

INOVAÇÃO NO USO DE RESÍDUO DA INDÚSTRIA SUCROALCOOLEIRA

INNOVATION IN THE USE OF RESIDUAL FROM THE SUGAR-ALCOHOL SECTOR

João Batista Sarmiento dos Santos Neto¹; Paulo Fernando Soares²; Romel Dias Vanderlei³ Tania Maria Coelho⁴; Franciely Vellozo Aragão⁵

^{1,5} Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana - PEU
Universidade Estadual de Maringá – UEM – Maringá/PR – Brasil
neto.joabss@gmail.com , fran-aragao@hotmail.com

^{2,3} Departamento de Engenharia Civil - DEC
Universidade Estadual de Maringá – UEM – Maringá/PR – Brasil
paulofsoares@gmail.com , rdvanderlei@uem.br

⁴ Departamento de Engenharia de Produção- DEP
Universidade Estadual do Paraná – UNESPAR – Campo Mourão/PR – Brasil
coelho_tania@yahoo.com

Resumo

O desenvolvimento sustentável associado à solução de problemas que prejudicam de alguma maneira a sociedade é um assunto que merece destaque e abordagem ampla em pesquisas acadêmicas. A utilização de materiais alternativos buscando soluções para os problemas ocasionados pelo ruído procura, ao mesmo tempo, oferecer conforto e comodidade para o meio urbano, além de ser uma alternativa para destinação final de resíduos sólidos produzidos por demais setores da economia. Desta forma, o presente estudo tem o objetivo de desenvolver enchimento alternativo para drywall utilizando fibra residual do setor sucroalcooleiro com a finalidade de buscar condicionamento acústico. Após produção do material pesquisado, foi realizado o ensaio para a determinação do desempenho acústico por meio da Perda de Transmissão Sonora (TL), onde foram comparados os valores obtidos de TL do painel de drywall com o enchimento pesquisado, com painéis drywall com enchimentos de lã de vidro e ar. Ao fim dos ensaios, pode-se concluir que o painel com enchimento pesquisado obteve resultados superiores aos comparados quando analisado em baixas frequências.

Palavras-chave: Enchimento, Drywall, Resíduo, Cana-de-açúcar e Perda de Transmissão Sonora.

Abstract

A subject that deserves attention and wide approach in academic researches is sustainable development, along with the search for solutions for the problems that affect society in many ways. The use of alternative materials seeking solutions for noise caused problems aims at offering

comfort and convenience for urban environments as well as at being an alternative for the final destination of solid residues produced by other economic sectors. So, this study aims at developing an alternative drywall refill for acoustic conditioning using residual fibers from the sugar-alcohol sector. Once the researched material was produced, tests were conducted for determination the acoustic performance. To characterize the acoustic performance, a sound transmission loss test was conducted in three drywalls refills were compared in regard to the sound transmission values: refill researched, glass wool and air. At the end of the tests it is possible to conclude that the panel with the refill researched performed superiorly when analyzed in low frequencies.

Key-words: Refill, Drywall, Waste, Cane of sugar and Sound Transmission Loss

1. Introdução

O crescimento das cidades e o aumento do número de automóveis e de aeronaves que trafegam no perímetro urbano das metrópoles vêm contribuindo para elevar ainda mais a emissão do ruído no meio urbano. (FERREIRA e ZANNIN, 2007).

Os transportes, a indústria e algumas atividades de lazer são exemplos de como os imperativos da vida moderna sujeitam o indivíduo diariamente a níveis excessivos de ruído ou poluição sonora. As consequências lesivas que esta agressão acústica provoca sobre vários sistemas e órgãos, para além do sistema auditivo, são hoje um problema de saúde pública, (CARDOSO et al., 2006).

Problemas relacionados ao ambiente urbano são das mais variadas origens: excesso de ruído, emissão de poluentes no ar e água, escassez de recursos energéticos e de água, falta de tratamento adequado de resíduos, aumento do consumo de energia para condicionamento artificial, transporte, dentre outros.

A solução destes problemas que prejudicam de inúmeras maneiras a sociedade, é um assunto que merece destaque e abordagem ampla em pesquisas. O *drywall* é um sistema de montagem construtiva que consiste de uma estrutura metálica de aço galvanizado com uma ou mais chapas de *drywall* (gesso acartonado) parafusadas de ambos os lados e ainda complementada com algum enchimento (geralmente a lã de vidro) para melhorar o seu isolamento acústico (SILVA, 2009).

O revestimento de uma parede isolante acústica, densa e reflexiva com material fibroso ou poroso (também chamados de materiais absorventes), possibilita uma melhora nas características de absorção sonora. Acusticamente, tais estruturas são denominadas compósitas. Tal tecnologia é também encontrada na literatura como painel sanduíche, ou, painel Massa-Mola-Massa. Esses painéis geralmente são utilizados como divisória de ambientes, e, uma de suas principais características é a alta capacidade de isolamento acústico, (CARVALHO, 2006).

Em um ambiente, quando o som bate em uma superfície, ele é transmitido, refletido ou absorvido. Geralmente os três eventos ocorrem (CAVANAUGH; TOCCI; WILKES, 2009). Tratar acusticamente um ambiente consiste basicamente em dar-lhe boas condições de audibilidade através das absorções acústicas dos revestimentos internos e/ou em função da geometria interna, bloquear os ruídos externos que possam perturbar a boa audibilidade do ambiente, e bloquear possíveis ruídos produzidos no recinto para que os mesmos não atrapalhem o entorno (CARVALHO, 2006).

Para a atenuação de ruídos pode-se empregar diversos materiais fibrosos e/ou porosos, por exemplo, lã de vidro, lã de rocha, espuma acústica, fibra mineral, entre outros, a fim de que se crie uma preocupação ambiental para minimizar a exposição aos ruídos. (CATAI, PENTEADO e DALBELLO, 2010).

De acordo com Alba et al. (2008), atualmente, materiais acústicos absorsores como as lãs minerais e orgânicas, lãs de vidro e têxteis, são utilizadas não somente no âmbito da construção civil, como também em outros, como no setor automobilístico e eletroacústica. Entretanto, este tipo de material está em constante desenvolvimento, surgindo no mercado não somente as tradicionais lãs minerais, como também novas lãs a partir de fibras naturais. Algumas pesquisas já contemplam o desenvolvimento de novos produtos com intuito de prover melhor conforto acústico.

A cada dia novos produtos são lançados no mercado. As empresas procuram inovar como forma de se manterem ou mesmo aumentarem sua participação no mercado. Esses novos produtos podem se apresentar de diversas formas, (LEITE E PINTO, 2014).

De acordo com Zhou e Wu (2010), a inovação é vista como um fator crítico para as firmas se adaptarem em ambientes turbulentos e encontrarem vantagem competitiva sustentável.

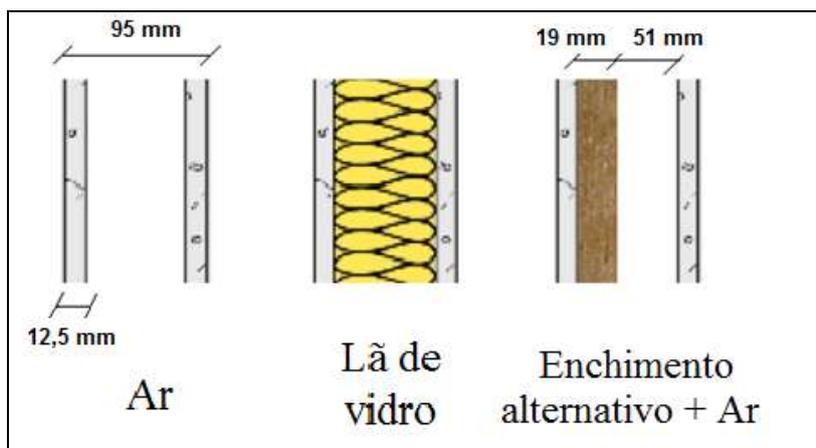
Diante do exposto, o presente trabalho tem por objetivo mostrar uma alternativa inovativa de utilizar a fibra residual do setor sucroalcooleiro (bagaço de cana-de-açúcar) como enchimento para sistemas *drywall*, com a finalidade de condicionamento acústico por meio da atenuação de ruídos. Devido à sua estrutura porosa e/ou fibrosa, os materiais absorventes são ótimos redutores de energia sonora, onde parte é transformada em energia térmica pelo atrito ocasionado pela viscosidade do ar, desta forma, a placa interna a base de fibra residual de cana-de-açúcar, tem a função de absorver o som quando associada ao sistema *drywall*.

2. Metodologia

Para desenvolvimento do presente estudo, foi necessária a confecção de painéis compostos (*drywall* - enchimento - *drywall*) para caracterização do material.

A produção do painel compósito se deu em duas etapas. Primeiramente ocorreu à confecção do enchimento, e em sequência, a montagem do painel compósito a partir dos componentes (*drywall* e enchimento). Em paralelo com a montagem do painel sanduíche desenvolvido com o enchimento foco desta pesquisa, foram produzidos também outros dois painéis sanduíches afim de comparação. Um painel preenchido de ar, e um com enchimento de lã de vidro com densidade de 17 kg/m³ (material usualmente utilizado pelo mercado). Os três painéis possuem dimensões de 1000 x 1260 x 95mm. A espessura de cada *drywall* é de 12,5mm, restando 70mm para serem preenchidos com o(s) enchimento. A figura 1 retrata a composição e dimensão dos painéis.

Figura 1 - Composição dos painéis desenvolvidos.



Fonte: Santos Neto (2013)

Devido o demorado tempo de produção do enchimento em laboratório, o que ocasionou em limitada quantidade de enchimento alternativo produzido, foi optado por preencher 19mm dos 70mm que haviam para ser preenchidos no interior do painel. Entretanto, foi possível realizar a análise e confrontá-la com os resultados de Perda de Transmissão Sonora dos demais painéis.

2.1 Produção do enchimento alternativo para *drywall*

O fluxograma da figura 2 traz as etapas resumidas para produção do novo material pesquisado.

Figura 2 - Fluxograma das etapas produtivas do enchimento para drywall



Fonte: Autoria própria (2014)

1. **Moagem:** nesta etapa, foi utilizado um moinho de martelos para diminuir a espessura e tamanho das fibras residuais da cana-de-açúcar. O comprimento de 90% da amostra de fibras encontra-se entre 7 e 17 mm, e espessura entre 0,05 e 0,25 mm.
2. **Lavagem e filtragem:** após moagem, a fibra passou pelo processo de lavagem em água corrente e contínua com intuito de retirar impurezas que veem junto da fábrica. A mesma fibra passou pelo processo de filtragem manual em peneira 2,5mm, com intuito de retirar o excesso de água.
3. **Processo de mistura:** nesta etapa ocorre a homogeneização da fibra residual de cana-de-açúcar com a vermiculita e todos os aditivos utilizados para aglutinação da massa e produção da placa. A vermiculita utilizada possui granulometria entre 0,6 e 2,4 mm e os aditivos utilizados estão descritos na Tabela 1.
4. **Moldagem:** a moldagem da massa preparada na etapa de mistura foi realizada manualmente utilizando um molde de metal com dimensões de 223 x 220,5 x 30mm.
5. **Prensagem:** em sequencia, ainda no interior do molde, a massa foi submetida a prensagem por meio de prensa manual, onde o molde permanecia por 30 minutos sobre pressão, com intuito de fornecer característica de resistência ao enchimento.
6. **Secagem:** a última etapa de produção, a secagem, ocorreu em estufa ventilada com temperatura entre 40 e 50°C por 48 horas, atingindo umidade de 8% (b.s.).

O enchimento alternativo é formado por fibra residual de cana-de-açúcar e aditivos. Para confecção do material pesquisado, alguns protótipos foram produzidos com o objetivo de testar proporções de matéria-prima e aditivos que originassem em uma massa e enchimento com características esperadas, tais como formação de massa consistente, massa fácil de ser trabalhada,

enchimento que não desfibra-se com o contato e que não se desfizesse ao ser transportada. A Tabela 1 traz as proporções que foram avaliadas até se chegar a mais adequada. Os valores foram definidos com base na massa total fibra utilizada em cada protótipo produzido. Na medida em que eram identificados aspectos indesejáveis, novas proporções eram propostas e produzidas.

Tabela 1: Proporções, com relação a massa de fibra, de matéria-prima e aditivos testados para produção do enchimento alternativo

Matéria-prima / Proporção (%)	PMP¹ 1	PMP 2	PMP 3	PMP 4	PMP 5	PMP 6
Fibra residual de cana-de-açúcar	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Vermiculita expandida granular 1,2 mm	0,84	1,00	0,23	0,67	0,47	0,30
Trigo	0,42	0,28	0,17	0,12	0,10	0,09
Água	0,20	0,23	0,14	0,18	0,09	0,08
Resina uréia-formol	0,28	0,29	0,18	0,23	0,17	0,15
Catalisador	0,06	0,06	0,04	0,05	0,02	0,02

Fonte: Autoria própria (2014)

Dos materiais utilizados, a vermiculita foi utilizada na forma expandida. No processo de produção da vermiculita expandida, em temperaturas próximas a 900°C, seu volume pode aumentar de 10 até 30 vezes, (SZNELWAR e SCALABRIN, 2009). Devido tal característica, optou-se por utilizar a vermiculita na sua forma expandida nesta pesquisa. O propósito principal é que a baixa densidade da vermiculita e sua característica granulométrica possam produzir um enchimento mais poroso e menos denso, beneficiando a atenuação de ruídos.

A melhor proporção foi selecionada para produção e confecção do painel composto e posterior caracterização. Para análise do material, foi realizado o ensaio para determinação da Perda de Transmissão Sonora (*Transmission Loss* - TL).

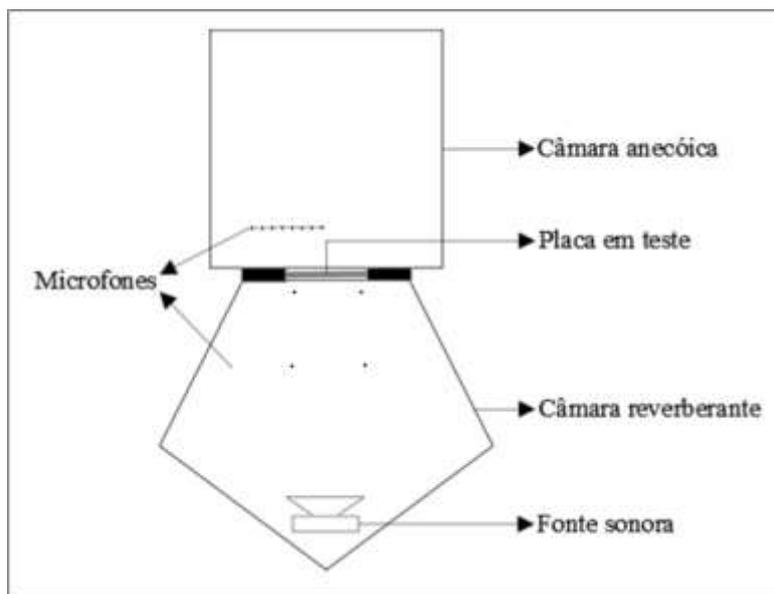
2.2 Ensaio de Perda de Transmissão Sonora

A eficiência acústica dos painéis, e, conseqüentemente do enchimento alternativo se deu a partir da Perda de Transmissão Sonora. Os ensaios referentes a esta etapa do estudo foram realizados no Laboratório de Vibroacústica do Departamento de Mecânica Computadorizada da UNICAMP (Universidade Estadual de Campinas). Para verificar a Perda de Transmissão Sonora dos painéis desenvolvidos, os mesmos foram fixados em uma janela que divide duas câmaras acústicas. Uma reverberante e a outra anecóica. No interior da câmara reverberante foi verificada a Potência Sonora Emitente após emissão da fonte. Em seqüência, foi aferido a Potência Sonora Transmitida na câmara anecóica. Um esquema do processo de medição está ilustrado na Figura 3, a

¹ Proporção de Matéria-prima

qual indica o local onde foi emitido o ruído e os pontos onde o mesmo será medido. As câmaras possuem volume de 34m³ na reverberante e 24,3m³ na câmara anecóica.

Figura 3 – Esquema de medição

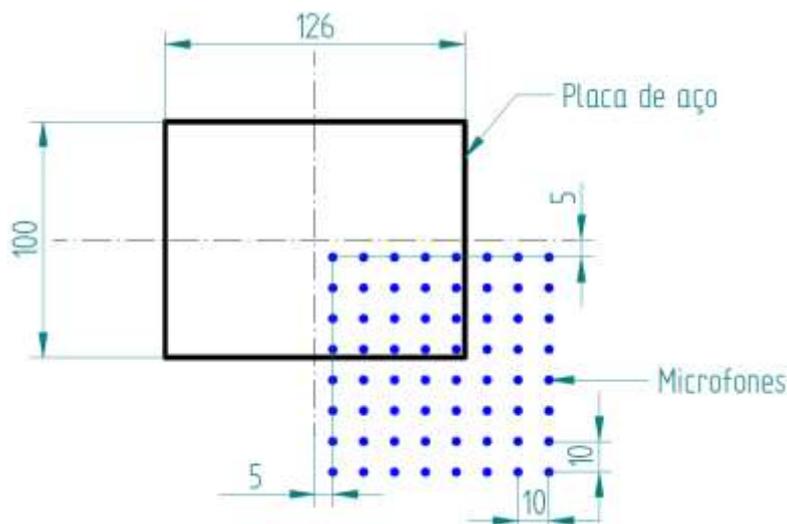


Fonte: adaptado de SIVIERO (2011)

Um sistema de alto-falantes, posicionado no interior da câmara reverberante, foi utilizado como fonte sonora. O mesmo foi conectado a um amplificador que recebia o sinal de um divisor de frequências passivo, que por sua vez estava conectado a uma fonte de ruído branco.

Para se estimar a Potência Sonora Transmitida, ocorreram medições em 4 pontos nas proximidades do painel, dentro da câmara reverberante. Como o painel em teste apresenta dupla simetria, apenas ¼ da área desta foi varrida pelos microfones, e então calculada proporcionalmente a Perda de Transmissão Sonora. Cada bateria de teste foi realizado em triplicata e os pontos de medição estão ilustrados na figura 4, com todas as medidas expressas em centímetros.

Figura 4 – Pontos de medição da pressão sonora na câmara anecóica (em cm).

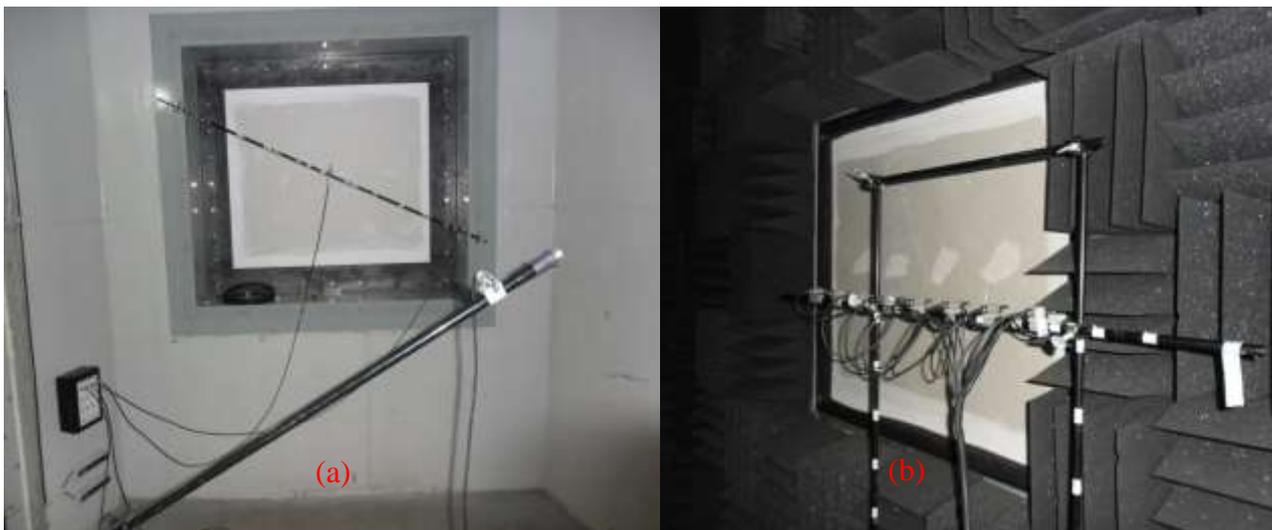


Fonte: adaptado de SIVIERO (2011)

A distância entre os microfones na base criada localizada no interior da câmara anecóica foi de 0,10m. A distância entre os microfones e o painel durante a medição foi de 0,5m. Esta distância é para garantir que a medição da Potência Sonora não ocorra no campo próximo do painel, região do campo acústico onde a Potência Sonora oscila muito com um pequeno deslocamento do ponto de medição.

Neste processo de medição foram utilizados oito microfones de eletreto modelos “TMS130A10” acoplados a pré-amplificadores padrão ICP modelo “130P10”, calibrados no local de medição, pois como a fiação entre a câmara anecóica e o laboratório, onde estava localizado o equipamento de aquisição, era muito longa, se a calibração se procedesse nas proximidades do equipamento de medição a resistência extra do longo cabo entre sensor e medidor iria gerar pressões abaixo da real. A figura 5 traz a imagem das duas câmaras após posicionamento dos painéis e equipamentos:

Figura 5 – Vista do painel fixado para início das medições, (a) representa a câmara reverberante e (b) a câmara anecóica



Fonte: Santos Neto (2013)

As medições foram realizadas em banda de 1/3 de oitava, para cada um dos três painéis desenvolvidos. Os resultados permitem confrontar os três tipos diferentes de enchimento. Os cálculos de Perda de Transmissão Sonora (TL) foram realizados no software MATLAB[®], baseado na equação (01).

$$TL = 10 \log (W_i/W_t) \quad (01)$$

Onde:

- TL: Perda de Transmissão Sonora
- W_i : Potência sonora incidente
- W_t : Potência sonora transmitida

Segundo Viveiros, Gibbs e Gerges (2002), o isolamento acústico de elementos de construção sólida é geralmente apresentado em termos de Perda de Transmissão Sonora (*Transmission Loss* - TL), também chamado de índice de redução do som (IR). Diferente da absorção sonora da parede, cujo parâmetro característico é o coeficiente de absorção sonora (α), o parâmetro que normalmente se utiliza para caracterizar a isolação sonora de uma parede é a de perda na transmissão sonora (TL). Usa-se a escala logarítmica para tornar os gráficos harmônicos e adequados para posteriores análises, essa escala torna as tendências mais claras.

3. Resultados

Conforme já comentado, foram desenvolvidas algumas formulações para produção do enchimento alternativo até encontrar a que formasse massa consistente, massa fácil de ser trabalhada, enchimento que não desfibra-se com o contato e que não se desfizesse ao ser transportada. Cada protótipo confeccionado foi analisado conforme as características esperadas. O quadro 1 traz os motivos pelos quais não foram utilizadas como padrão as proporções PMP 1, 2, 3, 4 e 5.

Quadro 1: Proporções de matéria-prima e aditivos testados

Proporção	Motivos
PMP 1	Nesta formulação, a cola aglutinante se mostrou com uma viscosidade muito alta. A mistura da massa obteve aspecto seco, e no momento de se retirar da fôrma a placa se desfez.
PMP 2	Na segunda formulação, a cola obteve aspecto menos viscoso, entretanto, foi utilizado uma proporção muito alta de vermiculita, o que fez com que se produzisse uma placa ainda muito seca e que se desmanchava após retirar da fôrma.
PMP 3	Na formulação PMP 3, foi possível retirar a placa matriz da forma após prensagem e possuía uma consistência rígida que não se desfazia facilmente. Entretanto, buscou-se ainda utilizar uma quantidade maior de vermiculita com intuito de acrescentar maior porosidade a placa.
PMP 4 e PMP 5	Ambas proporções apresentaram um aumento no volume e na porosidade da placa, porém, a grande quantidade de vermiculita produzia massa seca, difícil de modelar e de se retirar da fôrma. Além de que para retirar da forma necessitava de muita precisão para que não ocorresse o rompimento do experimento.
PPM 6 (escolhida para a produção do enchimento)	Essa proporção formou massa consistente e de fácil aplicação no molde. Após prensagem a mesma não se desfazia ao ser retirada do molde, e, foi a placa que apresentou melhor equilíbrio entre porosidade e rigidez, devido ao fato de não se desfazer com facilidade após finalizada.

Fonte: Santos Neto (2013)

Portanto, a proporção utilizada para produção do enchimento alternativo a partir de fibra residual de cana de açúcar, conforme apresentado na tabela 1, é a “PMP 6”. A imagem da figura 6 demonstra o aspecto do enchimento após término da produção de uma unidade.

Figura 6 – Enchimento alternativo para *drywall* produzido a partir de fibra residual de cana-de-açúcar



Fonte: Santos Neto (2013.)

Com relação ao desempenho acústico, a partir dos ensaios realizados em laboratório, pode-se tratar e analisar os dados referentes à Perda de Transmissão Sonora para cada um dos painéis produzidos. Os dados foram determinados em frequência em banda de 1/3 de oitava, e podem ser observados na tabela 2:

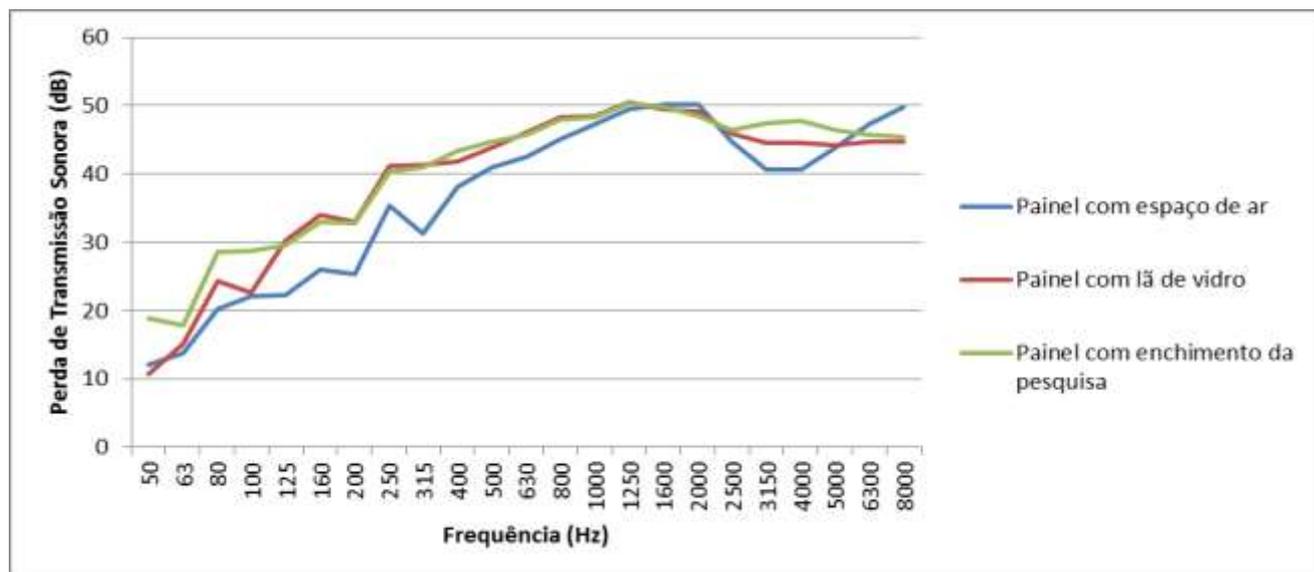
Tabela 2 - Valores de Perda de Transmissão Sonora nos painéis com enchimento de ar, lã de vidro e placa matriz

Frequência	Painel com espaço de ar (dB)	Painel com lã de vidro (dB)	Painel com enchimento da pesquisa (dB)
50	12	10,74	18,78
63	13,77	15,11	17,89
80	20,19	24,28	28,59
100	22,14	22,6	28,66
125	22,18	30,34	29,52
160	25,93	33,95	32,92
200	25,34	32,94	32,82
250	35,38	41,09	40,27
315	31,29	41,32	40,96
400	38,08	41,75	43,43
500	40,95	43,81	44,75
630	42,54	46,08	45,69
800	45,03	48,21	47,94
1000	47,3	48,39	48,34
1250	49,45	50,57	50,38
1600	50,22	49,4	49,78
2000	50,15	49,16	48,48
2500	44,73	45,9	46,36
3150	40,7	44,49	47,51
4000	40,69	44,6	47,86
5000	43,81	44,27	46,38
6300	47,3	44,65	45,68
8000	49,78	44,65	45,4

Fonte: Santos Neto (2013)

Os dados da tabela 2 foram convertidos na figura 7, onde se pode comparar a Perda de Transmissão Sonora nos três casos ensaiados.

Figura 7 – Perda de transmissão sonora dos painéis ensaiados



Fonte: Autoria própria (2014)

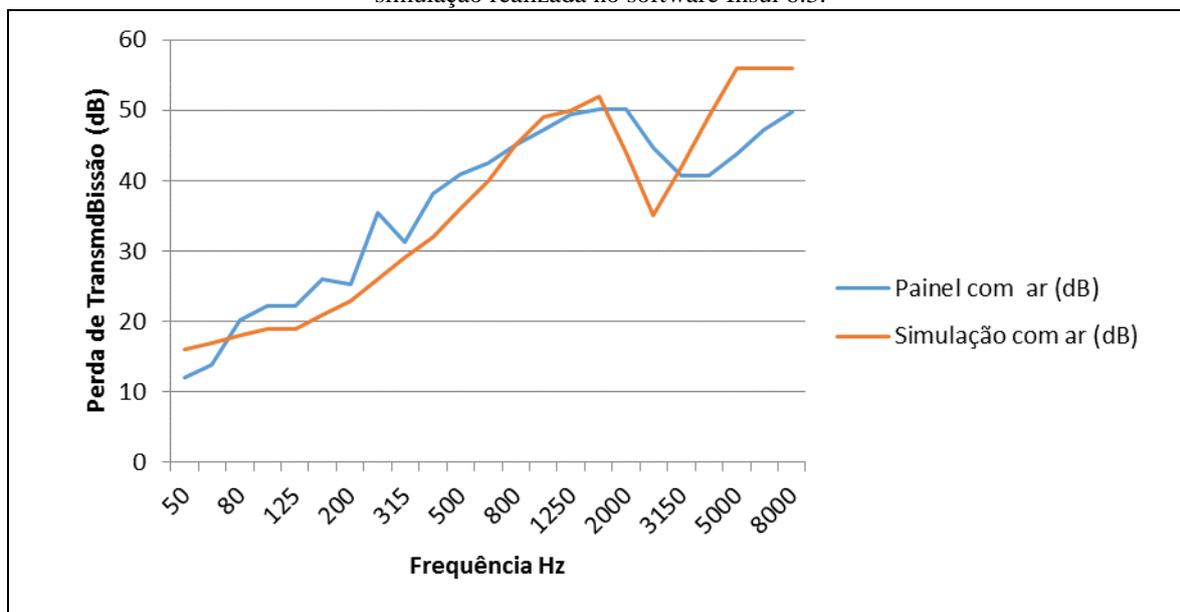
Observa-se que o painel preenchido com lã de vidro e o painel com a placa matriz obtiveram um comportamento bastante semelhante. Os dois painéis alcançaram valores de perda de transmissão sonora máxima próximo aos 50 dB. A diferença encontrada situa-se nos valores nas baixas frequências nos quais o painel com enchimento de placa matriz se sobressaiu. Com relação ao painel preenchido com ar, também possuiu um comportamento bastante parecido com os outros dois, entretanto, com valores de perda de transmissão sonora menor.

Com intuito de verificar se os resultados encontrados nas medições das câmaras encontram-se dentro do esperado, foram realizadas simulações no software INSUL 6.3 da empresa Marshall Day Acoustics Ltda, criando no software um cenário semelhante ao realizado em ensaio.

O INSUL é um programa utilizado para prever o isolamento acústico de paredes, pisos, tetos e janelas. O programa realiza estimativas da perda de transmissão (TL) em 1/3 de oitava, a partir dos cenários disponibilizados no programa.

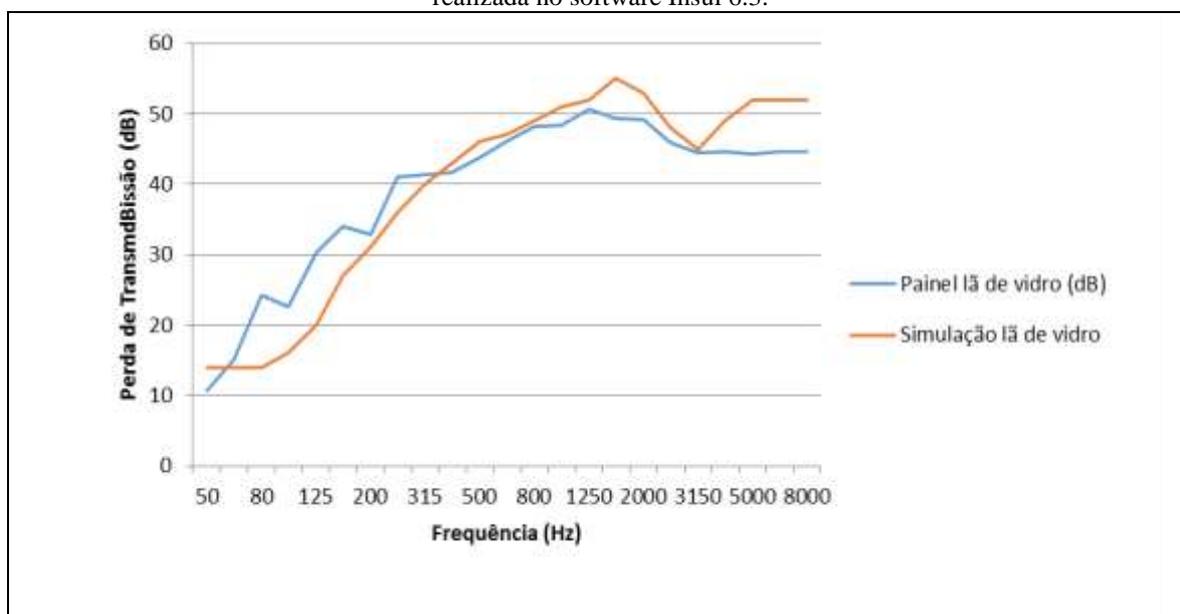
A figura 8 e 9 trazem a comparação entre o TL encontrado a partir do ensaio realizado em laboratório e o TL encontrado na execução do software INSUL, após alimentação dos dados de entrada, tanto para o painel com enchimento de ar, quanto para o com enchimento de lã de vidro que são os materiais presentes no banco de dados do software.

Figura 8: Comparação da TL entre painel composto de drywall com enchimento de ar testado em laboratório e simulação realizada no software Insul 6.3.



Fonte: Autoria própria (2014)

Figura 9: Comparação da TL entre painel composto com lã de vidro testado em laboratório e simulação realizada no software Insul 6.3.



Fonte: Autoria própria (2014)

É possível notar que as curvas do TL tanto no painel ensaiado, quanto na situação simulada, indicam as mesmas tendências. Possuindo poucos pontos em que encontram divergências.

Quando observado os ensaio realizado nas câmaras, estas divergências podem ser justificadas por alguns fatores, como desvio do equipamento, vazamento da câmara e ruído no ambiente externo.

4. Conclusão

Analisando os resultados gerados, pode-se observar que o painel preenchido com lã de vidro e o painel com o enchimento pesquisado obtiveram um comportamento bastante semelhante. Os dois painéis alcançaram valores de Perda de Transmissão Sonora máxima próximo aos 50 dB. A diferença encontrada situa-se nesses valores, mas para baixas frequências nos quais o painel com enchimento alternativo se sobressaiu. Com relação ao painel preenchido com ar, também possuiu um comportamento bastante parecido com os demais, entretanto, com valores de Perda de Transmissão Sonora menor.

Após realização da pesquisa, pode-se concluir por fim, que é possível o desenvolvimento do enchimento para drywall utilizando fibra residual de cana-de-açúcar, possibilitando a produção de um novo produto inovativo a partir de uma matéria prima sustentável e fornecendo às indústrias sucroalcooleiras uma nova alternativa de destinação final do principal resíduo sólido gerado no processo, o “bagaço” de cana de açúcar.

Referências

- ALBA, J., RAMIS, J., LORENZANA, M. T., REY, R. Propuesta de modelo empírico para materiales absorbentes acústicos. **Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería**. Vol. 24, 2, 147-162, 2008.
- CARDOSO, A. P.; OLIVEIRA, M. J. R.; SILVA, Á. M.; Á., A. P.; PEREIRA, A. S. Efeito da exposição prolongada a ruído ocupacional na função respiratória de trabalhadores da indústria têxtil. **Revista Portuguesa de Pneumologia**, vol. 12, nº 1, p. 45 – 59, Jan. e Fev. 2006.
- CARVALHO, R. P. **Acústica Arquitetônica**. Ed. Thesaurus, Brasília-DF, 2006.
- CATAI, R. E.; PENTEADO A. P.; DALBELLO P. F. **Materiais, técnicas e processos para isolamento acústico**. 17º CBECIMat - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais. Foz do Iguaçu-PR (2010). Disponível em: <<http://www.metallum.com.br/17cbecimat/resumos/17cbecimat-214-003.pdf>> Acesso em 15 de jan. 2012.
- CAVANAUGH, W. J.; TOCCI, G. C.; WILKES, J. A. **Architectural Acoustics: Principles and Practice**. Hoboken: John Wiley and Sons, 2009
- FERREIRA, J. A. C.; ZANNIN, P. H. T. Determinação de coeficientes de isolamento acústico: medições in situ e simulação computacional. **Ambiente construído**, Porto Alegre-RS, v. 7, n. 2, p. 15-29, abr./jun., 2007
- LEITE, R. S.; PINTO, M. R. Inovação de produtos em pequenas indústrias de laticínios. **Revista GEINTEC**, São Cristóvão-SE, Vol. 4/n.2/ p.744-763, 2014.
- SANTOS NETO, J. B. S. S. **Desenvolvimento de enchimento para drywall a partir de fibra residual de cana-de-açúcar**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana), Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana, Universidade Estadual de Maringá – UEM, Maringá – PR, 2013.
- SILVA, L. C. S. **A utilização do drywall como método de redução de cargas e custos em estrutura de concreto armado**. Salvador: Ucsal, 2009. Artigo Científico (Graduação em

Engenharia Civil) Curso de Graduação em Engenharia Civil, Universidade Católica do Salvador 2009.

SIVIERO, D. A. **Controle acústico híbrido da perda de transmissão sonora.** Tese (doutorado em Engenharia Mecânica), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Campinas – SP, 2011.

VIVEIROS, E. B.; GIBBS, B.M.; GERGES, S. N. Y. Measurement of sound insulation of acoustic louvers by an impulse method. **Applied acoustic**, vol. 63, p. 1301 – 1313, 2002.

ZHOU, K. Z.; WU, F. Technological capability, strategic flexibility, and product innovation. **Strategic Management Journal**, v.31, p. 547-556, 2010.

Recebido: 07/07/2014

Aprovado: 29/11/2014