades potenciais para o emprego de novas formas de reaproveitamento de pneus. Na constituição de massa asfáltica, uso em telhas e

pisos, por exemplo, são formas mais comuns. A área de isolamento acústico e térmico é também potencial, mas ainda necessita de estudos para viabilidade. Há também uma necessidade de desenvolver isolantes térmicos mais eficientes, uma vez que para manter ambientes com temperatura controlada há um grande gasto de energia e conseqüentemente uma elevada despesa financeira (MACEDO et al., 2005). Nesta área, existem oportunidades de inserção de novos materiais nas placas confeccionadas para fins isolantes, tendo em vista que o pneu poderá ser reaproveitado para fins de fabricação de matérias compósitos. Tais materiais são materiais constituídos por dois ou mais elementos combinados, e quando separados se diferem na forma e composição química, sendo essencialmente insolúveis um no outro (CORRÊA, 2004).

Usualmente, os compósitos utilizam resinas poliméricas, que passam por uma etapa de cura do material a fim de que se torne próprio para utilização. Assim, logo após serem misturados, reforço e matriz são moldados através de prensagem manual ou hidráulica, sendo, nesses casos, aplicada uma carga escolhida que irá depender dos tipos de fibra e matriz que serão utilizados na fabricação do compósito. O poli (acetato de vinila) (PVA) é um polímero, que possui propriedade adesiva considerável, boa resistência a solventes óleos e graxas e sua resistência à passagem de oxigênio é superior a outros polímeros encontrados no mercado, tal conjunto de propriedades leva o PVA ser utilizado em grande quantidade de aplicações industriais (ARANHA et al., 2001).

Este trabalho visa estudar uma alternativa para reutilização dos pneus através da confecção de placas isolantes termo acústicas, através da formação de um compósito constituído pela borracha proveniente do processo de recauchutagem de pneus com a adição do aglomerante, resina PVA. Os resultados dos testes para os compósito produzido serão comparando aos resultados descritos na literatura para outros materiais utilizados com a mesma finalidade.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Utilizou-se como resíduo principal deste trabalho farelo de borracha, proveniente do processo de recauchutagem de pneus, recolhido de uma empresa local de Aracruz – ES, e como material aglomerante optou-se pela resina de PVA, pois segundo COFERRI et al., (2012), apresentou bons resultados experimentais, quando comparados com o pré-polímero de MDI (Difenilmetano diisocianato) - PMDI. O PVA não forma um filme sobre a superfície impedindo que as ondas sonoras se dispersem no interior do compósito.

Foram produzidos dois tipos de corpos de prova. O primeiro apenas constituído por farelo da borracha de pneu e o aglomerante PVA (material compósito), conforme o fluxograma da Figura 1. O segundo tipo de corpo de prova (sanduíche), seguirá o mesmo procedimento de fabricação, porém, ao final do processo de cura em estufa, serão coladas duas placas de compensado de madeira formando três camadas na seqüência, que retornam para processo de prensagem e posteriormente o processo de cura.

Para a avaliação da eficiência dos compósitos em relação à concentração mássica de cada componente, foi proposto a montagem de três corpos de prova com diferentes proporções mássicas entre o farelo da borracha de pneu e o aglomerante PVA.



Figura 1 - Fluxograma da Fabricação do material composto

Na fabricação do 1º tipo de corpo de prova, os dois componentes foram misturados manualmente até se tornarem uma massa homogênea. Após a realização da mistura, o material foi colocado em banho-maria a uma temperatura de 80°C durante 45 minutos para garantir um tempo de cura menor após a prensagem. O material aquecido foi transferido para uma forma de metal com dimensões de 20cm x 20cm x 1cm e, para evitar a aderência do material à forma, esta foi encapada com plástico filme resistente a temperatura previamente untada com cera automotiva. A forma foi colocada em uma prensa hidráulica, onde o material sofreu ação de uma pressão de 10 toneladas por 2 horas. Para que a carga fosse distribuída sobre todo o material de forma uniforme foi colocada uma placa de ferro com dimensões de 20cm x 20cm x 3cm entre a prensa e a forma onde estava contido o material. Após a compressão, todos os compósitos formados foram retirados da forma de metal e do involucro formado pelo filme plástico. Em seguida, os mesmos foram transferidos para uma segunda forma com dimensões de 20cm x 20cm x 1cm. A forma com o compósito foi levada para uma estufa a uma temperatura de 60 °C durante 12 horas para realizar a cura do compósito para posterior realização dos testes (Figura 3a).

Para a fabricação do 2º tipo de corpo de prova (sanduíche), o procedimento segue a mesma metodologia, porém, após a cura, ao compósito foram coladas duas placas de compensado com dimensões de 20cm x 20cm x 0,4cm utilizando PVA para a realização da colagem. O PVA foi colocado na superfície do compensado de madeira que entrará em contato com o compósito. Para otimizar a aderência entre as placas de compensado e o compósito do primeiro tipo foi realizada uma prensagem utilizando uma pressão igual a 1 tonelada durante 1 hora. Após a prensagem o compósito formado foi novamente levado a estufa a uma temperatura de 60°C durante 3 horas para realização da cura (Figura 3b).

Para a avaliação das propriedades de isolamento acústico, fez-se necessário a utilização de uma caixa reverberante em escala reduzida, a qual pode ser visualizada na Figura 4, construída a partir da metodologia de Guedes (2007). Antes de iniciar os testes, era acoplado à janela da caixa o corpo de prova de acordo com a Figura 5, em sequência era acionado o alto-falante contido dentro da caixa reverberante. O som que atravessar o corpo de prova será aferido, em dB, por um decibelímetro do tipo 2250 da marca Brüel & Kjaer nas frequências de 125 Hz, 250 Hz, 500Hz, 1 KHz, 2 KHz e 4 KHz. O decibelímetro será colocado a uma distância de 1 cm do corpo de prova de modo que a aferição contenha dados apenas do som que atravessar o corpo de prova. O som será emitido pelo alto-falante no interior da caixa reverberante por um período de 1 minuto.



Figura 3 – Compósitos (a) borracha/PVA (b) borracha/PVA/Compensado
Fonte: Arquivo pessoal.



Figura 4 - Caixa reverberante em escala reduzida
Fonte: Arquivo pessoal.

Para efetuar a avaliação da eficiência em isolamento acústico dos corpos de prova, foi realizada uma aferição da intensidade sonora emitida pela fonte sem nenhuma barreira nas mesmas frequências citadas anteriormente, de modo a gerar dados para se calcular o percentual de redução sonora realizado pelos corpos de prova fabricados. Os dados registrados serão lançados e comparados graficamente pelo programa BZ5503 - Measurement Partner Suite (licença gratuita).

Com relação à determinação da eficiência em isolamento térmico foram realizados testes nos corpos de prova produzidos e comparados à compensados de madeira e placa de isopor utilizando a metodologia de BATTISTELLE et al. (2006) com algumas adaptações. O esquema foi montado conforme Figura 6, onde o corpo de prova era colocado sobre uma mesa de placa de aço 1020 com um fogareiro na parte inferior, a uma distância de 40 cm. Para a aferição da temperatura, foram acoplados três termopares de três multímetros. O primeiro em contato com a mesa de aço na parte de baixo, sobre o fogareiro, o segundo na interface entre a mesa de aço e o corpo de prova e o último em contato apenas com o corpo de prova. Após o acionamento do fogareiro as temperaturas serão aferidas em intervalos de tempo de 30 segundos durante 20 minutos até que a transferência de calor atingisse o equilíbrio térmico. Por fim os dados da variação de temperatura entre as interfaces dos corpos de provas fabricados, do compensado de madeira e do isopor foram comparados.



Figura 5 - Esquema Teste Acústico – Vista Lateral
Fonte: Arquivo Pessoal.

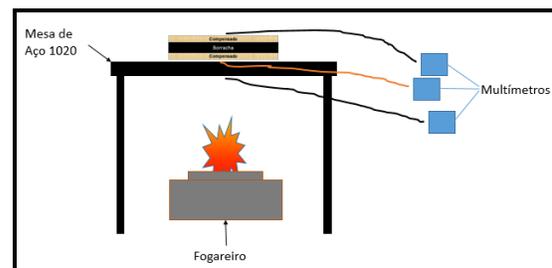


Figura 6 – Esquema do teste de isolamento térmico
Fonte: Arquivo pessoal.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O farelo de borracha proveniente dos restos de recauchutagem de pneus fornecido pela empresa, possuía característica granulométrica representada na Tabela 1. Antes da realização dos experimentos, o farelo foi peneirado para remoção de impurezas agregadas, tais como pedaços da malha de aço e pedaços de nylon que compõem o pneu.

Tabela 1 – Granulometria do Farelo de Borracha produzido

Malha (#)	8#	14#	20#	35#	48#	80#	100#	fundo
% Massa retida	25,9	35,6	19,9	13,9	3,2	1,1	0,3	0,1

Para realizar a fabricação dos compósitos foram utilizadas apenas as partículas que ficaram retidas nas peneiras de 14#, 20# e 35#, pois, de acordo com a Tabela 1, as três faixas representam aproximadamente 70% da composição do farelo de borracha. Além disso, de acordo com o resultado obtido no pré-teste realizado, a presença de grandes partículas, prejudicou o processo de prensagem do corpo de prova, ocasionando grandes macro vazios na estrutura do mesmo, o que não é apropriado para o objetivo geral do presente trabalho. Já a utilização do farelo com granulometria maior (mais finos) resultaria na perda de massa da placa, devido arraste dos finos no processo prensagem, o que prejudicaria a confecção dos corpos de prova, assim como a utilização do farelo com granulometria menor, o que acarretaria uma grande quantidade de macro vazios no corpo de prova.

Tendo como base os resultados obtidos no pré-teste e o fato de a literatura ainda não apresentar composições para o material compósito em questão, adotou-se as proporções mássicas conforme de 90, 80 e 70% de farelo de borracha. A fabricação dos corpos de prova foram feitas em duplicata e as dimensões dos demais corpos foram colocadas na Tabela 2 respeitando as proporções mássicas apresentadas.

Tabela 2 – Dimensões dos Corpos de Provas

Material	E1(mm)	E2(mm)	E3(mm)	E4(mm)	Em(mm)	L1(mm)	L2(mm)	L3(mm)	L4(mm)	Lm(mm)
S - 90% x 10%	13,0	13,0	13,5	13,5	13,3	196,5	195,5	197,0	195,5	196,1
S - 80% x 20%	13,0	12,5	14,0	14,0	13,4	196,0	196,5	196,5	197,0	196,5
S - 70% x 30%	12,5	12,0	13,5	13,0	12,8	197,5	196,5	197,5	196,5	197,0
C - 90% x 10%	13,5	14,5	13,5	12,5	13,5	197,0	201,0	199,0	197,5	198,6
C - 80% x 20%	15,0	15,5	14,0	12,0	14,1	198,5	199,5	199,0	197,5	198,6
C - 70% x 30%	11,0	13,0	12,5	10,0	11,6	197,0	197,0	197,0	196,5	196,9
EVA	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	202,0	198,0	201,0	199,0	200,0
Isopor	10,0	10,0	9,0	10,0	9,8	202,0	198,0	198,0	202,0	200,0
Compen 15 mm	15,0	14,0	15,0	15,0	14,8	202,0	200,0	199,0	200,0	200,3
Compen 04 mm	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	196,0	192,0	198,0	193,0	194,8

Fonte: Arquivo Pessoal.

*Espessura (E)

*Comprimento (L)

3.1. Testes de Isolamento Acústico

Na Figura 7, pode-se observar os valores referentes a intensidade do som que ultrapassou os corpos de prova, onde (S) representa Sanduíche e (C) representa compósito. De acordo com os valores obtidos e tendo como referencial o EVA, os materiais permitiram que o som atravessasse com maior facilidade do que os sanduíches compostos por compensado de madeira e borracha, as três proporções mássicas avaliadas para os sanduíches, apresentaram resultados satisfatórios.

A Figura 8 apresenta valores de variação da intensidade sonora recebida pelo decibelímetro quando comparados com os resultados provenientes da resistência do ar (sem barreira). Pode-se verificar também que a capacidade isolamento acústico do isopor é menor quando comparada com os outros materiais, isso ocorre devido a sua baixa densidade, que não oferece uma boa resistência a passagem do som pelo material. Pode-se observar também um melhor desempenho dos sanduíches tanto nas frequências quanto nas proporções mássicas analisadas. Os sanduíches absorveram o som cerca de seis vezes mais do que os corpos de prova sem o compensado.

Entre os sanduíches, o corpo de prova com proporção mássica de 70 x 30, apresentou resultado ligeiramente melhor quando comparado com os demais, 80 x 20 e 90 x 10, com aumento de 1% e 2% respectivamente, isso ocorre devido a maior quantidade de resina em sua composição. Na comparação direta com o EVA, o Sanduíche 70 x 30, apresentou capacidade 50% maior de absorção do som emitido, confirmando suas capacidades de isolamento acústico.

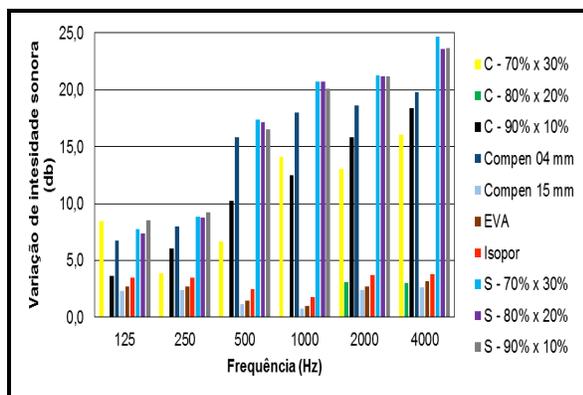


Figura 7 – Intensidade sonora na face superior dos corpos de prova

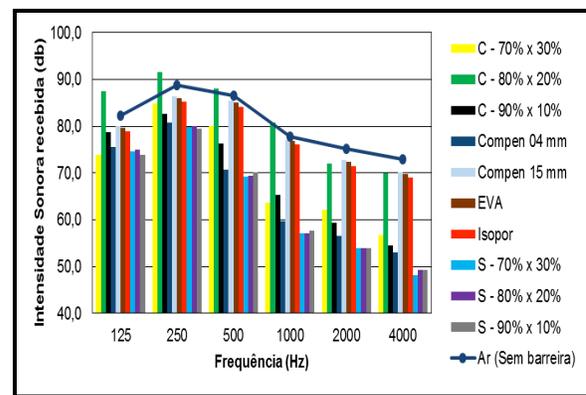


Figura 8 - Variação da intensidade sonora tendo como referência a resistência do Ar

3.2. Testes de Isolamento Térmico

Conforme as Figuras 9 e 10 pode-se observar que todos os corpos de provas sofreram aumento significativo na temperatura de sua face superior, na ordem de 115% aproximadamente. Na Figura 11, observa-se a variação da temperatura (ΔT) na face superior de cada corpo de prova, considerando a sua temperatura inicial e final.

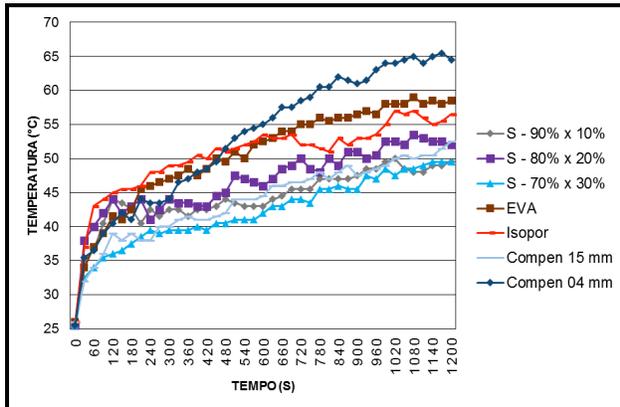


Figura 9 - Temperatura na face superior dos corpos de prova - 1

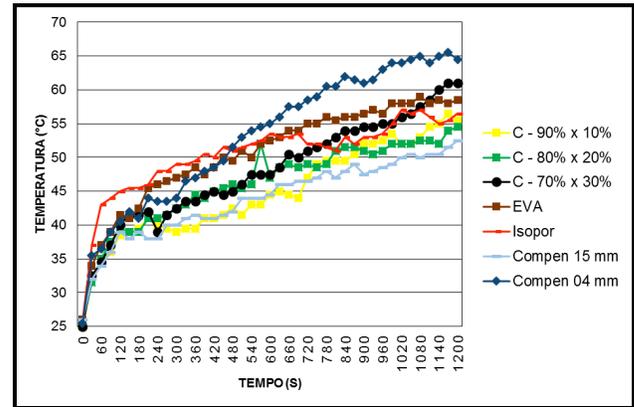


Figura 10 - Temperatura na face superior dos corpos de prova - 2.

Foi possível observar que os sanduíches apresentaram resultados melhores, ou seja, uma menor variação de temperatura do início até o término do experimento, quando comparados com o isopor. Quando comparamos os sanduíches com os compósitos, estes apresentaram resultados superiores, em especial do compósito com composição de 70 x 30 e 90 x 10, que apresentaram um resultado muito melhor do que a composição de 80 x 20. De acordo com a Figura 11, sanduíche 70 x 30 apresentou capacidade de redução da temperatura na face superior do corpo de prova em 21%, quando comparado com o isopor, isso ocorre devido a existência de micro vazios preenchidos por ar que dificulta a passagem de calor pelo material.

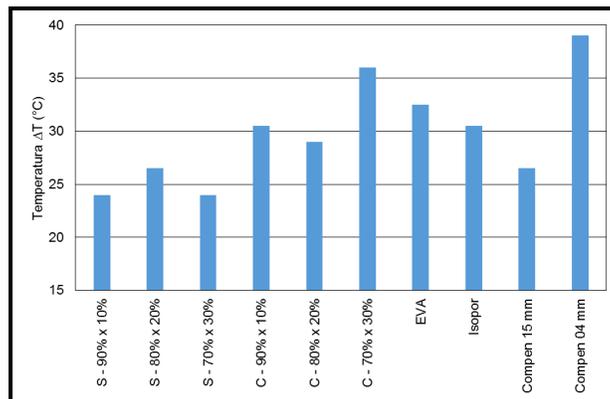


Figura 11 - Variação da temperatura nas faces dos corpos de prova

4. CONCLUSÕES

Dentre os corpos de provas fabricados, o que apresentou melhor resultado no teste de isolamento acústico, foi o sanduíche na proporção de 70 x 30, apresentando um resultado 50% superior melhor, quando comparados com o resultado obtido com a placa de EVA. Para o teste térmico, o sanduíche com proporção 70 x 30 também apresentou resultados melhores dos que os demais corpos de prova fabricados, ao final do experimento a variação de temperatura de sua face

superior, foi 21% menor do que a variação apresentada pela placa de isopor. Dentre todos os corpos de provas fabricados, o sanduíche 70 x 30 pode ser considerado o compósito com melhor desempenho termo acústico, levando em consideração que a fabricação de um material compósito visa, unir materiais diferentes, sempre aproveitando as melhores características de cada material, no caso desse trabalho, o uso da borracha, resina PVA e compensado de madeira proporcionaram ao corpo de prova o melhor desempenho termo acústico.

5. REFERÊNCIAS

ARANHA, I. B.; LUCAS, E. F. Poli(Álcool Vinílico) Modificado com Cadeias Hidrocarbônicas: Avaliação do Balanço Hidrófilo/Lipófilo. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, Rio de Janeiro, v. 11, n. 4, 2001.

BATTISTELLE, R. A. G. et al. Estudo comparativo entre chapas de partículas confeccionadas com diferentes resíduos e sua aplicação em design de produtos. XIII SIMPEP, Bauru - SP, 2006.

COFFERRI, P.; DE OLIVEIRA, C. J. J.; SANTANA, R. M. C. Avaliação da influência do agente aglomerante em placas prensadas de resíduos de EVA oriundos da Indústria calçadista. XIX COBEQ, Búzios, 2012.

CORRÊA, G. R.. Desenvolvimento, produção e caracterização de compósitos de madeira-plásticos para aplicação na indústria moveleira. Belo Horizonte: REDEMAT, 2004.

GUEDES, R. C. Projeto e construção de uma câmara reverberante em escala reduzida para caracterização acústica de materiais absorventes. Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica. Universidade Federal do Pará, Belém, 2007.

KAMIMURA, E. Potencial dos resíduos de borracha de pneus pela indústria da construção civil. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis. 2004.

MACEDO, D. C. B.; TUBINO, R. M. C. Comportamento térmico e acústico de placas pré-moldadas, 1º. Encontro Nacional de Pesquisa-Projeto-Produção em Concreto pré-moldado, São Carlos, 2005.

NAIME, R.; SILVA, R. D. Utilização de pneus usados na fabricação de telhas. INGEPRO - Inovação, gestão, produção, Universidade FEEVALE, v. 02, n. 1, 2010.

PACHECO, F. T.; DING, Y.; JALALI, S. Properties and durability of concrete containing polymeric wastes (tyre rubber and polyethylene terephthalate bottles): An overview. *Construction and Building Materials*, Guimarães, 2011.