

Avaliação acústica das chapas de partículas produzidas com bagaço de cana-de-açúcar e folha caulinar de bambu.

Gisele J. Santos

Discente, Dep. Arquitetura, Urbanismo e Paisagismo - DAUP/FAAC, Universidade Estadual Paulista – Unesp (Bauru, São Paulo, Brasil)
archi.norway@gmail.com



Rosane A. G. Battistelle

Dra. Professora Assistente, Departamento de Engenharia Civil da Universidade Estadual Paulista - Unesp (Bauru, São Paulo, Brasil)
rosane@feb.unesp.br



Humberto S. A. Varum

Engenheiro Civil e Dr. Professor da Universidade de Aveiro (Aveiro, Portugal)
hvarum@ua.pt



Obede Borges Faria

Dr. Professora Assistente, Departamento de Engenharia Civil da Universidade Estadual Paulista - Unesp (Bauru, São Paulo, Brasil)
obede@feb.unesp.br



Palavras-chave - cana-de-açúcar; bambu; chapa de partícula; acústica

Keywords - sugarcane bagasse; bamboo; particleboards; acoustics

RESUMO

O escopo dessa pesquisa é aproveitar o bagaço da cana-de-açúcar proveniente do processo industrial de beneficiamento do açúcar e do álcool das usinas do estado de São Paulo-Brasil, cujo tema é a gestão de resíduos agroindustriais, utilizando-se desse resíduo em conjunto com as folhas caulinares do bambu na fabricação de chapas de partículas. Essas chapas podem ser empregadas em forros e revestimentos de paredes e móveis como alternativa à utilização da madeira, pois o bagaço tem em sua composição a celulose e a hemicelulose, que estão presentes em cerca de 70% da composição dos resíduos agrícolas, podendo assim, substituir a madeira em alguns casos, como por exemplo, nas chapas de aglomerado. Confeccionados em forma de blocos (ou tijolos) nos traços 100%, 75%, 50%, 40%, 25% e 0% de cana, estes tiveram seu desempenho acústico avaliado por meio do ensaio de condutividade acústica, que consiste em medir o isolamento sonoro que os blocos absorvem.

ABSTRACT

The scope of this research is centered in the reuse of the sugarcane bagasse produced from the industrial processing of sugar and ethanol from the mills in Sao Paulo state, Brazil. It is analyzed the use of this abundant industrial residue, mixed with bamboo leaves steam in the manufacturing of particleboards. These plates can be eventually used in ceilings and wall coverings, or in furniture, as an alternative to the use of wood. The sugarcane bagasse residue has in its composition cellulose and hemicelluloses. In fact, these components represent 70% of the agricultural residues composition. In many applications, the studied product may be able to replace the wood, for instance, in the particleboards. Acoustic conductivity tests were made in the prisms produced with 100%, 75%, 50%, 40%, 25% and 0% of sugar cane incorporation. The results, in terms of noise insulation are compared with reference values for other materials.

1. Introdução e objetivos

O mercado da madeira está direcionado principalmente para a indústria de marcenaria, responsável pela fabricação de móveis, e na carpintaria voltada para o mercado de estruturas na construção civil, inclusive estruturas de navio. Entretanto, à medida que a indústria madeireira se expande, cresce também a exploração indiscriminada das florestas, agravando ainda mais o problema ambiental em destaque na atualidade. Apesar de existirem diversas empresas que trabalham com madeira certificada provenientes de reflorestamento, a clandestinidade em união com a indiferença em relação ao problema em questão, ainda preocupa muito os ambientalistas de todo o mundo.

De acordo com órgãos ambientais como o Conservation International, o Greenpeace e a World Wildlife Fund - WWF Brasil, a exploração incansável e indiscriminada dos recursos naturais ultrapassa a 25% o limite de renovação da Terra, e o lançamento indiscriminado de seus poluentes na natureza, principalmente os dejetos industriais, ocorre muito além do que a natureza possa absorver. O problema é agravado quando se considera a queima e a derrubada das florestas, que contribui com cerca de 20% das emissões mundiais de gases de efeito estufa, índices elevados que superam os valores dos carros de todo o mundo, caminhões e aviões juntos. As florestas são verdadeiros reservatórios de carbono, impedindo que o excesso desses gases escape para a atmosfera. A destruição das florestas tropicais também favorecem a extinção de inúmeras espécies animais e vegetais, implicando no desequilíbrio natural do habitat.

Diante desse cenário, viu-se a necessidade de repensar conceitos e atitudes, e propor alternativas que reduzissem os desastrosos impactos já em curso. Inseridas no contexto das manifestações de defesa e respeito à natureza, surgem as pesquisas tecnológicas que propõem soluções econômicas e ecologicamente viáveis, como por exemplo, as que utilizam materiais reciclados, compostos de



Figura 1 - Casa ecológica com forro de chapas de OSB (aglomerado de sobras de madeira prensada).
Fonte: arquitetandonanet.blogspot.com

fibras vegetais e resíduos agroindustriais na fabricação de chapas de partículas em alternativa ao uso da madeira. Nesse campo, podem-se citar trabalhos importantes como o de Agopyan (1991), que utilizou fibras vegetais no reforço de materiais direcionados a construção civil, Silva (2006) que aplicou o bagaço da cana-de-açúcar na produção de painéis tipo OSB, e Wiedman (2002) cuja proposta de trabalho era pesquisar a aplicação das fibras de coco na fabricação de mobiliário e na composição de materiais de construção civil. Outras fibras bastante usadas em trabalhos como esses são o bambu, o sisal e a palha de arroz (Agopyan, 1991).

No contexto destes relevantes trabalhos, essa pesquisa tem como objetivo utilizar um dos resíduos agroindustriais de maior abundância, que é o bagaço de cana-de-açúcar, que vem sendo utilizada como fonte de energia nas próprias indústrias, com a queima em suas caldeiras ou em descartes *in natura* na natureza. Dessa forma, propõe-se de uma só vez duas ações ecologicamente corretas: reduzir a demanda e a exploração predatória da madeira, e propor uma solução para o problema de destinação dos dejetos industriais, evitando assim, o seu lançamento na natureza.

A proposta central desse trabalho é utilizar esse bagaço em conjunto com as folhas caulinares de bambu da espécie *Dendrocalamus giganteus* na fabricação de chapas de partículas nos traços pré-estipulados de 100%, 75%, 50%, 40%, 25% e 0% de cana, e posteriormente, avaliá-las quanto ao seu desempenho físico e mecânico, através dos ensaios normatizados, seguindo as recomendações citadas por Nolasco (1993). Neste artigo será considerado somente o ensaio de condutividade acústica, que trata da medição do nível de isolamento sonoro do material estudado, determinando assim sua viabilidade em forros e revestimentos, conforme ilustra as Figuras 1 e 2.



Figura 2 - Etapas da confecção dos blocos.

2. Metodologia

Consiste na produção dos blocos (ou tijolos) confeccionados com o bagaço da cana-de-açúcar e a folha caulinar de bambu, em proporções pré-estabelecidas, e sua posterior avaliação sonora através do ensaio de condutividade acústica (NOLASCO, 1993 e BATTISTELLE, 2002). Essas duas etapas estão descritas nas sub-subseções abaixo:

2.1. Fabricação dos blocos

Utilizando o bagaço da cana-de-açúcar cedido pela usina Paraíso Bioenergia, localizada no município de Brotas, interior do estado de São Paulo, Brasil, e a folha caulinar de bambu proveniente da Área Experimental Agrícola do Departamento de Engenharia



Figura 3 - Preparação dos blocos para o ensaio acústico.

Mecânica do campus da Universidade Estadual Paulista (Unesp) do município de Bauru, essa etapa consiste na coleta, seleção, preparação e mistura dos materiais selecionados e posterior confecção dos blocos, que foram produzidas com base na norma brasileira ABNT NBR 14810-3 e no trabalho de Nascimento (2003).

Primeiramente, os materiais foram selecionados e preparados para a produção das chapas. As folhas de bambu foram trituradas e peneiradas para eliminar o pó fino, que pode prejudicar a resistência da chapa ao exigir muita resina pára aglomerar as partículas. Quanto ao bagaço da cana-de-açúcar, coletado já moído na usina, foi secado em estufa por dois dias, pois se encontrava úmido devido ao processo industrial ao qual foi submetido. Após a secagem, o bagaço foi peneirado para padronização das partículas do compósito.

A seguir, o bagaço da cana-de-açúcar e as folhas caulinares de bambu foram pesados e separados em proporções pré-estipuladas de acordo com cada traço. Para cada tijolo, foi utilizado um total de 1620g de resíduo (cana e bambu) e 232,8g de adesivo, composto de 9,8g de água, 195,6g de resina uréia-formaldeído Cascomel (Cascamite PB-2346) e 2,9g de sulfato de amônia.

Em continuidade, passou-se para a etapa de mistura dos materiais. Os ingredientes e o adesivo foram misturados até alcançar uma consistência de gel e em seguida, foi adicionado aos demais materiais e colocados em uma bateadeira industrial (encoladeira de partículas) até obter uma mistura homogênea.

Com a mistura pronta, passa-se para a fase de moldagem dos blocos (Figura 2), com o auxílio de duas formas de madeira de dimensões aproximadas de 25 cm x 25 cm, com alturas variadas, posicionadas sobre uma forma de metal de mesmas dimensões e altura de 2,5 cm. No conjunto, foi colocada uma placa de madeira de dimensões similares para uma pré-compactação. Em seguida, o colchão de partículas foi desenformado mantendo somente a forma de metal, forrado com papel alumínio e levado a uma prensa hidráulica por um período de 30 minutos, à temperatura média de 130°C.

Após a prensagem, a chapa é desenformada e guardada até ser cortada em forma de bloco, nas dimensões adequadas para o ensaio acústico, gerando dois blocos cada, conforme ilustra a Figura 3.



Figura 4 - Materiais dispostos para o ensaio acústico: blocos, placa de isopor, campainha e (cigarra) e decibelímetro.

2.2. O ensaio

Realizado em uma sala livre de ruídos externos que pudessem interferir nos resultados, esse ensaio consiste em medir o isolamento acústico dos blocos confeccionados com bagaço de cana-de-açúcar e folhas caulinares de bambu, de forma análoga à metodologia aplicada por Battistelle (2002) e Nolasco (1993), utilizada em tijolos de adobe. Para essa pesquisa, foram utilizados quatro blocos de cada traço, uma placa de isopor com um feixe central, uma campainha com



Figura 5 - Sistema (caixa) aberto e fechado, respectivamente; realização do procedimento.

emissão sonora contínua de 5,0 W de potência (tipo cigarra) e um decibelímetro digital, que é um aparelho de medição da intensidade sonora (Figura 4).

Os quatro blocos foram posicionados de modo a formar uma caixa entre eles, com um espaçamento central reservado para a inserção da campainha,

cujo fio se passa por um feixe localizado no centro de uma placa de isopor, sobre a qual os blocos estão apoiados. Do lado externo dos blocos, foi colocado o decibelímetro, cujo microfone foi direcionado para a fonte sonora, posicionado a 40 cm de distância. As leituras foram expressas em decibéis (dB), e realizadas na faixa C.

As faixas ou curvas de compensação são filtros que simulam o comportamento do ouvido humano em diferentes situações, através de registros do nível de pressão sonora que chega ao ouvido. A Tabela 1 abaixo apresenta as cinco faixas de compensação existentes e suas respectivas características:

FAIXAS DE COMPENSAÇÃO	UNIDADE	CARACTERÍSTICAS E APLICAÇÕES
A	dB (A)	Medição de ruídos contínuos: é o mais usado pois apresenta respostas mais próximas do ouvido humano.
B	dB (B)	Medição de ruídos contínuos: atualmente não é utilizada pois possui pouca semelhança com o ouvido humano.
C	dB (C)	Medição de ruído de impacto.
D	dB (D)	Medição de ruídos contínuos de alta frequência e nível de pressão sonora alto, como os dos aeroportos.
Linear	dB (Lin) ou dB (L)	Medição de ruído de impacto ou quando não há utilização de nenhum filtro.

Tabela 1 - As diferentes faixas de compensação e suas características.

As faixas A e C são as mais utilizadas. Para esse ensaio, a faixa escolhida foi a C, pois é a ideal para estudos de ruído de impacto, como o causado pelo som da campainha.

As medições foram realizadas cinco vezes em cada face, para obtenção de maior precisão, com a caixa aberta (L1) e fechada (L2), com uma tampa de mesmo material sobre o espaçamento central (Figura 5).

3. Resultados

O nível de isolamento acústico (I) foi calculado em dB através da diferença de L1-L2, cada qual obtido através da média das cinco medições em L1 e L2 de cada face, como pode ser visualizado na Tabela 2 e no Gráfico 08 abaixo:

TRAÇO	FACE 1			FACE 2			FACE 3			FACE 4			MÉDIA I (dB)
	L1	L2	I (dB)										
T1	81,40	65,20	16,20	73,40	63,60	9,80	83,20	65,20	18,00	78,20	67,80	10,40	13,60
T2	75,40	68,60	6,80	75,60	66,60	9,00	76,40	67,00	9,40	77,80	67,80	10,00	8,80
T3	81,20	70,40	10,80	76,90	68,60	11,00	80,40	68,40	12,00	76,80	67,80	9,00	10,70
T4	76,80	65,00	11,80	77,60	68,20	9,40	77,60	67,80	9,80	80,00	66,20	13,80	11,20
T5	79,40	70,20	9,20	78,60	68,20	10,40	81,20	71,40	9,80	81,20	68,60	12,60	10,50
T6	80,00	72,20	7,80	81,20	72,00	9,20	80,40	69,00	11,40	82,20	73,80	8,40	9,20

Tabela 2 - Resultados do ensaio de condutividade acústica.

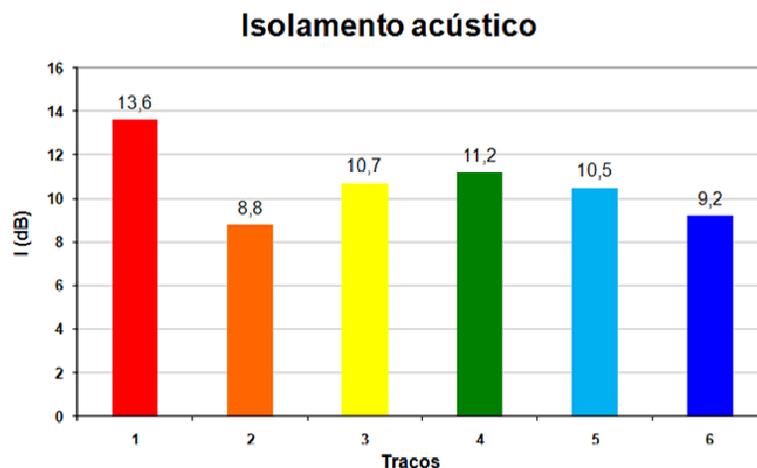


Gráfico 1 - Resultados do Ensaio acústico.

Os resultados apresentados na Tabela 2 e no Gráfico 1 anteriores demonstram que o maior isolamento encontrado foi no T1, com 13,6 dB, sendo que o menor índice se encontra no T1, com absorção de 8,8 dB.

4. Conclusões

Os fatores que influenciam diretamente no isolamento acústico dos blocos são a distância em que o decibelímetro se encontra da fonte sonora, a quantidade, o tipo e a densidade do material. Diante desses aspectos e de posse dos resultados adquiridos no ensaio de condutividade acústica, nota-se o valor de 13,6 dB para o T1, configurando o melhor traço em termos de isolamento acústico, sendo o T2 o menos isolante, com 8,8 dB.

A ausência de parafina na fabricação dos blocos – esse material geralmente entra na composição das chapas de partículas estudadas – também pode ser considerado um fator de influência nos resultados, pois no traço constituído de 100% de cana, o T1, houve uma maior porosidade em relação aos demais traços.

A norma brasileira NBR 14810-3 não determina um indicativo de normalização para este ensaio. Portanto, para efeitos de comparação, adotou-se a Tabela 3, com o comparativo entre os diferentes sistemas de alvenaria convencional e os blocos feitos com bagaço de cana e folha de bambu, conforme apresentados a seguir:

TIPO DE TIJOLO/ BLOCO OU SISTEMA	ESPESSURA TOTAL (MM)	ISOLAMENTO ACÚSTICO (dB)
Parede de tijolo maciço	450	55
Parede de 1 tijolo	230	50
Parede de meio tijolo rebocado	120	45
Parede de concreto	80	40
Parede de tijolo vazado rebocado	60	35
Bloco T1 (100% cana + 0% bambu)	125 (posição deitada)	13,60
Bloco T2 (75% cana + 25% bambu)	125 (posição deitada)	8,80
Bloco T3 (50% cana + 50% bambu)	125 (posição deitada)	10,70
Bloco T4 (40% cana + 60% bambu)	125 (posição deitada)	11,20
Bloco T5 (25% cana + 75% bambu)	125 (posição deitada)	10,50
Bloco T6 (0% cana + 100% bambu)	125 (posição deitada)	9,20

Tabela 3 - Atenuação do som através de superfícies: comparativo do desempenho acústico dos diferentes sistemas. Fonte: R. Bassani Tecnologia e Construção (site institucional).

Através da Tabela 3, nota-se que os índices dos blocos feitos com bagaço de cana e folha de bambu apresentaram resultados inferiores ao dos outros sistemas construtivos compostos por tijolo maciço ou vazado (tipo “baiano”). Porém, a tabela “alvenaria x blocos de fibras naturais” apresentados são apenas para efeito de comparação, e tal discrepância se justifica pelo fato de os sistemas analisados serem compostos por tijolo e argamassa, cuja densidade é maior, comparados aos blocos deste trabalho, constituídos de fibras naturais prensadas.

Esse índice pode ser aumentado com o tratamento adequado, porém não alcançaria o mesmo valor de isolamento apresentado por um sistema de alvenaria, sendo indicado, portanto, para uso em divisórias de escritório ou mesmo na composição de painéis dry-wall, somados a lâ de rocha ou vidro, formando assim, um sistema eficiente.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio, entre muitos, do Prof. Dr. Ivaldo de Domenico Valarelli, e ao auxílio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP (processo de Iniciação Científica, número 09/52331-5)

Referências Bibliográficas

- Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. NBR 14810-2 - “Chapas de madeira aglomerada. Parte 2: Requisitos”. Rio de Janeiro, 2002.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. NBR 14810-3 - “Chapas de madeira aglomerada. Parte 3: métodos de ensaio”. Rio de Janeiro, 4 p. 2002.
- Agopyan, V. “Materiais Reforçados Com Fibras Para a Construção Civil nos Países em Desenvolvimento: O Uso de Fibras Vegetais”. Tese (Livre Docência) - Universidade de São Paulo - USP, 1991.
- Battistelle, R. A. G. “Análise da viabilidade técnica da indústria de celulose e papel em tijolos de adobe”. São Carlos. Tese de Doutorado - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 176p. 2002.
- Beltrame, A. L. “Desenvolvimento de software para seleção de equipamentos de proteção auditiva”. Dissertação de mestrado em Engenharia pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2010.
- Fernandes, J. C.; Queiroz, J. L. “Poluição sonora: possíveis soluções”. III Encontro de Sustentabilidade em Projeto do Vale do Itajaí.
- Nascimento, M. F. “CPH - Chapas de Partículas Homogêneas - Madeiras do Nordeste do Brasil”. Dissertação (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 143 p, 2003.
- Nolasco, A. M. “Utilização de resíduos da indústria de papel na produção de materiais para a construção civil”. Dissertação de Mestrado - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos. 164p, 1993.
- Sampathrajan, A.; Vijayaraghavan, N. C.; Swaminathan, K. R. "Acoustic aspects of farm residue-based particle boards". Bioresource Technology, Volume 35, Issue 1, 1991, Pages 67-71.
- Silva, A. J. P. “Aplicação de Partículas Longas e Orientadas de Bagaço de Cana-de-Açúcar na Produção de Painel Particulado Similar ao OSB”. Tese de Doutorado em Interunidades Ciência e Engenharia de Materiais. Universidade de São Paulo - USP, 2006.
- Souza, H. M. M. R. “Análise experimental dos níveis de ruído produzido por peça-de-mão de alta-rotação em consultório odontológico: possibilidade de humanização do posto de trabalho do cirurgião dentista”. Tese de doutorado em Ciências na Área de Saúde Pública na Escola Nacional de Saúde Pública da Fundação Oswaldo Cruz. Rio de Janeiro, 1998.
- Wiedman, G. A. “Fibra de Coco e Resinas de Origem Vegetal para Produção de Componentes de Mobiliário e da Construção Civil”, Tese de Doutorado em Arquitetura e Urbanismo. Universidade de São Paulo - USP, 2002.

Infografia

- [1] <http://www.conservation.org>
- [2] <http://www.greenpeace.org/international/en/>
- [3] <http://www.wwf.org.br>
- [4] <http://pt.wikipedia.org/wiki/Madeira>
- [5] <http://www.bassani.com.br/Comparativo-Sistemas-Construcao-Seco-Alvenaria.aspx>
- [6] <http://www.scribd.com/doc/28625230/Manual-de-Acustica-Em-Estudios>