



7 e 8 Novembro 2012

DESENVOLVIMENTO DE PAINEL SANDUÍCHE DE BAMBU E ABRIGO DESMONTÁVEL PARA EMERGÊNCIAS EM DESASTRES AMBIENTAIS

Andréa Cito Marinho¹

Khosrow Ghavami²

RESUMO

Este artigo apresenta uma solução sustentável para atender às famílias afetadas em desastres ambientais, imediatamente. Para viabilizar o provimento de abrigo num curto espaço de tempo foi desenvolvido um painel do tipo sanduíche, composto por núcleo formado por alvéolos de bambu dispostos em forma de colméia, numa nova concepção de uso do bambu e, por placas de material reciclado, colados com adesivo à base de óleo de mamona. O comportamento mecânico do painel sanduíche de bambu desenvolvido foi analisado para aplicação na construção civil. Com o objetivo de solucionar emergências habitacionais rapidamente buscou-se desenvolver um material ecológico, sustentável, composto por resíduos e materiais naturais, economicamente mais acessíveis e que fosse ao mesmo tempo, suficientemente resistente para substituir materiais convencionais. O resultado deste estudo é um abrigo modular, em que o módulo proposto é o núcleo de uma habitação que poderá ser expandida e se tornar definitiva. O abrigo também é desmontável podendo ser recolhido e transportado para outros lugares onde haja necessidade.

Palavras-chave: Abrigos emergenciais. Painel-sanduíche. Bambu. Sustentabilidade.

¹ Mestranda, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro-PUC-RJ/Universidade de Braunschweig, Alemanha, Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana e Ambiental, Departamento de Engenharia Civil, msc.andreacito@gmail.com

² Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro PUC-Rio, Departamento de Engenharia Civil, ghavami@puc-rio.br

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos o mundo tem sido palco de desastres ambientais de grandes proporções causados por inundações, tsunamis, terremotos, deslizamentos de terra, erupções vulcânicas, entre outros. Na região serrana do Rio de Janeiro, uma enxurrada deixou um rastro de 918 mortos e 30 mil desabrigados, em janeiro de 2011. No Brasil e pelo mundo afora, milhares de pessoas se tornam desabrigadas da noite para o dia. Governos e Entidades Humanitárias providenciam e fornecem abrigos provisórios que por muitas vezes acabam se tornando definitivos. O processo de reconstrução muitas vezes é lento, principalmente em países pobres, e freqüentemente as tendas improvisadas se tornam moradias por longos períodos.

Os desastres naturais são agravados, em parte, pelo excesso de uso de materiais industrializados, como aço, alumínio, cimento e outros, que muito contribuem para aumentar a mudança climática em nosso planeta.

Este estudo introduz um novo conceito, explorando o potencial do bambu, como um material aceito mundialmente e amplamente utilizado, conjugado a painéis reciclados, para propor um abrigo desmontável, de baixo custo e fácil de montar, que é ao mesmo tempo uma habitação eficiente e durável.

Como produtos finais desse trabalho são apresentados: um painel sanduíche composto por bambu, resina de óleo mamona e placas recicladas e, uma proposta de abrigo emergencial para ser utilizado como núcleo de habitação, podendo ser desmontado ou expandido, de acordo com as necessidades das famílias.

O abrigo foi desenvolvido empregando tecnologia de construção modular cujo módulo básico, ou núcleo, poderá se tornar parte de uma moradia definitiva. O abrigo é pré-fabricado para atender às demandas urgentes e solucionar imediatamente a situação de moradia. Buscou-se utilizar materiais sustentáveis, com baixo consumo de energia, para desenvolver um abrigo fácil de transportar, leve, fácil de montar, e de baixo custo.

A resposta rápida de fornecimento de abrigo contribui para que as pessoas atingidas fiquem disponíveis para trabalhar, voltando logo às suas atividades, podendo inclusive colaborar como mão-de-obra no trabalho de reconstrução das áreas atingidas.

O painel sanduíche de bambu desenvolvido é uma nova tecnologia que poderá ser utilizada de inúmeras formas na construção civil, e desencadear um impacto positivo em grande escala.

2. DESENVOLVIMENTO DOS PAINÉIS SANDUÍCHE ALVEOLARES DE BAMBU

Várias iniciativas de formar painel de múltiplas camadas foram tentadas utilizando-se o bambu, sempre no seu sentido longitudinal, inteiro ou laminado. Porém, como o bambu é um material orgânico, a ausência de padronização de seu diâmetro, bem como a falta de uniformidade na região dos nós são fatores limitantes para sua utilização. A superfície irregular do bambu impossibilita a uniformização da espessura dos painéis.

Para solucionar esse problema e se obter uma espessura padrão, que pode ser mais robusta ou mais delicada, de acordo com a finalidade do painel, foi utilizado o bambu na seção transversal.

O conceito desta pesquisa está no desenvolvimento de painéis sanduíche para substituir as paredes convencionais e solucionar o problema do tempo de montagem do abrigo emergencial. O painel sanduíche de bambu foi desenvolvido a partir de materiais reciclados e sustentáveis, considerando-se aspectos importantes para o desenvolvimento dos abrigos emergenciais como: baixo custo do material, construção seca, recursos renováveis, rapidez na montagem e a quantidade reduzida de energia para a produção dos materiais e dos painéis. Desta forma, criou-se o painel sanduíche com núcleo alveolar de bambu unido às faces de resíduos de tetrapak por meio de adesivo natural extraído do óleo de mamona.

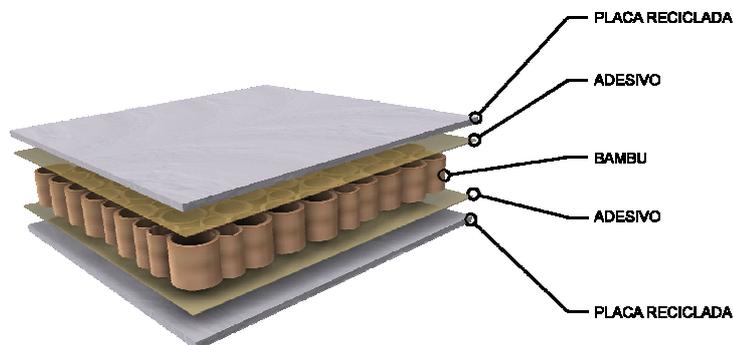


Figura 1- Painel Sanduíche de Bambu

2.1. Estudo Experimental

Foram adotadas as especificações técnicas da norma ASTM C364-99 para os ensaios de compressão que orienta quanto às dimensões dos corpos-de-prova, a temperatura, velocidade de aplicação da carga e aos procedimentos de ensaio.

2.1.1. Ensaio do Painel Sanduíche de Bambu

Foram realizados ensaios de compressão por carregamento, onde a deformação do corpo-de-prova na direção longitudinal à força aplicada foi medida com auxílio do travessão da máquina no material, como mostra a Figura 2, para se conhecer as propriedades do painel sanduíche de bambu.



Figura 2-Ensaio de compressão do painel sanduíche de bambu

Os corpos-de-prova foram preparados a temperatura ambiente (aproximadamente 28° C e 70% de umidade relativa do ar) assim como a cura do adesivo, por mais de 20 dias. No dia dos ensaios os corpos-de-prova foram colocados na máquina INSTRON serial N1194, com limite superior da faixa nominal da escala 1000 Kgf (9807 daN) equipada com células de carga marca INSTRON números 070 e 194, no Laboratório do Instituto Tecnológico (ITUC), da PUC-RJ, à velocidade constante de 1,0 mm/min. e temperatura de 23° C.

Os testes foram encerrados quando houve redução da carga por falhas ocorridas no material. Somente o CP nº 6 foi testado até a ocorrência da ruptura da placa e sua aderência ao núcleo por falha do adesivo, e também a ruptura de duas células do núcleo (bambu).

2.2. Análise dos Resultados

Como não há material semelhante nem normas específicas, foram tomadas como base neste estudo para análise e comparação, as normas referentes aos materiais de construção com as mesmas funções do painel sanduíche de bambu desenvolvido, como: paredes divisórias, alvenaria de vedação e alvenaria estrutural.

A resistência média à compressão, ou tensão de ruptura, dos painéis com a força aplicada no sentido paralelo às placas, ou seja, perpendicular aos furos do bambu foi de 2,04 MPa e o Módulo de Elasticidade médio foi 1137,59 MPa. Como apontam Iwakiri (1989) apud Miskalo (2009), o módulo de elasticidade é o parâmetro que indica a rigidez do material, enquanto a tensão de ruptura é a propriedade que determina a utilização dos painéis para uso estrutural.

Os resultados obtidos comparados à alvenaria de vedação e paredes divisórias foram satisfatórios. Comparando-se os resultados com a norma NBR 15270-1: 2005 - Parte 1 - Resistência à Compressão para Blocos e Alvenaria de Vedação, que especifica o valor mínimo de $\geq 1,5$ MPa como mostra a Figura 3, o painel sanduíche de bambu atende à norma quanto ao uso para vedação. Porém se comparados às exigências mínimas para alvenaria estrutural esses resultados não atendem ao mínimo exigido pelas normas.

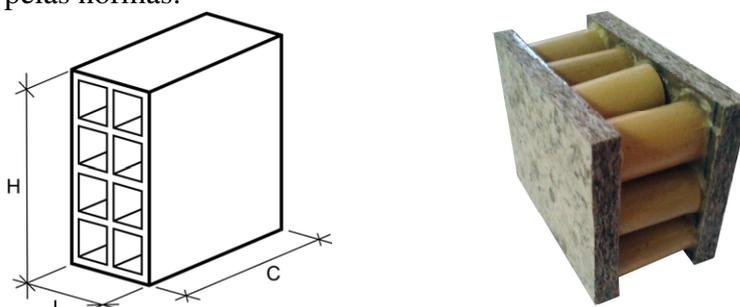


Figura 3 - A) bloco com furo na horizontal (fonte: NBR 15270-1 de 2005); B) painel sanduíche de bambu

Na preparação dos ensaios não foi possível atender à norma quanto aos suportes laterais adjacentes às faces do sanduíche para prevenir a flambagem prematura das placas. Acredita-se que com esse suporte a resistência do material seria maior. Para utilização do painel sanduíche de bambu como substituição de alvenaria estrutural seria necessário realizar ensaios com o painel montado, de acordo com o projeto com os montantes colocados nos fechamentos laterais. A espessura do painel também poderia ser aumentada para se obter maiores valores de resistência.

2.2.1. Comparação do núcleo de bambu com outros materiais

Um estudo comparativo entre as densidades e os módulos de elasticidade de materiais poliméricos (a), colméias (b) e corrugados (c), convencionalmente utilizados como núcleos de painéis sanduíche e a forma de suas estruturas, Figura 4 e Tabela 1 criadas por Allen (1969), citadas por Gagliardo e Mascia (2010) compararam as propriedades de núcleos de painéis sanduíche. Estes dados foram utilizados para comparação com as propriedades do núcleo de bambu do tipo *phyllostachys áurea* e estrutura de colméia proposto neste estudo.

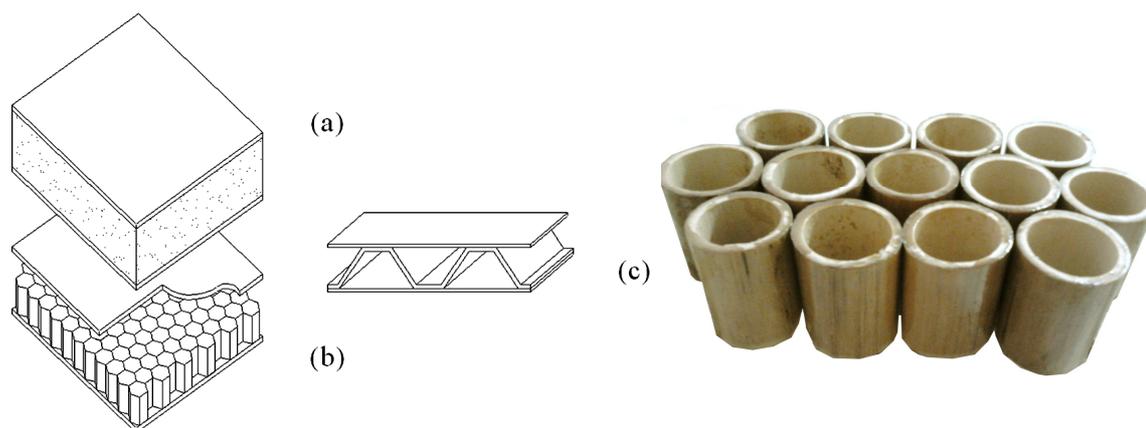


Figura 4 - A) Painéis sanduíche com recheio a) polimérico, b) colméia e c) corrugado e B) Colméia de bambu para recheio de painel sanduíche

Tabela 1 - Comparação com recheios de painéis sanduíche

Propriedades	PVC	Fenólicos	Poliuretano	Poliestireno (isopor)	Balsa	Bambu
Densidade kg/m ³	65	55	70	40	92	808 ^a
Módulo de Elasticidade MPa	55	7	19	11	2450	1530
Tensão Limite à Compressão MPa	1	0,17	0,5	0,27	6,3	32,01
Tensão Limite à Compressão / Módulo de Elasticidade (Mpa)	0,018	0,024	0,026	0,024	0,002	0,020

Fonte: ALLEN (1969) apud GAGLIARDO & MASCIA (2010), ^a ROSA (2005)

A relação entre a Tensão Limite à compressão e o Módulo de Elasticidade do bambu é de 0,02, semelhante a todos os outros materiais utilizados normalmente como núcleo de painéis sanduíche, com exceção da balsa. O bambu é mais rígido, pelo fato de ser mais denso do que os outros, permitindo que suporte maiores tensões com menores deformações.

2.2.2. Comparação do Peso do Painel Sanduíche de Bambu

Segundo Nunes (2005), o peso médio da alvenaria convencional utilizando blocos cerâmicos de seis furos é de 98,00 kg/m², a alvenaria composta por esteira de bambu revestida de argamassa apresentada por Nunes (2005) teve peso médio de 36 kg/m². O painel sanduíche desenvolvido neste estudo composto por núcleo alveolar de bambu e placas recicladas apresentou peso médio de 21,15 kg/m².

Tabela 2 - Comparação do painel sanduíche de bambu com outros materiais

Alvenaria Convencional	Painel de Bambu e Argamassa	Placa Cimentícia Wall-Eternit	Painel Sanduíche de Bambu
------------------------	-----------------------------	-------------------------------	---------------------------

98,00 kg/m ²	36,00 kg/m ²	37,51 kg/m ²	21,15 kg/m ²
-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------

2.3. Proposta de Desenvolvimento de Abrigo Emergencial

A padronização das dimensões foi atingida através da modulação, assim como a facilidade de expansão da unidade acrescentando-se outros módulos. Os materiais selecionados para o projeto são reciclados, renováveis, têm baixo conteúdo energético e não são tóxicos, de acordo com o desempenho ambiental requerido. Também são facilmente encontrados no mercado e produzidos no Brasil.

2.3.1. Diretrizes Técnicas Para Construção e Projetos de Abrigos

Os parâmetros utilizados neste estudo foram extraídos dos guias publicados pelas Nações Unidas em parceria com entidades internacionais de ajuda humanitária que sintetizaram suas experiências e criaram guias de diretrizes básicas para atendimento a desastres, como: *The Handbook for Emergencies (UNHCR 2007)* e *Humanitarian Charter and Minimum Standards in Disaster Response (Sphere Project 2004)*, *IASC Emergency Shelter Cluster publication, 'Shelter Projects 2008'*, entre outros, que fornecem para a comunidade internacional os fundamentos de Socorro.

2.4. O Projeto

O abrigo emergencial foi projetado para uma família de até cinco pessoas, com área igual a 24,20 m². Pelas diretrizes das Nações Unidas deve-se utilizar o cálculo de 3,5 m² por pessoa, sendo 18,00 m² o mínimo aceitável para cinco pessoas. O módulo é composto por banheiro e cozinha no módulo central, sala e quarto nas laterais, podendo ser acoplado a outros módulos para expansão.

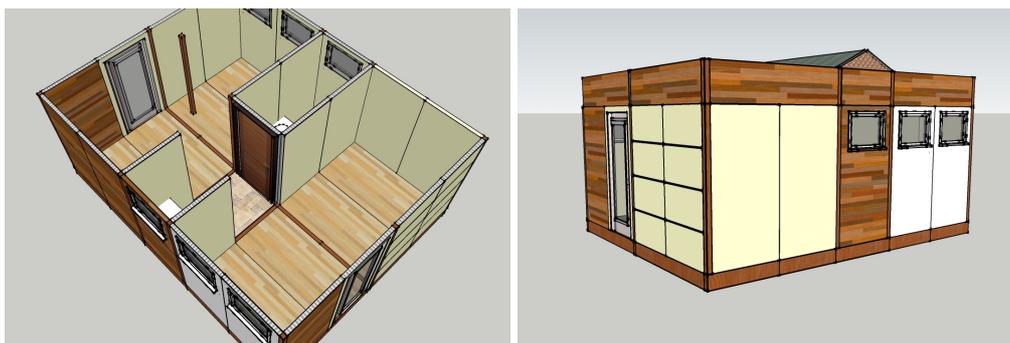


Figura 5- Projeto do abrigo: planta e fachada

2.5. Método de Montagem

A montagem do abrigo é feita por peças, método conhecido como *kits-of-parts*. Primeiro monta-se a estrutura do piso, depois os pilares e painéis, em seguida forros e telhado. O abrigo foi projetado para ser totalmente desmontável e foi dividido em pacotes para facilitar o transporte, de acordo com as dimensões de *containers* e de caminhões.

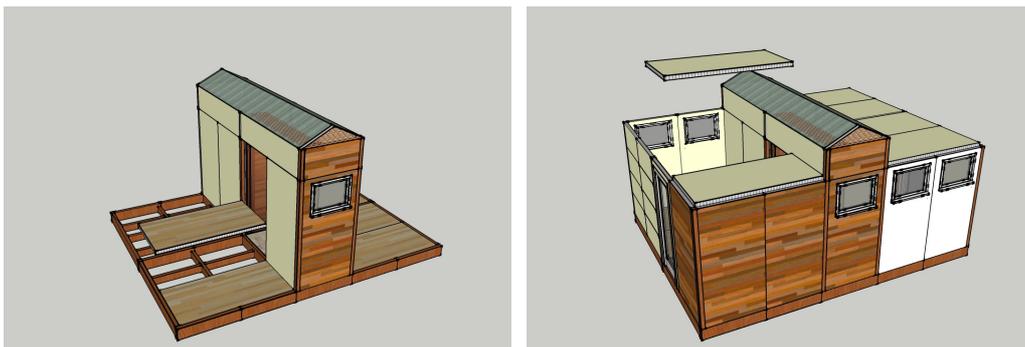


Figura 6 - Montagem das peças isoladamente

O material utilizado para compor os painéis sanduíche aceita qualquer tipo de revestimento convencional podendo receber tinta, revestimentos cerâmicos, pedras decorativas, adesivos, texturas, etc. Desse modo, o abrigo pode se tornar uma habitação permanente, ou quando não for mais necessário, poderá ser desmontado e transportado para outro lugar, ou guardado para ser utilizado em outra ocasião.

3. CONCLUSÃO

Os resultados experimentais foram analisados e discutidos com base em comparações com outros materiais que desempenham as mesmas funções a que o painel sanduíche de bambu se propõe. Ainda não existe Norma Brasileira que recomende valores de resistência à compressão simples para paredes de alvenaria, somente para componentes, tampouco para painéis sanduíche. Segundo Masseto & Sabbatini (1998), por não haver também nenhum método de ensaio padronizado para determinar o módulo de elasticidade de alvenaria dificulta a comparação com outros trabalhos.

Por isso foi tomado como parâmetro para avaliação da resistência do painel sanduíche de bambu a resistência mínima homologada pela Caixa Econômica Federal, órgão de referência em habitação no Brasil. Dentro desses parâmetros, o resultado da resistência à compressão do painel sanduíche de bambu desenvolvido foi bastante satisfatório, com resistência superior ao exigido para alvenaria de vedação. Os resultados da resistência do painel sanduíche de bambu para utilização como substituição à alvenaria estrutural não atingiram ao mínimo requerido. Para ter função estrutural será necessário reforçar sua composição e realizar novos ensaios.

O núcleo é suficientemente rígido na direção perpendicular às faces, com resistência superior ao esperado para evitar o esmagamento e os resultados foram bastante satisfatórios.

Ao final deste trabalho verifica-se que o objetivo de desenvolver um painel sanduíche de bambu, rígido e leve, cuja matéria prima das placas é abundante e, do núcleo e do adesivo renovável, reutilizando resíduos que seriam descartados na natureza para construção de abrigos emergenciais pré-fabricados e de baixo custo proposto inicialmente foi atingido.

A contribuição para a redução de emissões de gases poluentes na atmosfera e para o desenvolvimento sustentável, de forma a garantir o futuro das novas gerações vai além deste trabalho, tendo em vista que o painel sanduíche de bambu desenvolvido poderá ser utilizado para qualquer tipo de construção e substituir outros materiais convencionais, minimizando assim os efeitos negativos da construção civil tal qual se apresenta atualmente.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Viewpoint Arquitetura e Consultoria Ltda. que patrocinou a curso da autora e financiou essa pesquisa.

REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM C364-99**: Standard Test Method for Edgewise Compressive Strength of Sandwich Constructions. Philadelphia, 1999.

GAGLIARDO, D. P.; MASCIA, N. T. **Análise de estruturas sanduíche**: parâmetros de projeto. **Ambiente construído**. Departamento de Engenharia Civil Centro Universitário Adventista de São Paulo. Departamento de Estruturas Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo Universidade Estadual de Campinas, 2010.

HANDBOOK FOR EMERGENCIES UNITED NATIONS COMMISSIONER FOR REFUGEES (**UNHCR, 2007**). Disponível em: <www.unhcr.org>. Acesso em: 01 Ago. 2011.

HUMANITARIAN CHARTER AND MINIMUM STANDARDS IN DISASTER RESPONSE (**SPHERE PROJECT 2004**). Disponível em: <www.sphere.co.uk>. Acesso em: 27 Mar. 2012.

IASC EMERGENCY SHELTER CLUSTER – UN-Habitat. SHELTER CENTRE. **SHELTER PROJECTS 2008**. Disponível em: <sheltercentre.org/library/shelter-projects-2008>. Acesso em: 02 Mai. 2012.

MASSETO, L. T.; SABBATINI, F. H. **Estudo Comparativo da Resistência das Alvenarias de Vedação de Blocos utilizadas na Região de São Paulo**. 1998. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, USP.

MISKALO, E. P. **Avaliação do Potencial de Utilização de Bambu (*Dendrocalamus giganteus*) na Produção de Painéis de Partículas Orientadas**. 2009.130f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica e de Materiais) - Universidade Federal do Paraná..

NUNES, A. R. S. **Construindo com a Natureza. Bambu**: Uma Alternativa de Ecodesenvolvimento. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal de Sergipe, 2005.