

## AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DA INTRODUÇÃO DO BAMBU NA CONSTRUÇÃO DE HABITAÇÕES POPULARES NA AMAZÔNIA: ESTUDO DE CASO EM RIO BRANCO, ACRE

Leticia Medeiros de Araujo (\*), Gerson Araujo de Medeiros, Bruno Fernando Gianelli

\* Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba, Universidade Estadual Paulista (UNESP) e-mail: leticiamedeiros.arq@gmail.com

### RESUMO

O presente trabalho consistiu em avaliar a introdução de um material renovável na construção civil na Amazônia e seus potenciais impactos. O estudo foi realizado na cidade de Rio Branco, no Estado do Acre, baseado na introdução do bambu em substituição ao vergalhão de aço utilizado na construção de casas populares. O projeto utilizado para o estudo é o projeto habitacional do bairro Cidade do Povo, idealizado e parcialmente construído pelo governo do estado para suprir o déficit habitacional da região, sendo escolhida uma tipologia desse projeto para estudo dos seus materiais utilizados. A avaliação foi realizada por meio da comparação entre as emissões de gases de efeito estufa (GEE) causadas pela logística desses vergalhões, os quais são transportados desde a cidade de São Paulo, no estado de São Paulo, até Rio Branco, com a logística do bambu produzido na região de Rio Branco. Na quantificação dos impactos da construção dessas casas foi utilizado o software Simapro versão 9.0.0.30, a base de dados Ecoinvent 3 e o método de avaliação Greenhouse Gas Protocol (emissão de dióxido de carbono). Os resultados mostraram uma redução de 215,74 kg CO<sub>2</sub>eq para 8,92 kgCO<sub>2</sub>eq, ou de 96%, pela substituição de 1t de vergalhão Aço CA-50, 6,3 mm, por 1t de bambu por casa construída. Acrescente-se o caráter de material renovável do bambu, o qual é cultivado e adaptado as condições amazônicas, além do seu caráter recuperador de áreas degradadas. Outra questão emergente são os passivos inerentes ao processo de mineração do ferro, os quais serão evitados pela introdução desse material.

**PALAVRAS-CHAVE:** Amazônia, Material Renovável, Habitação Social, Gases Efeito Estufa.

### INTRODUÇÃO

A região norte do Brasil é conhecida por ter uma densidade populacional média inferior às demais regiões do país, devido a extensa área de floresta classificada como o bioma terrestre Amazônia, segundo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (IBGE, 2018a). O local de estudo do projeto de pesquisa concentra-se na capital do estado do Acre, Rio Branco. Em 2012, o estado do Acre foi o terceiro com o maior déficit habitacional relativo, o qual atingiu 14,1%, quando comparado a outros estados brasileiros, ficando atrás somente do Maranhão (21,9%) e Amazonas (16,9%) (FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 2014).

Rio Branco possui uma população estimada em 407.319, em 2009, e uma densidade demográfica de 38,03 hab./km<sup>2</sup> (IBGE, 2018b). Apesar da densidade relativamente baixa, quando comparada a outras capitais brasileiras, Rio Branco apresenta problemas comuns a essas cidades como o déficit habitacional, o que leva parte da sua população a viver em condições precárias.

A cidade de Rio Branco enfrenta problemas de vulnerabilidade ambiental, devido ao risco de inundações pelo rio Acre, em épocas de cheias, o que é potencializado pelo regime pluviométrico da região amazônica (Pereira & Szlafsztein, 2015)

O problema do déficit habitacional levou a prefeitura de Rio Branco a apresentar, em 2011, um projeto de criação de um novo bairro, composto por 10.518 lotes residenciais com equipamentos e infraestrutura públicos. Todavia, a construção civil na região da Amazônia apresenta um grande desafio de logística de materiais, pois parte deles é importada das regiões de maior desenvolvimento industrial, localizadas nas regiões sul e sudeste do país. Tais regiões são geograficamente afastadas da Amazônia o que é agravado pelas condições físicas das estradas brasileiras, potencializando o impacto ambiental relacionado à emissão de dióxido de carbono e, conseqüentemente, as mudanças climáticas.

Com base nesse problema, a busca por materiais renováveis e disponíveis na própria região seria uma alternativa para mitigar os impactos ambientais gerados pela construção civil no estado do Acre.

Nesse viés se insere o bambu, um dos materiais renováveis amplamente utilizados na construção civil e disponível em abundância no estado do Acre, conforme o relatório “Recursos Naturais: Biodiversidade e Ambientes do Acre” publicado pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente (SEMA) em 2010 (SOUZA et al., 2010).

Em relação às propriedades estruturais do bambu, Janssen (2000) comentou que se forem consideradas as relações resistência/massa específica e rigidez/massa específica, tais valores superam as madeiras e o concreto, podendo ser tais relações comparáveis, inclusive, ao aço. (PEREIRA & BERALDO, 2016, SILVA, 2007).

Há, portanto, uma necessidade de avaliação do efeito da introdução desse material na construção civil em comparação com o aço (utilizado na tipologia estudada), considerando os impactos de emissão de dióxido de carbono de transporte desses materiais até o local da obra, sendo que um seria produzido no estado do Acre (bambu) e o outro proveniente do estado de São Paulo (aço).

## **OBJETIVOS**

O objetivo principal da pesquisa foi avaliar o potencial da introdução do bambu na construção de habitações populares, na cidade de Rio Branco, estado do Acre.

Os objetivos específicos consistem em comparar os impactos ambientais do material convencional (aço) com o material renovável (bambu) na construção civil de uma habitação de interesse popular no Acre.

## **METODOLOGIA**

Para se atingir os objetivos do presente trabalho, foram estudados os projetos de habitações de interesse popular da cidade de Rio Branco, em especial o projeto “Cidade do Povo”. Esse empreendimento encontra-se em uma região afastada cerca de 12 km do centro da cidade, onde encontram-se os principais equipamentos e instituições públicas, na porção sudeste do município.

A Cidade do Povo se trata de um projeto de construção de um novo bairro para a capital acreana, prevendo a construção de 10.518 lotes residenciais e também a construção de equipamentos públicos comunitários e infraestrutura urbana, sendo então o maior projeto habitacional idealizado no estado do Acre.

Uma das tipologias arquitetônicas adotadas nesse empreendimento habitacional contempla uma casa térrea e geminada (tipo de residência que abriga duas unidades habitacionais simétricas e que compartilham a mesma estrutura, alvenaria e cobertura, sendo uma ‘espelhada’ em relação a outra), com cerca de 40 m<sup>2</sup> (Figura 1) A estrutura da tipologia em questão consiste em bloco de concreto armado pré-moldado.

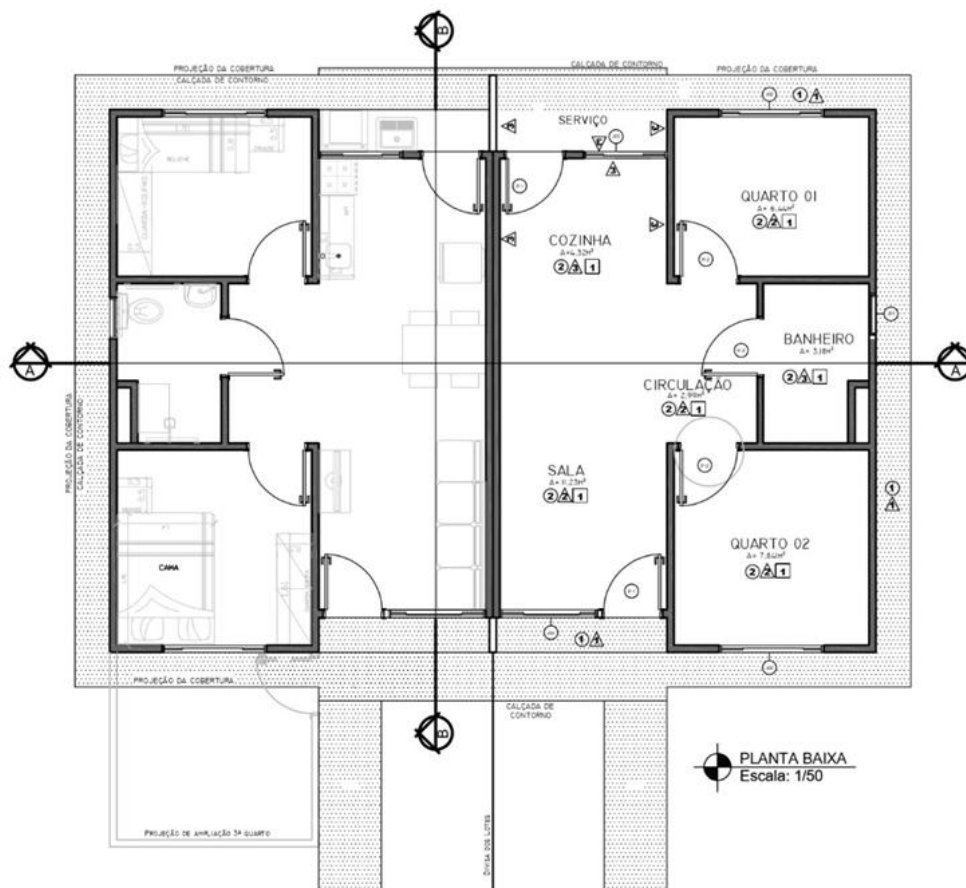
Com o estudo da tipologia especificada, foi possível estimar a quantidade de vergalhão de aço, com embasamento do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), utilizado oficialmente para o cálculo de insumos de obra na construção civil, criado pela Caixa Econômica Federal para o financiamento de projetos de habitações populares.

Foi analisado também a inserção de material renovável, considerando a mesma tipologia adotada. O material estudado foi o bambu.

Conhecido desde a Antiguidade, quando era utilizado sobretudo na China, o bambu é uma matéria prima disponível também na floresta Amazônica. Suas características – resistência, flexibilidade, durabilidade, versatilidade, facilidade de reprodução, rápido crescimento e adaptabilidade a climas e solos diferentes – permitem que atenda àqueles que buscam materiais regionais renováveis (AFONSO, 2011, DRUMOND & WIEDMAN, 2017).

Com essas informações foi possível uma avaliação das emissões de gases de efeito estufa (GEE) da unidade habitacional, considerando a logística de transporte do material convencional (vergalhão de aço) desde a cidade de São Paulo, estado de São Paulo, até Rio Branco, estado do Acre; em comparação com o transporte do material renovável (bambu), produzido na região de Rio Branco.

O cálculo da emissão de dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>eq) foi realizado por meio do software Simapro versão 9.0.0.30, utilizando a base de dados Ecoinvent 3 e o método de avaliação Greenhouse Gas Protocol (emissão de dióxido de carbono).



**Figura 1: Planta Baixa de uma das tipologias implementadas no projeto da Cidade do Povo, tomada como base para a avaliação da introdução do bambu.**  
**FONTE: Secretaria Estadual de Obras Públicas - SEOP 2018.**

Para a utilização dos parâmetros de fator de emissão de CO<sub>2</sub>eq por veículo, o Simapro apresenta várias categorias destes, sendo elas classificadas como: EURO 1, EURO 2, EURO 3, EURO 4, EURO 5 e EURO 6 (FAÇANHA, 2017). O sistema EURO é um de grupo de regulamentações para a redução de emissão de poluentes de veículos movidos a diesel. No Brasil, esse sistema foi oficialmente denominado Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores, o PROCONVE P-7, que é correspondente ao sistema EURO 5.

## RESULTADOS

Com as informações levantadas, apresenta-se o resultado da estimativa do quantitativo de aço para cada unidade habitacional, baseado no cálculo do sistema SINAPI, o qual corresponde a 1.252,00 kg de vergalhão de aço.

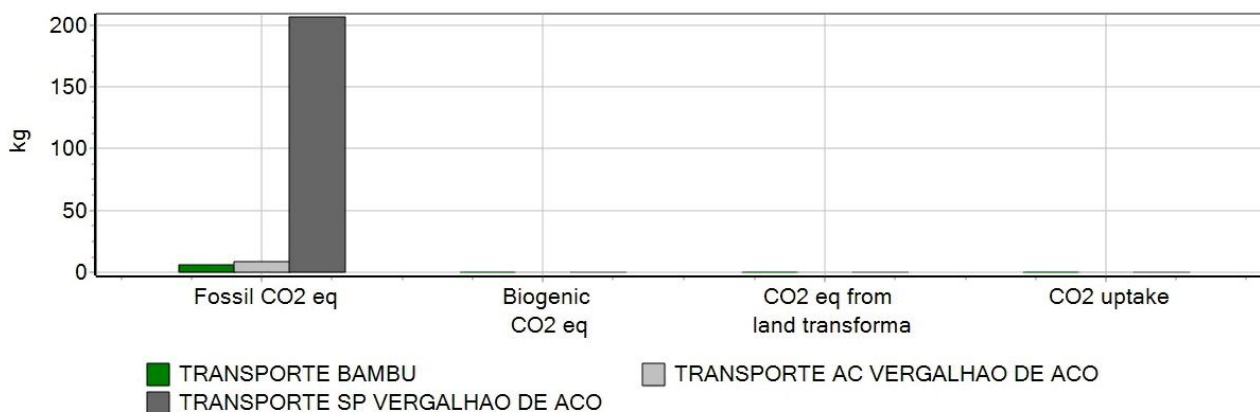
Para efeito de cálculo, utilizou-se então a comparação de 1 tonelada de vergalhão de aço proveniente do estado de São Paulo, com 1 tonelada de bambu (estimativa feita para mesma unidade habitacional, considerando todo estrutural será feito com o bambu gigante – *Guadua Angustifolia* – espécie presente em abundância no referente estado).

Primeiramente, foi feito o estudo de emissão de dióxido de carbono no software Simapro, considerando a distância de transporte dos materiais (vergalhão de aço) de São Paulo até um centro de distribuição em Rio Branco, e o transporte desse mesmo material até o local da obra. Em seguida, foram estimadas as emissões do transporte das varas de bambu desde o local de produção (em Rio Branco), até o local da obra (Tabela 1 e Figura 2).

Conforme pode ser analisado na Tabela 1, o valor de emissão de CO<sub>2</sub> no transporte de vergalhão de aço, desde a cidade de São Paulo até a obra, em Rio Branco, atingiu 215,74 t CO<sub>2</sub>eq por t de vergalhão, enquanto no transporte do bambu esse total alcançou 6,03 t CO<sub>2</sub>eq por t de vergalhão. Portanto, a introdução do bambu na construção civil levará a uma redução de cerca de 96% nas emissões de gases de efeito estufa do sistema de logística dos materiais.

**Tabela 1. Estimativa dos valores de emissão de CO<sub>2</sub> do transporte de uma tonelada de bambu e de vergalhão de aço obtidos no software Simapro.**

Categoria de Impacto	Unidade	Transporte de bambu em Rio Branco, desde o local de produção à obra.	Transporte de vergalhão de aço do estado de São Paulo ao estado do Acre.	Transporte de vergalhão de aço em Rio Branco, do centro de distribuição à obra.
Emissão de CO <sub>2</sub>	kg	6,03	206,85	8,92



**Figura 2: Gráfico ilustrativo da relação de emissões de dióxido de carbono no transporte de bambu e de vergalhão de aço gerado no software Simapro. Fonte: Autora.**

O valor obtido é referente a somente uma unidade habitacional. Todavia, se for considerado o total de 10.518 residências previstas no projeto do bairro “Cidade do Povo”, para serem entregues a população, as emissões de gases de efeito estufa causados pela logística do vergalhão de aço atingiriam cerca de 2.270 t CO<sub>2</sub>eq.

Com a introdução do bambu, esse total corresponderia a 94 t CO<sub>2</sub>eq, representando uma redução de 2.176 t CO<sub>2</sub>eq e demonstrando o impacto ambiental do setor de logística. A logística é um setor de impactos significativos em diferentes segmentos, como a gestão de resíduos sólidos (PAES et al., 2018), madeiras para a construção civil (CAMPOS et al., 2011), educacional (DUTRA et al., 2019) e agricultura (COSTA et al., 2018).

Outra questão importante e relacionada a substituição do vergalhão de aço pelo bambu, refere-se ao seu caráter de material renovável, cultivado e adaptado as condições ambientais da amazônia, sendo até uma alternativa para a recuperação de áreas degradadas (HE & RUAN, 2014, CLAYTON-BARBOSA, 2012) além do seu caráter recuperador de áreas degradadas. Outra questão emergente são os passivos inerentes ao processo de mineração do ferro, os quais seriam evitados pela introdução desse material.

## Conclusões

O presente estudo permitiu verificar que a introdução do bambu, em substituição ao vergalhão de aço, na construção de habitações populares, na cidade de Rio Branco, permitiu uma redução de 96% nas emissões de gases de efeito estufa, considerando a logística desses materiais. Esse resultado fundamenta políticas voltadas a redução dos impactos de mudanças climáticas; de desenvolvimento econômico e social na região amazônica, por meio do uso de materiais renováveis regionais; e dos passivos ambientais evitados da mineração.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AFONSO, D. G. Bambu Nativo (*Guadua* spp.): **Alternativa de desenvolvimento econômico e sustentável para o Estado do Acre**. 2011. Disponível em: <<https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/32566/AFONSO%20DIXON%20GOMES.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em 22 de maio, 2019.

2. CAMPOS, E. F.; PUNHAGUI, K. R. G.; JOHN, V. M. Emissão de CO<sub>2</sub> do transporte da madeira nativa da Amazônia. **Revista Ambiente Construído**, v. 11, n. 2, p. 157-172, 2011.
3. CLAYTON-BARBOSA, A. Bioengenharia utilizando bambus em faixas para o controle de processos erosivos: uma análise qualitativa. **Polibotânica**, n.33, pp.223-243, 2012.
4. COSTA, M.P.; SCHOENEBOOM, J.C.; OLIVEIRA, S.A.; VIÑAS, R.S.; DE MEDEIROS, G.A. A socio-eco-efficiency analysis of integrated and non-integrated crop-livestock-forestry systems in the Brazilian Cerrado based on LCA. **Journal of Cleaner Production**, v. 171, p. 1460-1471, 2018.
5. DRUMOND, P. M; WIEDMAN, G. **Bambus no Brasil: da biologia à tecnologia**. - 1. ed. - Rio de Janeiro: ICH, 2017. 655p.
6. DUTRA, A.C. ; MEDERIOS, G.A.; GIANELLI, B.F . Avaliação do ciclo de vida como uma ferramenta de análise de impactos ambientais e conceito aplicados em programas educativos. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, v. 51, p. 15-27, 2019
7. FAÇANHA, C. **Euro VI for Brazil: a clear path for cleaner skies**. 2017. Disponível em: <https://theicct.org/blogs/staff/euro-VI-for-brazil-a-clear-path-to-cleaner-skies>. Acesso em 03 de setembro de 2019.
8. FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. **Déficit habitacional no Brasil: anos 2011 e 2012**. Belo Horizonte: Centro de Estatística e Informações – CEI, 17p., 2014.
9. HE, D.; RUAN, H. Long term effect of land reclamation from lake on chemical composition of soil organic matter and its mineralization. **PLoS ONE**, v.9, n.6, e99251, 2014.
10. IBGE (2018a). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Projeção população**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/>>. Acesso em 20 de maio de 2019.
11. IBGE (2018b). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Panorama do município de Rio Branco. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ac/rio-branco/panorama>. Acesso em 05 de setembro de 2019.
12. PAES, M.X.; MANCINI, S.D.; MEDEIROS, G.A.; BORTOLETO, A.P.; KULAY, L.A. Life cycle assessment as a diagnostic and planning tool for waste management: a case study in a Brazilian municipality. **The Journal of Solid Waste Technology and Management**, v. 44, p. 259-269, 2018.
13. PEREIRA, M. A. dos R. & BERALDO, A. L. **Bambu de corpo e alma**. Bauru, SP: Canal6, 2007. 240 p.
14. PEREIRA, D.M.; SZLAFSZTEIN, C.F. Ameaças e desastres naturais na Amazônia Sul Ocidental: análise da bacia do rio Purus. **Raega - O Espaço Geográfico em Análise**, [S.l.], v. 35, p. 68-94, abr. 2016.
15. SILVA, O. F. **Estudo sobre a substituição do aço liso pelo bambusa vulgaris, como reforço em vigas de concreto, para o uso em construções rurais**. 2007. Disponível em: [http://www.ctec.ufal.br/posgraduacao/ppgec/dissertacoes\\_arquivos/Dissertacoes/Osvaldo%20Ferreira%20da%20Silva.pdf](http://www.ctec.ufal.br/posgraduacao/ppgec/dissertacoes_arquivos/Dissertacoes/Osvaldo%20Ferreira%20da%20Silva.pdf). Acesso em 30 de agosto, 2019.
16. SOUZA, C. M.; ARAUJO, E. A.; MEDEIROS, M. F. S. T.; MAGALHÃES, A. A. **Recursos Naturais: Biodiversidade e Ambientes do Acre**. 2010. Disponível em <[https://www.amazonia.cnptia.embrapa.br/publicacoes\\_estados/Acre/Fase%202/Livro\\_Tematico\\_ZEE\\_Biodiversidade\\_Volume\\_3.pdf](https://www.amazonia.cnptia.embrapa.br/publicacoes_estados/Acre/Fase%202/Livro_Tematico_ZEE_Biodiversidade_Volume_3.pdf)>. Acesso em 22 de maio, 2019.