

INSTITUTO FEDERAL
São Paulo
Câmpus São Roque

RELATÓRIO FINAL INICIAÇÃO CIENTÍFICA VOLUNTÁRIA 2023

Bioconstruções: Uma alternativa sustentável para habitação utilizando materiais disponíveis em São Roque - SP

FERNANDO SANTIAGO DOS SANTOS¹, SARAH SETTE SAAD²

¹ Professor Orientador, Laboratório de Botânica do IFSP campus São Roque.

² Licencianda em Ciências Biológicas no IFSP campus São Roque; Orientanda em Iniciação Científica Voluntária, Técnica em edificações pela ETECVAV.

RESUMO: Este projeto tem como objetivo trazer alternativas de habitação sustentável utilizando materiais disponíveis na cidade de São Roque (SP), por meio de técnicas e processos de bioconstrução. As bioconstruções são tipos de construções habitacionais feitas com enfoque na sustentabilidade e na preservação do meio ambiente, utilizando materiais naturais, reutilizáveis e sustentáveis presentes no local da construção, tornando-se uma opção não prejudicial à natureza e, na maioria dos casos, mais barata do que as casas comuns (tradicionais). Além de possuir uma estrutura não poluente, a bioconstrução também proporciona alternativas para estilos de vida mais saudáveis para o planeta, com diversas opções que facilitam a reciclagem de materiais e o cultivo de hortas, por exemplo. Este modelo habitacional de bioconstrução tem se mostrado uma solução viável para diminuir os danos ambientais do crescimento populacional, além de cumprir uma importante função social, valorizando técnicas tradicionais e troca de conhecimento entre comunidades e pessoas interessadas em bioconstrução. **Palavras-chave:** bioconstrução; sustentabilidade; preservação; habitação; reciclagem; construção.

Bioconstruction: A sustainable alternative for housing using materials available in São Roque Municipality, São Paulo State, Brazil

ABSTRACT: This project aims to bring sustainable housing alternatives using materials available in the city of São Roque (SP), through bioconstruction techniques and processes. Bioconstructions are types of housing constructions made with a focus on sustainability and environmental preservation, using natural, reusable, and sustainable materials present at the construction site, making it a non-harmful option for nature and, in most cases, cheaper. than ordinary (traditional) houses. In addition to having a non-polluting structure, bioconstruction also provides alternatives for healthier lifestyles for the planet, with several options that facilitate the recycling of materials and the cultivation of gardens, for example. This housing model of bioconstruction has proven to be a viable solution to reduce the environmental damage caused by population growth, in addition to fulfilling an important social function, valuing traditional techniques, and exchanging knowledge between communities and people interested in bioconstruction. **Keywords:** bioconstruction; sustainability; preservation; housing; recycling; construction.

1 INTRODUÇÃO

Estamos chegando a um colapso ambiental. Segundo Tavares (2022), o mundo já passou da marca de oito bilhões de habitantes. Com os recursos cada vez mais limitados, garantir o direito à moradia de todas essas pessoas sem causar grandes impactos ambientais torna-se uma tarefa cada vez mais difícil.

Segundo diversas pesquisas, o setor da construção civil é um dos mais prejudiciais e poluentes do mundo, tanto em relação ao desmatamento de áreas verdes para abrir espaço para as edificações, quanto ao descarte incorreto dos entulhos pós-obra. Para Soares (2007), cerca de 40% dos recursos gastos por ano no planeta são usados pela construção civil. Nos últimos 100 anos, o nível de dióxido de carbono na atmosfera aumentou 27%, sendo 25% proveniente da queima de combustíveis fósseis para fornecer energia às construções. De acordo com Prompt (2008), a bioconstrução é uma forma de construir habitações que busca causar o menor impacto ambiental possível, aplicando esse conceito tanto nas técnicas de construção, quanto nas escolhas dos materiais utilizados, trazendo habitações de baixo impacto que adequam a arquitetura ao local de construção e com alternativas para o tratamento de resíduos.

Para o fundador do Instituto de Permacultura e Ecovilas do Cerrado – IPEC (SOARES, 2007), as bioconstruções visam à utilização de materiais ecológicos e à redução do impacto ao meio ambiente por meio de técnicas tradicionais, tendo como característica a preferência por materiais locais e a redução de gastos com fabricação e transporte, reduzindo, desta maneira, o custo das habitações ao mesmo tempo que há a oferta de bom conforto térmico. Pinha e coautores, ao comentarem sobre os materiais utilizados nesse tipo de edificação, citam que:

“(...) é fundamental uma cuidadosa análise do ciclo de vida dos materiais, bem como de sua real necessidade, características de manutenção, tempo de utilidade, possibilidade de reciclagem e substituição por materiais naturais locais” (Pinha *et al.*, 2015, p.4).

É afirmado ainda, que devem ser priorizados materiais que aumentam em quantidade e que não são afetados pelo uso, e que, também, degradam-se quando não utilizados. Enquanto as construções convencionais optam por materiais industrializados por vários motivos (sendo um deles a construção em série), as bioconstruções utilizam cimento, por exemplo, apenas em último caso, quando não houver uma alternativa menos nociva ao meio ambiente ou quando forem necessárias propriedades que apenas o cimento pode oferecer.

Para Da Silva e Gomes-Pereira (2019), não se trata de negar a tecnologia ou o moderno, mas, sim, pensar no seu uso de forma consciente. Esse método construtivo traz diversas vantagens, fazendo com que haja uma grande contribuição socioambiental. Diversos impactos causados pelo setor da Construção Civil seriam minimizados, como, por exemplo, a extração da matéria utilizada na obra, pois essa técnica evita materiais de extrativismos minerais (que são extremamente nocivos). Os materiais usados geralmente nesse tipo de construção, como terra, madeira, folhas, entre outros, são reutilizáveis e podem ser adquiridos até mesmo no próprio terreno da construção. Além do mais, esse tipo de insumo pode facilmente ser descartado na natureza sem causar danos, ao contrário do que acontece nos projetos convencionais.

Para Kath-Ackermann (2018), o uso desse tipo de material natural coloca a bioconstrução mais distante do monopólio industrial existente na Construção Civil, indo contra a ideia instaurada – e equivocada – de que uma boa construção deve ser

feita com areia, cimento e tijolos. Materiais naturais trazem as mesmas propriedades estruturais dos fabricados artificialmente, além de, muitas vezes, possuírem um conforto térmico superior (DA SILVA, 2022).

Além de todas as vantagens ecológicas das bioconstruções, podemos destacar, ainda, uma das mais importantes quando pensamos em solucionar o problema da falta de habitações no Brasil. As edificações construídas com materiais naturais apresentam um custo final significativamente menor do que as erguidas com materiais industrializados. O baixo custo de transporte e da produção de matéria prima torna a bioconstrução uma alternativa de moradia viável para famílias com baixa condição econômica.

Infelizmente, a principal dificuldade de acesso a essa técnica é a falta de mão de obra especializada, uma vez que esse modelo perdeu espaço para os empregados no mercado. Um estudo feito por Da Silva (2011) mostrou a viabilidade técnica e econômica de taipas de mão (sistema de vedação a disposição) utilizando exemplares da espécie *Bambusa vulgaris Nees* (Poaceae). Os resultados apontaram um preço médio (com mão de obra inclusa) do painel de bambu e barro de R\$ 23,91, enquanto a vedação em bloco cerâmico e em bloco de concreto custavam, respectivamente R\$47,07 e R\$ 51,62, segundo a composição de custos a partir dos critérios da Tabela de Composições de Preços para Orçamentos (TCPO) e da Produção e Disponibilização de Informações e Sistemas de Apoio para a Indústria da Construção Civil e Editora Técnica das Edificações Habitacionais (PINI).

Mesmo que a bioconstrução ainda não tenha se tornado popular no ramo imobiliário, fatores como o baixo impacto ambiental, o baixo custo de execução e a ligação com costumes tradicionais tornam a bioconstrução uma alternativa para solucionar problemas ambientais e sociais presentes no nosso país e no mundo, facilitando, assim, o acesso a moradias em locais carentes e a busca por um futuro mais limpo e sustentável para a natureza e para o meio ambiente (BEATRIZ, 2022; REDAÇÃO, 2021).

2 PROBLEMAS DOS MÉTODOS E CONSTRUÇÕES ATUAIS

Segundo o Relatório Anual de Desmatamento (RAD), a construção civil é o segundo setor que mais desmata no país, ficando atrás apenas da agropecuária. No ano de 2021, cerca de 8400 hectares foram eliminados para o uso exclusivo da expansão urbana, isso sem a contabilização das áreas desmatadas para a exploração de matéria prima.

Dos recursos produzidos anualmente no território nacional, 40% são gastos em obras de construção civil, que também é responsável por 25% do aumento das emissões de dióxido de carbono (RAD2021).

Outro ponto importante a ser abordado são os resíduos gerados pelas obras no ambiente urbano e rural. O Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) classifica os resíduos da construção civil em cinco categorias: A, B, C, D e Rejeito. A categoria A diz respeito a resíduos que podem ser reciclados ou reaproveitados no próprio âmbito da construção civil, sendo reutilizados em outras obras, por exemplo. A categoria B fala sobre resíduos que podem ser reciclados para outros destinos, como plásticos, madeiras e metais. Na categoria C, temos os resíduos que não possuem alternativas (até o momento) viáveis para seu reuso ou reciclagem, enquanto a categoria D expõe os resíduos perigosos e nocivos à saúde, cujo descarte

requer mais atenção e cuidado. Os Rejeitos, chamados “bagulhos” dentro da obra, são os resíduos vegetais, não classificados como sólidos dentro da obra.

O Brasil gera anualmente mais de 30 toneladas de resíduos, onde 72% desse número é oriundo da construção civil, e 98% deles são recicláveis. Porém muito menos da metade (cerca de 20%) é realmente reaproveitado, a grande maioria é apenas descartada em lixões e aterros sanitários, muitas vezes de forma incorreta. Esse tipo de atitude gera diversos impactos negativos para o meio ambiente, como a contaminação do solo e o aumento dos gases poluentes, já que os materiais utilizados são, muitas vezes lotados de aditivos químicos, prejudicando a saúde de quem constrói e de quem habita.

Saindo das questões ambientais e entrando no âmbito social temos números ainda mais alarmantes. O custo das edificações tradicionais é inacessível para boa parte da população. O alto valor envolvendo transporte, mão de obra e matérias primas acaba aumentando muito o custo da obra, isso sem contar as manutenções necessárias e médio e longo prazo. O Relatório de Impacto Teto Brasil (2021) indica que o país possui pouco mais de 208 milhões de habitantes, e desse número, quase 6 milhões de famílias vivem desabrigadas ou em habitações extremamente precárias. Essa informação, junto com os dados de 6 milhões de imóveis desocupados no país (IBGE, 2022), indicam que algo dentro do âmbito habitacional não está funcionando como deveria, seja no momento da construção, seja no acesso da população a ela.

3 BIOCONSTRUÇÕES

Pela definição do Instituto de Permacultura (IPOEMA, s.d.), podemos classificar as Bioconstruções como “conjuntos de técnicas construtivas caracterizadas pela preferência por materiais locais, gerando o menor impacto ambiental possível, criando uma habitação com custo reduzido, e diminuindo os gastos com fabricação e transporte”. Logo, construções dessa categoria são identificadas pela redução (ou eliminação) dos impactos no meio ambiente, utilizando matéria prima local (inclusive retirada no local da obra) e técnicas não invasivas, reduzindo assim o custo da obra, e valorizando a cultura local.

As Bioconstruções também se destacam pela reciclagem e reaproveitamento de resíduos, tanto de obras anteriores quanto da própria edificação, reduzindo os impactos antes, durante e depois da realização da obra. Isso faz com que a edificação seja uma grande alternativa para a redução de lixões e aterros sanitários, além de promover a criatividade e a diferenciação visual das construções.

A estética diferenciada das Bioconstruções é dada principalmente pelos materiais utilizados. Alguns exemplos muito comuns são: terra, areia, pedras, bambu, cana de açúcar, fibras vegetais, palha e argila. Todos são materiais naturais, de baixo custo e facilmente encontrados, que não possuem nenhum tipo de aditivo químico, reduzindo muito os danos ao meio ambiente sem comprometer a qualidade da obra. Além do mais, esse tipo de matéria prima reduz bastante o custo da obra, já que não é necessário pagar por transporte, e graças ao tipo de material, a manutenção também terá custo reduzido.

As técnicas utilizadas nas obras de bioconstruções não exigem mão de obra super qualificada, pois são técnicas que utilizam um conhecimento regional passado entre gerações, reduzindo o custo de mão de obra e promovendo a valorização das culturas locais. Algumas das principais técnicas utilizadas são:

Adobe: Técnica construtiva que utiliza terra crua e fibras vegetais misturadas com água para fabricar tijolos artesanais, que são moldados a mão e secos ao ar livre.

Bambu: Técnica que utiliza o Bambu como principal matéria prima. Pode ser como pilar, viga, revestimento...

COB: Técnica onde é fabricada uma "massa" feita pela mistura de argila, areia, água e palha. A construção é moldada a partir dessa massa.

As Bioconstruções são uma excelente alternativa para reduzir os impactos causados pela construção civil, sendo um ótimo tipo de habitação para famílias em situação de instabilidade econômica. A economia de 50% a 70% em comparação a edificações tradicionais, as técnicas descomplicadas, o fácil acesso aos materiais e a redução do custo de manutenção da obra são apenas algumas vantagens da implementação desse tipo de projeto.

4 PROCEDIMENTOS DA PESQUISA

O objetivo principal do trabalho aqui proposto é desenvolver um projeto viável de bioconstrução utilizando os materiais disponíveis na cidade de São Roque – SP. Para tanto, foi desenvolvido um projeto arquitetônico composto por planta, fachadas, corte transversal, corte longitudinal e planta de teto (Fig. 1).

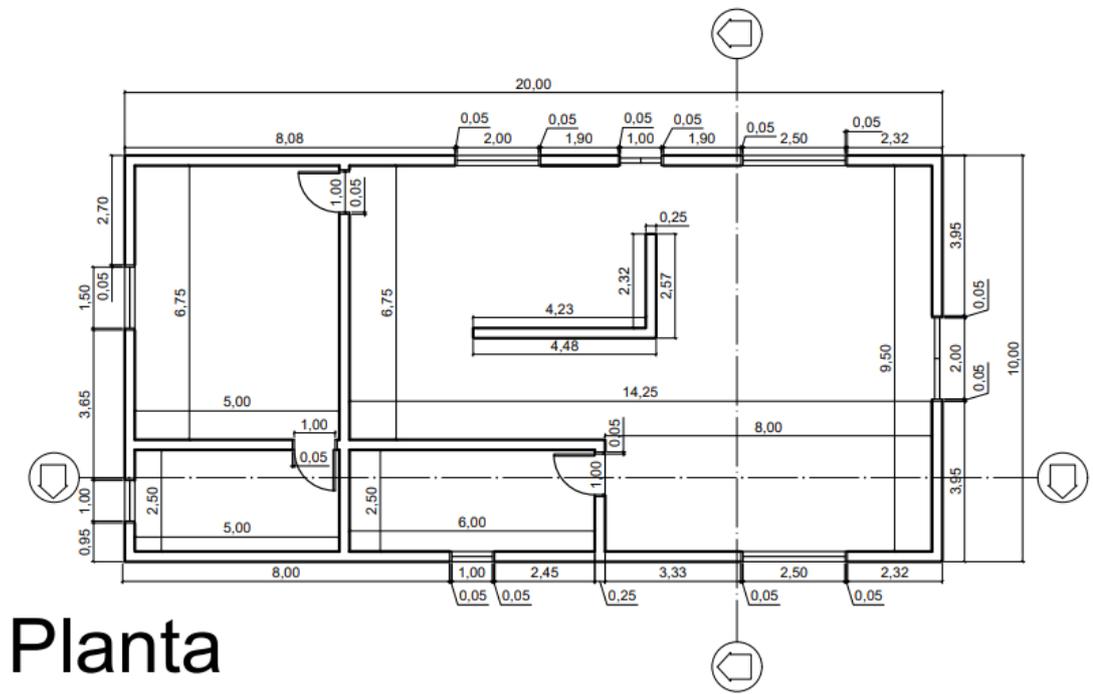


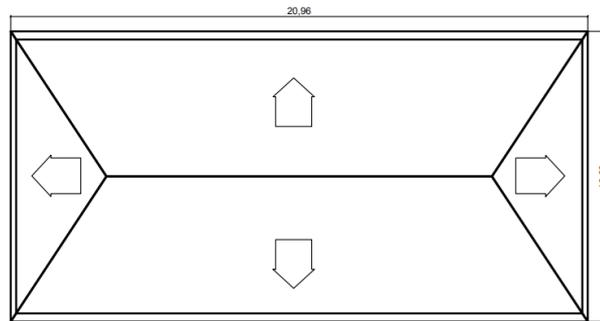
Figura 1. O projeto possui uma suíte, um banheiro, sala e cozinha.

Com o projeto em mãos, foram analisados os materiais disponíveis em São Roque. Esses materiais foram submetidos a diversos testes com o objetivo de estudar as suas propriedades, para que houvesse a certeza de que a matéria prima escolhida não comprometeria a qualidade da construção. Por fim, com todos os resultados obtidos e cuidadosamente avaliados, foi construída uma maquete utilizando os

materiais testados, utilizando o projeto arquitetônico como base e técnicas tradicionais de bioconstrução.

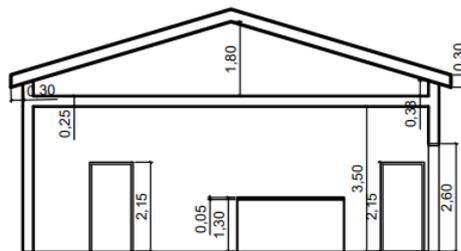
4.1 Projeto Arquitetônico

O projeto para a residência de bioconstrução é composto por uma planta baixa, cortes transversais e longitudinais, fachada frontal, traseira, esquerda e direita, e planta de telhado (Fig. 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8). Os desenhos foram executados no software AutoCad®.



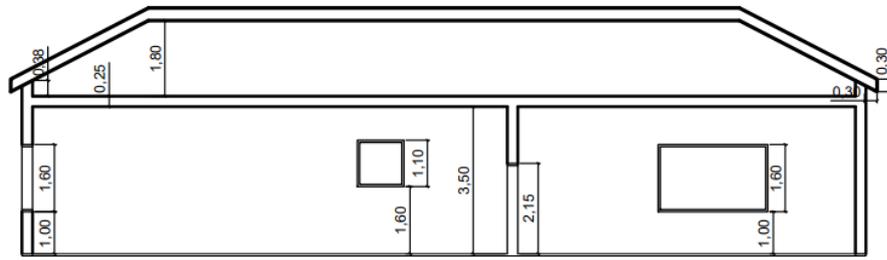
Telhado

Figura 2. Esquema do telhado da maquete.



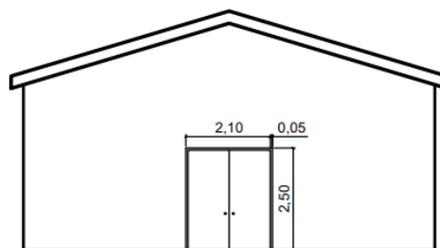
Corte Transversal

Figura 3. Corte transversal da maquete.



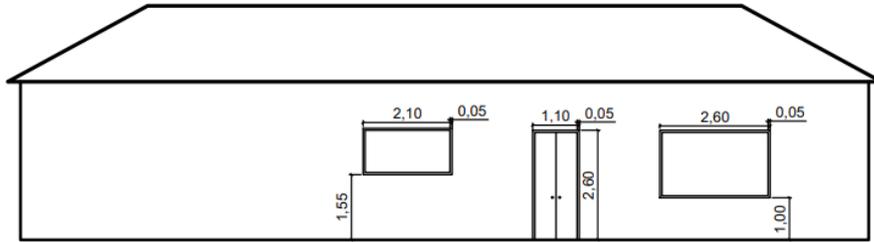
Corte Longitudinal

Figura 4. Corte longitudinal da maquete.



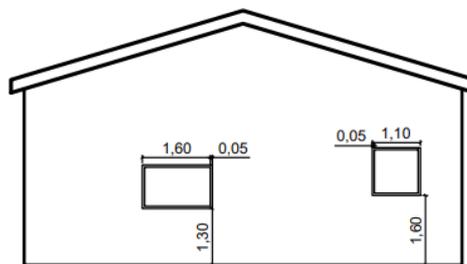
Fachada Frontal

Figura 5. Fachada frontal da maquete.



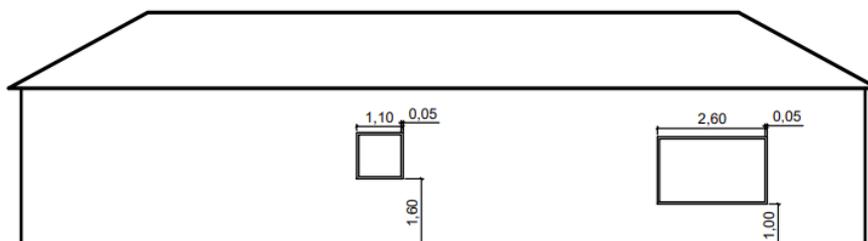
Fachada Direita

Figura 6. Fachada direita da maquete.



Fachada Traseira

Figura 7. Fachada traseira da maquete.



Fachada Esquerda

Figura 8. Fachada esquerda da maquete.

4.2 Material

O material escolhido para a testagem e execução do projeto foram: terra crua, areia, cana de açúcar, fibras vegetais (coco), argila e grama.

Os testes realizados com as matérias primas foram baseados na utilização proposta no projeto, ou seja, em qual parte da construção seriam utilizados. Os testes e utilizações sugeridas estão descritos no Quadro 1.

Quadro 1 – Utilização e teste de matéria prima.

Material	Utilização Proposta	Teste/Ensaio Proposto
Terra Crua	Estrutural; Adobe	Condutividade Térmica, Isolamento Acústico, Permeabilidade, Resistência a Compressão
Areia	Estrutural	Condutividade Térmica, Isolamento Acústico, Permeabilidade, Resistência a Compressão
Bambu	Estrutural; Forro	Condutividade Térmica, Isolamento Acústico, Permeabilidade, Resistência a Compressão
Fibras Vegetais	Auxílio Estrutural	Permeabilidade, Resistência a Compressão
Grama	Telhado Verde	Condutividade Térmica, Isolamento Acústico, Permeabilidade

A coleta foi realizada em vários pontos da cidade, para seguir o princípio do fácil acesso a matéria prima atrelado às bioconstruções.

4.3 Testes

Para assegurar a qualidade e a segurança da construção, foram realizados 4 diferentes testes e ensaios: Ensaio Mecânico de Resistência a Compressão, Ensaio

de Permeabilidade, Teste de Isolamento Acústico e Ensaio de Condutividade Térmica, todos baseados nas Normas Regulamentadoras da ABNT.

4.3.1 Ensaio Mecânico de Resistência a Compressão

Regulamentado pelas NBR5738, esse ensaio tem como objetivo estudar a resistência oferecida pelo corpo de prova em relação a uma força de compressão aplicada sobre ele. As normas possuem informações para ensaios feitos especificamente com concreto, logo, algumas alterações foram realizadas para que coubessem aos materiais escolhidos.

A NBR5738 especifica que os corpos de prova devem ser cilíndricos ou prismáticos. Em caso de corpos cilíndricos, estes devem ter 10cm, 15cm, 20cm, 25cm, 30 cm ou 45cm, e possuir altura igual ao dobro do diâmetro. Para os corpos prismáticos, é especificada uma seção transversal quadrada, e as dimensões dos corpos de prova devem ser seguidas a partir da Tabela 1.

Tabela 1 – Dimensões do corpo de prova e vão de ensaio

Dimensão básica mm	Comprimento mínimo mm	Vão de ensaio ^a mm
100	350	300
150	500	450
250	800	750
450	1400	1350

^a Conforme ABNT NBR 12142

Fonte: NBR5738.

Os corpos de prova, após devidamente moldados são levados a uma prensa, onde uma força de compressão é aplicada e a deformação obtida é medida e comparada a essa força, indicando se o material tem um comportamento satisfatório a cargas de compressão.

A resistência final do material é determinada pela seguinte fórmula:

$$\text{Resistência a Compressão} = \frac{\text{Carga da Ruptura (kg)}}{\text{Área da Seção Transversal (cm}^2\text{)}}$$

O resultado determinará se o material é seguro para ser utilizado como parte estrutural da construção.

4.3.2 Ensaio de Permeabilidade

Este ensaio é regulamentado pela NBR 14545, e tem como objetivo observar como o material se comporta a curto, médio e longo prazo quando medimos a sua absorção de água. A Norma citada anteriormente descreve apenas ensaios realizados em solos, então algumas alterações foram feitas.

Inicialmente, é necessário saturar a amostra do material (deixá-la totalmente cheia de água). A amostra saturada é colocada dentro de um permeâmetro, com

atenção para que este esteja bem vedado, impedindo a água de cair para os lados. Depois, é aplicada uma carga hidráulica (pressão de água) na amostra através do permeâmetro, gerando um gradiente de pressão. É medido o tempo necessário para que a água percole através do material, e a quantidade de água utilizada.

Os resultados são analisados a partir da seguinte fórmula:

$$k = \frac{Q \times L}{A \times T \times \Delta H}$$

Onde:

k = Coeficiente de permeabilidade

Q = Volume de água passado através da amostra

L = Espessura da amostra

A = Área da amostra

t = Tempo necessário para a água percorrer a amostra

ΔH = Diferença de carga hidráulica

A interpretação dos resultados se baseia no Quadro 2. Quanto maior a permeabilidade de um material, mais água ele é capaz de absorver.

Quadro 2. Relação entre permeabilidade e tempo de percolação da água.

Permeabilidade	k (cm/s)
Alta	$> 10^{-3}$
Alta	10^{-3} a 10^{-5}
Baixa	10^{-5} a 10^{-7}
Muito Baixa	10^{-7} a 10^{-9}
Baixíssima	$< 10^{-9}$

4.3.3 Teste de Isolamento Acústico

As questões referentes ao conforto sonoro nas edificações são regidas pela NBR10152, e os ensaios realizados no meio da construção civil são baseados na ISO10534-2 (*International Organization for Standardization*). O ensaio conta com a utilização de um Tubo de Impedância (Fig. 9).

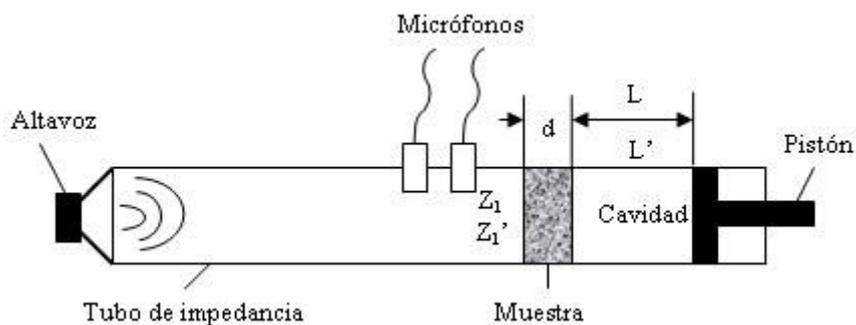


Figura 9. Ilustração esquemática de um tubo de impedância. Fonte: UPV.

O primeiro passo é posicionar as amostras o tubo – utilizando o tamanho correto de cada amostra – verificando se estas estão devidamente posicionadas, evitando vazamento de som. Uma fonte sonora é posicionada na extremidade aberta do tubo, emitindo sinais sonoros de variadas frequências. Os microfones, posicionados em uma área fechada do tubo, medem a pressão sonora refletida pela amostra.

O equipamento torna capaz o registro das informações relacionadas com a intensidade e a fase do som refletido. A partir destes dados, é possível calcular o coeficiente de absorção sonora do material em diferentes frequências. O resultado é calculado pelas seguintes fórmulas:

$$Z = \frac{P}{v}$$

Onde:

Z = Impedância acústica*

P = Razão entre a pressão sonora

v = Velocidade das partículas na amostra

$$\alpha = 1 - \left| \frac{Z_r}{Z_s} \right|^2$$

Onde:

Z_r = Impedância acústica da amostra

Z_s = Impedância acústica do ar

α = Coeficiente de absorção sonora

O Coeficiente de Absorção sonora varia de 0 a 1, onde α=0 indica que o material não absorve som, e α=1 indica que o material absorve todo o som incidente. Os resultados são calculados em diferentes frequências, e posteriormente organizados em um gráfico. Quanto mais absorvente o material, melhor é o isolamento acústico.

4.3.4 Ensaio de Condutividade Térmica

A Norma regulamentadora deste ensaio é a NBR15220-4, e o método utilizado é o da placa quente protegida. Para a realização do teste, é necessário montar um aparelho (Fig. 10) utilizando placas quentes e frias.

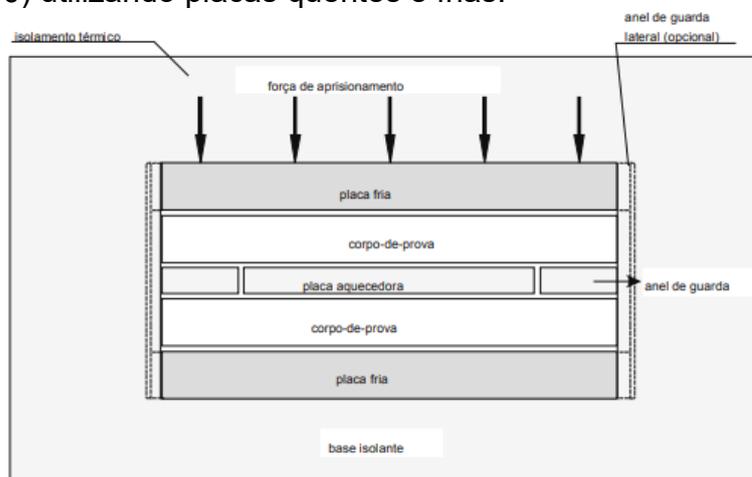


Figura 10. Esquema do aparelho com placas quentes e frias.

Dois corpos de prova idênticos são dispostos de forma horizontal em cada lado da placa central (quente) e colocado entre as placas frias.

O conjunto é envolvido por um isolante térmico, minimizando as perdas de calor. As placas frias devem possuir temperatura igual ou menor do que a ambiente, e a placa quente deve ser aquecida de forma constante, de modo a oferecer uma diferença de temperatura adequada através dos corpos de prova.

A medição das temperaturas é feita a partir de termopares localizados em pontos estratégicos nas placas frias, quentes e nos corpos de prova.

Em relação aos corpos de prova, estes devem ser representativos do material a ser testado, e ensaiados em temperaturas próximas as suas condições de uso. Sua espessura mínima é de 25mm e as dimensões laterais devem ser próximas as das placas quentes e frias, com diferença máxima de 1%.

No momento do ensaio, a temperatura do ar ambiente deve variar em, no máximo $\pm 2^{\circ}\text{C}$. Os corpos de prova devem ser medidos e pesados, determinado assim sua densidade. As amostras devem ser alinhadas com as placas quentes e frias, e as temperaturas destas devem ser reguladas e ajustadas. Os resultados são determinados através da medição da diferença de temperatura de ambas as faces dos corpos de prova. Porém, estes só serão considerados válidos quando, após 4 leituras consecutivas em um intervalo de 30 minutos, a condutividade térmica calculada possuir uma variação menor do que 0,5%. Os corpos de prova devem ser pesados imediatamente após o ensaio, verificando possíveis ganhos ou perdas de umidade.

A condutividade térmica é obtida a partir da equação a seguir:

$$\lambda = \frac{q/A}{\Delta T/e}$$

Onde:

λ = Condutividade térmica

q = Densidade de fluxo de calor

A = Área do corpo de prova

e = Espessura do corpo de prova

ΔT = Diferença de temperatura entre as faces

A resistência térmica é obtida pela expressão:

$$R = \frac{e}{\lambda}$$

Onde:

R = Resistência térmica

λ = Condutividade térmica

e = Espessura do corpo de prova

Quanto maior a resistência e menos a condutividade térmica, mais conforto térmico trará o material.

4.4 Construção da Maquete

A maquete foi construída após os ensaios realizados, utilizando os materiais que obtiveram os melhores resultados em escala global, visando o conforto e a segurança da edificação.

5 RESULTADOS E ANÁLISES

Os materiais foram testados individualmente, com ensaios adaptados para cada amostra seguindo as recomendações da NBR.

Os seguintes resultados foram obtidos:

5.1 Bambu

Tamanho da Amostra: 23x3x0,9cm

- Resistência a Compressão: 160,85 kPA (Aprox. 90kg)
- Permeabilidade: Baixa Absorção de Água – 0,004% (>1cm em 10 dias)
- Conforto Térmico: Satisfatório - Variação entre 6°C a 8°C
- Conforto Acústico: Satisfatório – Redução de aproximadamente 35% do ruído

5.2 Terra Crua (Adobe com fibras de bambu)

Tamanho da Amostra: 10x20x5cm

- Resistência a Compressão: 2200 kPA (Aprox. 270kg)
- Permeabilidade: Alta Absorção de Água – 1,2% (5cm em 1 hora)
- Conforto Térmico: Satisfatório - Variação entre 10°C a 12°C
- Conforto Acústico: Satisfatório – Redução de aproximadamente 20% do ruído

5.3 Areia (Adobe com fibras de bambu)

Tamanho da Amostra: 10x20x5cm

- Resistência a Compressão: 1961,33 kPA (Aprox. 240kg)
- Permeabilidade: Alta absorção de Água – 4,8% (20cm em 1 hora)
- Conforto Térmico: Satisfatório – Variação de 10°C a 15°C
- Conforto Acústico: Satisfatório – Redução de aproximadamente 15% do ruído

5.4 Grama

Tamanho da Amostra: 10x10cm

- Permeabilidade: Alta absorção de Água- 3,6% (15cm em 1h)
- Conforto Térmico: Satisfatório – Variação de 6°C a 12°C
- Conforto Acústico: Médio – Redução de aproximadamente 8% do ruído

Todos os materiais testados se mostraram viáveis para serem utilizados de alguma forma em uma bioconstrução. Em um ponto de vista geral, os materiais estruturais com os melhores resultados foram o bambu e o adobe de terra crua, escolhidos para serem utilizados na maquete. É importante salientar que os materiais utilizados passaram pelos ensaios *in natura*, ou seja, sem nenhum tratamento prévio.

O recomendado para a utilização dessa matéria prima na realidade é a realização de um tratamento adequado para a função que ela ia exercer na construção, como a utilização de impermeabilizantes e produtos antipragas, garantindo a segurança e a longevidade da edificação.

Além dos bons resultados, os materiais se mostraram satisfatórios por não possuírem nenhum custo, sendo apenas necessária à coleta deles. Isso reduz consideravelmente o custo final da construção, já que o gasto com matéria prima será mínimo.

A maquete foi produzida baseada nos projetos arquitetônicos feitos previamente (Fig. 11). O piso foi feito com terra crua, a parte externa das paredes foi feita com bambu e a interna com adobe de terra crua com fibras de bambu, com o mesmo padrão para as paredes internas. O forro foi construído com adobe externo e

bambu interno, e o telhado feito com bambu e grama, além de outras plantas ornamentais.



Figura 11. Esboço da Maquete.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados indicam que as bioconstruções se mostram extremamente viáveis e aptas a serem utilizadas, competindo com as construções tradicionais. Os materiais utilizados apontam propriedades tão boas quanto ou até mesmo melhores do que os utilizados em construções tradicionais. Além do mais, os materiais podem ser facilmente encontrados nas áreas a serem construídas ou podem tranquilamente ser cultivados, garantindo uma redução de até 70% no custo total da obra e simplificando o acesso da população a habitações de qualidade.

No quesito ambiental, as bioconstruções são visivelmente menos nocivas ao meio ambiente em comparação com as construções tradicionais, graças ao uso de materiais naturais e biodegradáveis, evitando a extração descontrolada de matéria prima não renovável e o descarte inadequado de resíduos, além de diminuir a produção deles.

Por fim, é possível concluir a viabilidade das bioconstruções como solução social e ambiental para os problemas das construções tradicionais, mostrando que é possível que o cuidado com a natureza e o crescimento urbano podem andar juntos quando atrelados a uma alternativa de desenvolvimento sustentável.

Este trabalho foi publicado na forma de resumo expandido nos Anais da XI Jornada de Produção Científica e Tecnológica e XIV Ciclo de Palestras Tecnológicas (CIPATEC) no IFSP campus São Roque (Saad; Santos, 2023)¹. Além disso, recebeu Menção Honrosa pelo melhor trabalho na área de Meio Ambiente do mesmo evento (Fig. 12).

¹ Disponível em: https://fernandosantiago.com.br/cipatec_SarahFernando.pdf



Figura 12. Certificado de Menção Honrosa de melhor trabalho na área de meio ambiente durante evento científico.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNR NBR 10152**. Acesso em: jul. 2022.

_____. **ABNR NBR 14545**. Acesso em: jul. 2022.

_____. **ABNR NBR 15220-4**. Acesso em: jul. 2022.

_____. **ABNR NBR 5738**. Acesso em: jul. 2022.

BEATRIZ, R. O que é bioconstrução: entenda o conceito e aprenda enquanto viaja.

Worldpackers, [s.l.], p. 1-1, 29 set. 2022. Disponível em:

<<https://www.worldpackers.com/ptBR/articles/bioconstrucao>>. Acesso em: 16 nov. 2022.

DA SILVA, D. A. A. C. A viabilidade técnica e econômica do uso do bambu: a utilização do *Bambusa vulgaris* como entramado nas construções em taipa. **Dissertação** (Mestrado) - UFBA, Salvador - BA, 2011. Disponível em:

<<https://repositorio.ufba.br/bitstream/ri/18470/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O%20DEIR%20MEAU%202011.pdf>>. Acesso em: 18 nov. 2022.

DA SILVA, G. K. L.; GOMES PEREIRA, S. Bioconstrução como alternativa construtiva. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Graduação em Engenharia Civil) - UniEvangélica, Anápolis - GO, 2019. Disponível em:

<http://repositorio.aee.edu.br/bitstream/aee/8655/1/TCC2%202019_1%20Gabriela%20e%20Samuel.pdf>. Acesso em: 17 nov. 2022.

IBGE, **Censo 2022**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/saude/22827-censo-demografico-2022.html>>. Acesso em: 13 nov. 2023.

IPOEMA, **7 técnicas de bioconstrução para fazer uma casa ecológica**, s.d.

Disponível em: <<https://ipoema.org.br/7-tecnicas-de-bioconstrucao-para-fazer-uma-casa-ecologica/#:~:text=Por%20princ%C3%ADpio%2C%20a%20bioconstru%C3%A7%C3%A3o%20se>>. Acesso em: 13 nov. 2023.

KATH-ACKERMANN, G. Engenharia Civil na escola básica: explorando a bioconstrução como temática interdisciplinar de ensino. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/192368/20181212133652913%20%282%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 17 nov. 2022.

PINHA, P. R. S.; PROMPT, C. H.; LA NOCE, E. M.; AMORAS, A. da S. Bioconstrução na Reserva Biológica do Lago Piratuba: Sustentabilidade e Tecnologias Apropriadas. **Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade**, p. 1-20, 15 nov. 2015. Disponível em: <<https://core.ac.uk/download/pdf/228999995.pdf>>. Acesso em: 16 nov. 2022.

PROMPT, C. **Curso de Bioconstrução**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2008. Disponível em: <https://comosereformaumplaneta.files.wordpress.com/2013/09/cursodebioconstrucao3a7c3a3o.pdf?utm_medium=website&utm_source=archdaily.com.br>. Acesso em: 18 nov. 2022.

REDAÇÃO. Bioconstrução como alternativa para minimizar os impactos ambientais da construção civil. **Jornal Do Sudoeste**, São Sebastião do Paraíso, MG, p. 1-1, 18 nov. 2021. Disponível em: <<https://jornaldosudoeste.com.br/noticia.php?codigo=210825>>. Acesso em: 16 nov. 2022.

SAAD, S. S. ; SANTOS, F. S. dos . Bioconstruções: uma alternativa sustentável para habitação utilizando materiais disponíveis em São Roque – SP. **Anais e Resumos**. XI Jornada de Produção Científica e Tecnológica e XIV Ciclo de Palestras Tecnológicas (CIPATEC): ciências básicas para o desenvolvimento sustentável. São Paulo, SP: IFSP São Paulo, 2023. v. 11. p. 212-215.

SOARES, A. **Soluções Sustentáveis: Construção Natural**. 1.ed. Pirenópolis, GO: Calango Editora, 2007. Disponível em: <https://issuu.com/ecocentro/docs/solucoes_sustentaveis3>. Acesso em: 18 nov. 2022.

TAVARES, P. O mundo atingiu a marca das 8 mil milhões de pessoas. **Euronews**, [s. l.], 14 nov. 2022, Mundo, p. 1-1. Disponível em: <<https://pt.euronews.com/2022/11/14/o-mundo-atingiu-a-marca-das-8-mil-milhoes-pessoas>>. Acesso em: 16 nov. 2022.

TETO BRASIL. **Relatório de Impacto 2021**. Disponível em: <<https://conteudo.teto.org.br/nac-relatorio-de-impacto-2021-teto-brasil>>. Acesso em: 13 nov. 2023.