

Casa sustentável modular para a Amazônia

Título Original: Desenvolvimento de Inseticidas Botânicos por Tecnologias de Baixo Custo para Agricultores Familiares

Prêmio Benchimol: 2007, Primeiro Colocado, Categoria Social

Marilene Gomes Sá Ribeiro

Mestre em Forest and Wood Sciences pela Colorado State University - EUA. Pesquisadora do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa) – Brasil.

<http://lattes.cnpq.br/8347294403655040>

E-mail: mlene@desari.com.br

Ruy Alexandre de Sá Ribeiro

Pós-doutorado em Design and Construction of Engineered Tropical Timber Structures for Large Spans pela Colorado State University - EUA. Pós-doutorado em Engineered Building Components with Green Geopolymers pela University of Illinois at Urbana Champaign – EUA. Doutor em Wood Engineering Forest Wood Sciences pela Colorado State University System (CSU) - EUA. Pesquisador do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa) - Brasil.

<http://lattes.cnpq.br/7615342468040804>

E-mail: ruy@desari.com.br

RESUMO

Um projeto sustentável de construção verde em casas modulares com 42 m² ou mais foi concebido para a Amazônia. O projeto da casa compreende coleta e aproveitamento da água da chuva, telhado verde e tratamento ecológico de esgoto. Além de materiais tradicionais de construção (cimento, areia, barro e cal), são utilizados painéis modulares de bambu, tomando como precedentes os projetos anteriores desenvolvidos pelos autores. As estruturas, colunas e vigas do painel de parede são pré-fabricadas com estruturas de bambu (colmos e ripas) e cimentadas com microconcreto. Várias composições de microconcreto (composto por cimento, areia, resíduos de bambu, resíduos de madeira, barro e cal hidratada de carbureto) são analisadas. O telhado verde é suportado por um teto de bambu estrutural.

Palavras-chave: Bambu. Construção verde-sustentável. Telhado verde. Tratamento ecológico de esgoto. Utilização de água da chuva.

Sustainable modular house for the Amazon

ABSTRACT

A sustainable green construction project on modular houses with 42m² and over is envisaged for Amazonia. The house project comprises rain water collection and utilization, green roof, and ecological sewage treatment. Besides traditional construction materials (cement, sand, clay, and lime), bamboo based modular wall panels are used, taking as precedents previous sustainable projects developed by the authors. Wall panel structures, columns, and beams are prefabricated with bamboo structures (whole culms and strips) and cemented with microconcrete. Several compositions of microconcrete (consisting of cement, sand, bamboo residues, wood residues, clay, and hydrated lime of carburet) are analyzed. The green roof is supported by a structural bamboo ceiling.

Keywords: *Bamboo. Green building. Green roof. Ecological sewage treatment. Rainwater utilization.*

Hogar sostenible modular para la Amazonia

RESUMEN

Un proyecto de construcción verde sostenible en casas modulares de 42 m² y más está previsto para la Amazonia. El proyecto de la casa comprende la recolección y utilización de agua, el techo verde y el tratamiento ecológico de aguas residuales. Además de los materiales de construcción tradicionales (cemento, arena, arcilla y cal), se utilizan paneles de pared modulares a base de bambú, tomando como antecedente proyectos sustentables anteriores desarrollados por los autores. Las estructuras de paneles de pared, columnas y vigas son prefabricadas con estructuras de bambú (vigas enteras y tiras.) y cementado con microcrédito. Se analizan varias composiciones de microconcreto (consistentes en arena, residuos de bambú, residuos de madera, arcilla y cal hidratada de carburet). El techo verde está sostenido por un techo de bambú estructural.

Palabras clave: Bambú. Edificio verde. Techo verde. Tratamiento ecológico de aguas residuales. Utilización de aguas pluviales.

INTRODUÇÃO

O déficit habitacional no Brasil é superior a 6,355 milhões de unidades residenciais. Na Região Norte, esse déficit representa 654.537 unidades, das quais 151.658 são para o Estado do Amazonas (FJP, 2018). A casa ecológica modular composta de bambu pode contribuir para reduzir o custo de construção da moradia. Portanto, em termos de desenvolvimento econômico e social, mais unidades residenciais podem ser construídas e diminuir o déficit habitacional.

Em termos de desenvolvimento tecnológico, a execução do projeto resultará nos seguintes avanços:

- 1) desenvolvimento de um processo sustentável de construção verde;
- 2) desenvolvimento de um sistema de captação, armazenamento e utilização de água pluvial;
- 3) desenvolvimento de um sistema de tratamento ecológico de esgoto, com reutilização de água tratada;
- 4) desenvolvimento de um telhado verde.

Em termos de desenvolvimento social, o projeto beneficiará o segmento de habitação sustentável de interesse social para atender às classes com salários de até três salários mínimos. Trata-se de uma construção verde sustentável com substituição de madeira e aço pelo bambu, promovendo maior equilíbrio no ecossistema amazônico e reduzindo a emissão de CO₂ para a atmosfera.

A captação e aproveitamento da água da chuva reduzirá o consumo de água potável, preservando-a para as gerações futuras, além de reduzir o impacto nas enchentes das cidades. O sistema de tratamento ecológico de efluentes evitará a contaminação do leito de água (lençol freático), preservando as nascentes e reutilizando a água tratada para a irrigação do jardim, promovendo assim um ambiente saudável para a vida humana. O telhado verde abaixará até 4 °C a temperatura interior, proporcionando mais conforto ambiental e reduzindo os custos de energia.

Como precedentes de projetos, experiências ou iniciativas semelhantes já buscadas, podem ser listadas:

- 1) Projeto CasaEco - uma vila ecologicamente sustentável com oito casas (figura 1) construída em 2007 na Reserva Florestal Adolpho Ducke, km-26 da rodovia AM-010, em Manaus (Sá Ribeiro e Sá Ribeiro, 2008, Sá Ribeiro et al., 2006, Sá Ribeiro et al., 2007, Vetter et al., 2006, Sá Ribeiro et al., 2009, Sá Ribeiro et al., 2017, Vetter et al., 2015);
- 2) Projeto CasaEcoProt - casa ecológica protótipo (figura 2) construída em 2006 para monitoramento e testes no Bosque da Ciência, em Manaus (Sá Ribeiro et al., 2006);
- 3) Projeto Bamboo-Wall - painéis de parede compostos de bambu (figura 3) para habitação na Amazônia (Sá Ribeiro et al., 2004).

Figura 1 – Vila ecológica na Reserva Florestal Adolpho Ducke, Manaus



Figura 2 – Casa ecológica protótipo no Bosque da Ciência, Manaus



Figura 3 – Pannel de parede com enchimento de *barro-bambu* e acabamento em argamassa



Este artigo tem como objetivo apresentar o projeto de pesquisa que ganhou o primeiro lugar do Prêmio Professor Samuel Benchimol 2007 (SÁ RIBEIRO E SÁ RIBEIRO, 2007), emitido pelo Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. O objetivo geral desta pesquisa é a análise e desenvolvimento de uma construção sustentável para casas com área inicial de 42 m², com captação e aproveitamento de água de chuva, telhado verde e sistema de tratamento de esgoto de tratamento ecológico.

Os principais objetivos da pesquisa são:

- 1) projetos arquitetônicos e de engenharia da casa ecológica modular;
- 2) adaptação das instalações de testes laboratoriais de engenharia estrutural;
- 3) coleta do bambu;
- 4) tratamento do bambu;
- 5) testes físicos e mecânicos do bambu;
- 6) pré-fabricação de painéis de parede, colunas e vigas modulares à base de bambu;
- 7) construção do protótipo de casa ecológica modular;
- 8) relatórios e publicações.

PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

PROJETOS ARQUITETÔNICOS E DE ENGENHARIA DA CASA ECOLÓGICA MODULAR

Os projetos de arquitetura e engenharia (fundação, estruturas, eletricidade e encanamento) da casa ecológica modular devem estar de acordo com os padrões de qualidade para habitações de interesse social. Os projetos verdes devem se concentrar na preservação do ambiente natural e no conforto ambiental do edifício. A casa ecológica modular deverá ter um telhado verde sustentado por teto estrutural de bambu, além de um sistema de captação e aproveitamento da água da chuva

As paredes, compostas por painéis pré-fabricados estruturados com bambu, serão pintadas com tinta de resíduo industrial (cal hidratada de carbureto). A casa deve seguir a orientação norte-sul para aberturas de portas e janelas, obstruindo a luz solar direta para o interior, promovendo assim mais conforto ambiental.

ADAPTAÇÃO DO LABORATÓRIO DE ESTRUTURAS DE ENGENHARIA

O Laboratório de Estruturas de Engenharia deve ser adaptado para este projeto de pesquisa, através da aquisição de novos equipamentos e acessórios para testes de compressão de microconcreto.

COLETA DO BAMBU

Serão coletados 107 colmos de bambu (9m de comprimento) disponíveis na região, com média de 4 anos de idade. A coleta deve ocorrer durante o período menos suscetível a ataques de fungos e insetos. Dos colmos colhidos, 95 serão usados para as estruturas pré-fabricadas (painéis de parede, colunas e vigas) e para o teto estrutural da casa protótipo. Os outros 12 colmos devem ser utilizados para os ensaios físicos e mecânicos a serem realizados no Laboratório de Estruturas de Engenharia do Instituto de Pesquisa da Amazônia (Inpa). O trabalho de coleta contratará mão de obra da comunidade local, que será treinada e acompanhada pela coordenação do projeto.

TRATAMENTO DO BAMBU

Os colmos e tiras de bambu a utilizar nas estruturas pré-fabricadas serão tratados pelo método da defumação. Os colmos de bambu para o teto estrutural devem ser tratados por imersão em solução conservante atóxica. Após o tratamento preservativo, as peças de bambu devem ser condicionadas para uso final. Os elementos de bambu tratados devem ser secos até o teor de umidade de equilíbrio, num forno de secagem solar. O trabalho de tratamento e condicionamento contratará mão de obra da comunidade local, que será treinada e acompanhada pela coordenação do projeto.

TESTES FÍSICOS E MECÂNICOS DO BAMBU

Os ensaios físicos e mecânicos do bambu devem ser realizados de acordo com a Norma ISO N315 DTR-2001 (ISO 2001). Serão realizados testes para determinação do teor de umidade, densidade (massa por volume), resistência à tração, resistência à flexão, resistência ao cisalhamento e resistência à compressão. Os testes serão realizados nas instalações do Laboratório de Estruturas de Engenharia.

PRÉ-FABRICAÇÃO DE ESTRUTURAS MODULARES À BASE DE BAMBU

A pré-fabricação dos painéis de parede, colunas e vigas modulares de bambu ocorrerá no Laboratório de Engenharia Estrutural, usando modelos projetados para o projeto. As estruturas, colunas e vigas do painel de parede serão pré-fabricadas com estruturas de bambu (colmos e faixas inteiras) e cimentadas com microconcreto. Várias composições de microconcreto (composto por cimento, areia, resíduos de bambu, resíduos de madeira, argila e cal hidratada de carbureto) serão analisadas.

CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO DE CASA ECOLÓGICA MODULAR

Um protótipo de casa ecológica modular será construído em Manaus através do gerenciamento da construção por arquiteta e engenheiro coordenadores do projeto. As obras vão contratar mão de obra da comunidade local, que será supervisionada pela coordenação do projeto. Todos os materiais de construção devem ser adquiridos em locais próximos ao canteiro de obras e suas origens devem estar de acordo com os princípios de sustentabilidade. O cronograma de construção é o seguinte:

- 1) fundações;
- 2) instalações sanitárias e estação de tratamento ecológico de esgoto;
- 3) estruturas (colunas e vigas) e painéis de parede modulares pré-fabricados com instalações sanitária e elétrica embutidas;

- 4) telhado verde sobre o teto de bambu estrutural impermeabilizado;
- 5) instalação de canalizações e conduites nas paredes e sistema de captação de águas pluviais;
- 6) pavimentação em piso cimentado;
- 7) portas e janelas;
- 8) pintura de paredes, portas e janelas;
- 9) serviços complementares.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados esperados do projeto são os seguintes:

- 1) habitação de baixo custo com baixo impacto ambiental;
- 2) habitação de interesse social construída com recursos naturais renováveis;
- 3) desenvolvimento de um processo de construção sustentável;
- 4) desenvolvimento do sistema de captação e aproveitamento de águas pluviais;
- 5) desenvolvimento de um sistema de telhado verde.

Os resultados econômicos e tecnológicos esperados do projeto são os seguintes:

- 1) transferência monitorada dos resultados para os setores de produção, serviços e governo;
- 2) incorporação dos resultados pelos setores de produção, serviços e governo, através de redução de custos, investimento e retorno financeiro;
- 3) desenvolvimento de produtos de engenharia verde para a construção de habitações ecológicas sustentáveis, utilizando recursos naturais renováveis;
- 4) desenvolvimento de processos para obtenção de produtos de engenharia ecológica a partir de recursos naturais renováveis.

Os resultados sociais e ambientais esperados do projeto são os seguintes:

- 1) padrões de vida mais altos para a população periférica, proporcionando boa moradia e saneamento;
- 2) captação e utilização de água de chuva irá economizar o uso de água potável;
- 3) utilização de bambu, um recurso natural renovável, como material de construção;
- 4) reaproveitamento da água tratada da estação de tratamento ecológico de esgoto;
- 5) telhado verde.

REFERÊNCIAS

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO - FJP. *Déficit habitacional no Brasil 2015*. Belo Horizonte: Diretoria de Estatística e Informações, 2018. 78p.

International Organization for Standardization- ISO. Technical Report ISO/TC 165 N315. *Laboratory Manual on Testing Methods for Determination of Physical and Mechanical Properties of Bamboo*. 2001. MINKE, G. *Techos verdes sencillo y eficaz: Planificación, ejecución, consejos prácticos*. España: Ediciones EcoHabitar, 2005. 87p.

SÁ RIBEIRO, M.G.; R.A. SÁ RIBEIRO. Casa ecológica modular para a Amazônia. In: MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR. (Org.). *Prêmio Professor Samuel Benchimol 2007*. Brasília, 2007. p. 282-282.

———. Green construction of a prototype eco-village in Brazilian Amazonia. In: TENTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON NON-CONVENTIONAL MATERIALS AND TECHNOLOGIES, 2008, Colombia. *Anais...* 2008. Colombia, 2008. 21 p.

SÁ RIBEIRO, M.G. et al. Protótipo de vila ecológica na Amazônia. In: CONFERÊNCIA BRASILEIRA DE MATERIAIS E TECNOLOGIAS NÃO - CONVENCIONAIS: MATERIAIS E TECNOLOGIAS PARA CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS, 2006, Salvador. *Anais...* Salvador: NOCMAT, 2006. 10p.

SÁ RIBEIRO, M.G. et al. Building of a sustainable ecological village in the Amazon - related projects and activities. *Chem. Eng. Trans.* v. 17, p. 343 -348, 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.3303/CET0917058>.

SÁ RIBEIRO, M.G. et al. Bamboo Based Wall Panels for Houses in Brazilian Amazonia. In: CONFERÊNCIA BRASILEIRA DE MATERIAIS E TECNOLOGIAS NÃO-CONVENCIONAIS: HABITAÇÕES E INFRA-ESTRUTURA DE INTERESSE SOCIAL, 2004, São Paulo. *Anais...* São Paulo: NOCMAT, 2004. p. 478 - 427.

SÁ RIBEIRO, R.A. et al. Flexural Bending Strength of Structural Bamboo used in Sustainable House Construction in Amazonia. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON NON-CONVENTIONAL MATERIALS AND TECHNOLOGIES: ECOLOGICAL MATERIALS AND TECHNOLOGIES FOR SUSTAINABLE BUILDING IC – NOCMAT, 2007, Maceió, *Proceedings ...* Maceió: NOCMAT, 2007. 9p.

SÁ RIBEIRO, R.A., SÁ RIBEIRO, M.G., MIRANDA, I.P.A. Bending strength and nondestructive evaluation of structural bamboo. *Con. Build. Mater.*, v.146, p. 38 - 42, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.04.074>.

VETTER, R.E.; SÁ RIBEIRO, M.G.; SÁ RIBEIRO, R.A. Observações preliminares sobre a secagem de bambu-imperial (*Bambusavulgaris* var. *vittata*). In: CONFERÊNCIA BRASILEIRA DE MATERIAIS E TECNOLOGIAS NÃO-CONVENCIONAIS: MATERIAIS E TECNOLOGIAS PARA CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS, 2006, Salvador. *Anais ...* Salvador: BRASIL NOCMAT, 2006. 6p.

VETTER, R.E. et al. Studies on drying of imperial bamboo. *Eur. J. Wood Prod.*, v.73, n.3, p. 411- 414, 2015. DOI:<http://dx.doi.org/10.1007/s00107-015-0900-6>.