# O POTENCIAL SIMBIÓTICO ENTRE SISTEMAS CONSTRUTIVOS EM BAMBU COM SISTEMAS AGROFLORESTAIS

## *THE SYMBIOTIC POTENTIAL BETWEEN BAMBOO CONSTRUCTION SYSTEMS AND AGROFORESTRY SYSTEMS*

Luiz Vicente Ferreira Fasciotti [1]; Marcos Martinez Silvoso[2].

*[1]Mestre em Arquitetura e Urbanismo pelo PROARQ/UFRJ | luiz.fasciotti@fau.ufrj.br | UFRJ | Rio de Janeiro, Brasil; [2] Doutor pelo Programa de Engenharia Civil da COPPE/UFRJ| silvoso@fau.ufrj.br | UFRJ | Rio de Janeiro; Brasil;*

**Resumo:**
A recuperação de solos degradados e o fortalecimento do pequeno produtor rural apontam o Sistema Agroflorestal Sucessional, desenvolvido por Ernest Götsch (1995), como uma alternativa promissora para o meio rural brasileiro. Este trabalho tem como objetivo identificar materiais naturais oriundos da produção agroflorestal com potencial de aplicação na construção civil, com ênfase na espécie de bambu *Phyllostachys makinoi*, cultivada em uma agrofloresta localizada em Visconde de Mauá (RJ). A pesquisa adota como referência as técnicas construtivas descritas por López (1981) em *Manual de Construcción con Bambú*, avaliando sua viabilidade no contexto analisado. A metodologia consiste em um estudo qualitativo dividido em três etapas: modelagem eletrônica da estrutura (tesoura), construção de uma maquete física em escala reduzida e execução de um protótipo em escala real. Durante o processo, foram analisados aspectos como dificuldades construtivas, ferramentas utilizadas, tempo de execução e materiais necessários. Os resultados evidenciam a simplicidade da execução e o potencial de replicação da estrutura em ambientes rurais, oferecendo subsídios técnicos e científicos para o desenvolvimento de soluções sustentáveis voltadas à habitação rural no Brasil.

**Palavras-chave:**
*Construções com bambu; Agricultura Familiar; Agroflorestas.*

**Abstract:**
The recovery of degraded soils and the empowerment of small rural producers highlight the potential of the Successional Agroforestry System, developed by Ernest Götsch (1995), as a promising approach for the Brazilian rural context. This study aims to identify natural materials derived from agroforestry production that can be applied in civil construction, with emphasis on the Phyllostachys makinoi bamboo species, cultivated in an agroforestry system in Visconde de Mauá (RJ). The research draws on construction techniques presented by López (1981) in Manual de Construcción con Bambú, assessing their applicability in the selected case study. The methodology consists of a qualitative investigation carried out in three stages: digital modeling of the truss structure, construction of a scaled physical model, and execution of a full-scale prototype. Throughout these stages, aspects such as construction challenges, tools used, execution time, and material requirements were analyzed. The results demonstrate the ease of assembly and the potential for replicating the structure in rural settings, contributing technical and scientific insights to the discourse on sustainable rural housing in Brazil.

***Keywords:***
*Bamboo Constructions; Family Farming; Agroforestry.*

## 1. INTRODUÇÃO

Fazendo um recorte de tempo e espaço relativos ao Brasil pós industrialização do campo, analisamos que a falta de políticas públicas direcionadas fez com que esse processo criasse distorções no cenário rural brasileiro contemporâneo, a partir do início da década de 60, observou-se no Brasil um rápido e intenso processo de êxodo rural, o censo demográfico 2010 aponta que dentro do período compreendido entre as décadas de 1960 e 1980 o Brasil apresentou mais de 20 milhões de migrantes no país. (Patarra, 2003). Sua motivação se deu por diversos fatores socioespaciais, destacando-se as políticas de industrialização de substituição de importação e a mecanização do campo como os principais fatores de atração/repulsão desses habitantes (Alves, 2011).

Em paralelo, o pequeno produtor rural se mostra crucial para a conjuntura brasileira, dados do Censo Agropecuário 2017-2018 (IBGE), revelam que 76,8% dos 5,073 milhões de estabelecimentos rurais do Brasil foram caracterizados como pertencentes à agricultura familiar. Essa modalidade tem a capacidade de produzir de forma diversificada, possibilitando garantir a sua segurança alimentar ao mesmo tempo que contribui para a alimentação básica da população urbana do país (May, Trovatto, 2008).

É neste cenário, que sistemas de plantio baseados na policultura, se colocam como alternativa para um sistema econômico mais produtivo e alinhado com a agricultura familiar. A agricultura Sintrópica, Sistema Agroflorestal Sucessional ou SAF, desenvolvida por Ernest Gotsh (1995), com resultados publicados em “Breakthrough in Agriculture” se mostrou eficiente na recuperação de solos extremamente degradados, aparecendo como uma possível e poderosa ferramenta de auxílio ao pequeno produtor, pois além de ajudar na recuperação do solo, possui reduzido custo entrópico, se desenvolvendo com um gasto mínimo de energia reaproveitando a matéria orgânica do próprio sistema, sem maquinaria pesada, agrotóxicos, insumos e defensivos químicos.

Além deste cenário, a sociedade contemporânea enfrenta também crescentes desafios ambientais devido à produção de bens de consumo, nesse contexto, a construção civil, responsável por grandes emissões poluentes e consumo de recursos naturais, emerge como um agente chave nessa transformação. A procura por materiais e técnicas construtivas que se integram no setor da construção civil sustentável precisa crescer, já que o setor está entre os que mais polui, é fundamental que também seja o setor cujos profissionais mais se preocupem em inverter o processo (Bicalho, 2020).

Em universidades de países em desenvolvimento, o ensino e a pesquisa ainda se concentram em materiais como aço e concreto, seguindo padrões dos países industrializados. Isso resulta na supressão de atividades em áreas rurais e em cidades pequenas, gerando desemprego e déficit habitacional, e levando ao desperdício de recursos não renováveis e à poluição contínua. Portanto, torna-se evidente que a adoção de materiais ecológicos atende a requisitos cruciais, como a redução do consumo de energia, a preservação dos recursos naturais, a diminuição da poluição e a promoção de um ambiente saudável (Ghavami, 2001).

Analisando este cenário, Marques, Luiz e da Silva (2020) destacam o bambu como grande alternativa construtiva, destacando-o entre os materiais renováveis e de baixo impacto ambiental mais promissores para uso na construção civil. Com mais de 1300 espécies identificadas globalmente, o Brasil abriga a segunda maior diversidade de bambus no mundo, ficando apenas atrás da China, concomitantemente, Caldas *et al.* (2020) identificaram que é possível concluir que o bambu tem potencial para contribuir positivamente na mitigação das mudanças climáticas, gerando créditos ambientais por seu uso na construção civil.

Em paralelo a isto, conquistas importantes no cenário brasileiro veem acontecendo, a principal delas é a norma brasileira para construção com bambu ABNT NBR 16828 (ABNT, 2020) além de percebemos obras relevantes com este material sendo executadas no país, Bussinger *et al.* (2015) realiza um estudo sistemático envolvendo dez casos construídos a partir de 2017, tanto no Brasil quanto no exterior, e revela a adoção de soluções diversificadas para conexões e técnicas

construtivas, que conciliam requisitos normativos, disponibilidade de mão de obra e características locais.

Usando como ponto de partida sistemas agroflorestais que se apresentam como potenciais respostas ao cenário rural brasileiro atual, este estudo direciona-se ao papel da habitação nessa equação, tendo como foco analisar possibilidades de integração de métodos construtivos à agricultura através da utilização de materiais provenientes de Sistemas Agroflorestais Sucessionais. Este artigo é parte de um trabalho maior que busca através do estudo de caso situado em Visconde de Mauá, realizar uma análise para elencar quais materiais naturais podem ser retirados da produção para que seu uso seja destinado à construção civil analisando alternativas metodológicas que auxiliem o pequeno produtor rural a obter maior compreensão em relação as propriedades do material que se tem disponível em um cenário de autoconstrução. A intenção é auxiliar na aproximação da comunidade rural do conhecimento científico e literário, tornando o processo de construção mais acessível e eficiente para os pequenos produtores.

A carência de conhecimento técnico e a aplicação inadequada do bambu ao longo do tempo contribuíram para sua associação a construções precárias e temporárias, reforçando um estigma negativo em relação ao seu uso na construção civil. Para reverter essa percepção, torna-se fundamental o investimento em capacitação profissional e na disseminação de diretrizes técnicas que envolvam o projeto, o tratamento e a manutenção do material, assegurando a segurança e a durabilidade das estruturas. A compreensão de aspectos como morfologia, espécies adequadas e processos de tratamento do bambu é indispensável para sua utilização eficiente e segura. Além disso, é necessário considerar sua inserção em sistemas agroflorestais, compreendendo sua função ecológica e viabilizando um manejo que não comprometa a produção agrícola. Este estudo tem como objetivo examinar essas premissas e avaliar a viabilidade do uso do bambu no contexto do estudo de caso proposto.

## 1.1. BAMBUS NAS AGROFLORESTAS

Devido às suas propriedades morfológicas e ao rápido crescimento, os bambus são amplamente empregados em diversos Sistemas Agroflorestais (SAFs). Apresentando ciclos de crescimento de médio a curto prazo, essas espécies perenes são consideradas prioritárias dentro do sistema, sendo utilizadas tanto para o autoconsumo — com o objetivo de garantir a segurança e soberania alimentar das famílias agricultoras — quanto para a geração de renda por meio da comercialização. Adicionalmente, o bambu desempenha funções complementares na plantação, como a de quebra-ventos. Para exercer essa função adequadamente, os quebra-ventos devem ser posicionados perpendicularmente aos ventos predominantes da região, evitando a formação de barreiras muito fechadas ou densas. A permeabilidade é essencial, permitindo a passagem parcial dos ventos através das copas, razão pela qual plantas flexíveis, como o bambu, são recomendadas (May, Trovatto, 2008).

Considerando seu crescimento vigoroso e capacidade de multiplicação, o manejo do bambuzal torna-se uma prática recorrente, voltada ao controle das touceiras para viabilizar seu uso como quebra-vento. Tal manejo implica na retirada periódica de material, o que posiciona o bambu como importante recurso natural para utilização construtiva por pequenos agricultores. O bambu pode fornecer matéria-prima para a construção de acabamentos, estruturas, esteiras, ripas, coberturas e diversos outros componentes construtivos. Esta pesquisa tem por objetivo analisar o potencial de utilização dos colmos de bambu produzidos em agroflorestas familiares como elementos estruturais de cobertura, enquadrando seu uso em ciclos médios de produção e respeitando boas práticas construtivas, que recomendam o aproveitamento exclusivo de varas maduras, com idade mínima de três anos para manejo.

## 2. MÉTODOS

Todos os processos metodológicos envolvidos na produção deste trabalho visam a fácil replicação pelo pequeno produtor rural com intuito de colaborar com sua utilização em um contexto de autoconstrução rural.

### 2.1. ESTUDO DE CASO - EBIOBAMBU

A escolha da análise de um estudo de caso se justifica pelo intuito do trabalho de se aproximar da realidade do agricultor. Para que seja possível a utilização de materiais provindos de SAF's é necessária a busca pelas especificidades presentes em cada contexto que este tipo de colheita está presente, assim, se torna possível entender os desafios enfrentados pelo pequeno produtor rural em questão, contribuindo para a identificação das lacunas que possam vir a ser preenchidas com o auxílio de material científico de carácter didático, contribuindo para melhoria da produção do hábitat rural.

O presente trabalho adota como estudo de caso a Escola de Bioarquitetura e Centro de Pesquisa e Tecnologia Experimental em Bambu, localizada em Visconde de Mauá e inaugurada em 2002 pela arquiteta Celina Llerena. A instituição atua na preservação da biodiversidade e na recuperação de áreas degradadas por meio da implementação de sistemas agroflorestais biodiversos e agroecológicos. Além disso, desenvolve pesquisas e experimentações voltadas à difusão de conhecimentos e ao aprimoramento de técnicas construtivas com materiais naturais e ecológicos, como terra, fibras, materiais recicláveis e, em especial, o bambu.

A escolha da localidade se deve ao carácter educacional e de divulgação científica que a escola já possui. A plantação da SAF foi iniciada em 2017 e no contexto do sistema de sucessão natural onde existem colonizadoras, pioneiras, secundárias e climáticas; a plantação da escola se encontra entre a primeira e segunda fase. A justificativa quanto ao interesse desta plantação se fundamenta pela possibilidade de análise ainda em sua fase inicial, possibilitando estudar os desafios que o pequeno produtor rural se depara no começo de sua jornada de trabalho.

Para entender as demandas específicas da localidade, foi realizada entrevista com a coordenadora da escola/agrofloresta e através de seus relatos foram constatadas informações importantes acerca das especificidades e dificuldades do contexto local, destacando-se: (1) Vegetações frutíferas e lenhosas da SAF não poderiam ser utilizadas como material de construção, os exemplares não se encontravam em fase adulta e sua retirada atrapalharia o desenvolvimento completo do sistema; (2) A SAF encontra-se com diversas espécies plantadas ainda em fase de crescimento, podendo destacar gramíneas como bambus da espécie Dendrocalamus Asper (Bambu Gigante), Phyllostachys Aurea (Cana da Índia) e Phyllostachys Makinoi (Makinoi), diversos tipos de palmeiras, vegetações da família Arecaceae, como a Euterpe edulis Martius (Juçara) e a Attalea Funifera (Piaçava), vegetações lenhosas como o Eucalipto Corymbia Citriodora (eucalipto-limão) e vegetações frutíferas como Musa spp (banana) e Persea Americana Mill (abacate); (3) Havia carência de infraestrutura para plantação, o local em que as ferramentas eram guardadas se localizava muito distante do local da colheita, se fazendo necessária a construção de um pequeno depósito ao lado da SAF.

Partindo das informações coletadas através da entrevista, foram escolhidos os materiais e técnicas construtivas que seriam abordados na pesquisa.

### 2.2. TESOURA DE BAMBU

Em relação ao estudo de caso de Visconde de Mauá, é possível destacar que a agrofloresta em questão já apresenta bambus em estágio maduro, frisando que esse tipo de vegetação já requer manejo desde os primeiros anos de plantação. Em Mauá os bambus agem como quebra-ventos e demarcadores de propriedade, sendo necessário seu manejo recorrente. O estudo pretende em suas próximas etapas analisar o uso deste material como sistema de cobertura, com o enfoque da necessidade de alternativas eficientes para o contexto da autoconstrução.

Como metodologia, este estudo adota e analisa as técnicas descritas por López (1981) em seu *Manual de Construcción con Bambú*, obra que permanece como referência fundamental para o entendimento das tesouras em bambu. Tal manual apresenta fundamentos técnicos clássicos e detalhados, que sustentam práticas construtivas tradicionais ainda amplamente utilizadas. A relevância dessa obra justifica-se pela escassez de publicações especializadas na área, pela importância histórica na compreensão da evolução das técnicas estruturais em bambu e pela validação prática contínua dessas soluções ao longo do tempo.

Embora existam alternativas modernas para as ligações entre colmos apresentadas por López, Aniñón e Garciano (2024) demonstram e caracterizam diversos tipos de conexões descritos em estudos recentes, destacando soluções que apresentam desempenho mecânico aprimorado. Contudo, os autores ressaltam, na conclusão de seu trabalho, que em países em desenvolvimento, onde o bambu é abundante, é imprescindível promover conectores que sejam facilmente acessíveis, disponíveis localmente e de simples instalação. A adoção de conectores modernos e tecnologicamente avançados, embora satisfatórios, pode representar um custo elevado que dificulta a disseminação e implementação ampla das estruturas em bambu, corroborando com a escolha da estrutura para o contexto rural analisado.

Para fins experimentais, será construído um protótipo de tesoura em bambu, conforme detalhado na referida obra, utilizando material proveniente da agrofloresta de Mauá. A Figura 1 apresenta o desenho esquemático da tesoura e de algumas de suas conexões estruturais em bambu.

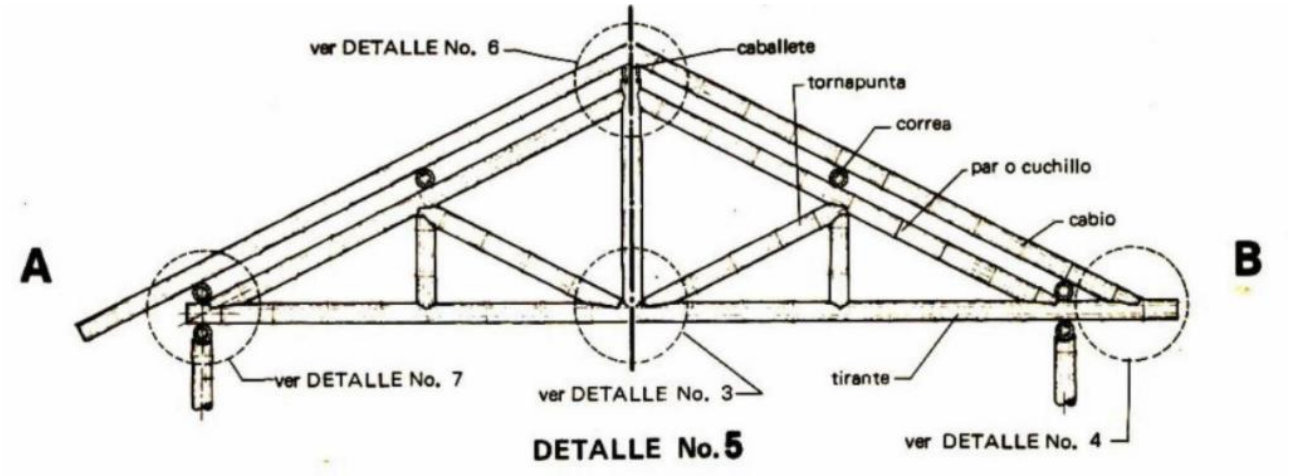


Figura 1: Tesoura em bambu.
Fonte: Lopez (1981).

A metodologia adotada nesta investigação consiste em um estudo qualitativo da estrutura, dividido em três etapas: inicialmente, a reprodução da tesoura em maquete eletrônica; em seguida, a construção de uma maquete física em escala reduzida; e, por fim, a execução de um protótipo em escala real. Ao longo dessas etapas, serão analisados aspectos como dificuldades construtivas, ferramentas utilizadas, tempo de execução e materiais empregados. Esses elementos permitirão avaliar a viabilidade das técnicas propostas, especialmente quanto à sua aplicabilidade em contextos rurais, onde fatores como simplicidade construtiva e otimização do tempo são determinantes. Estruturas que demandam um grande número de conexões ou o uso intensivo de elementos metálicos próximos entre si, por exemplo, tendem a apresentar maior complexidade de execução e acabamento, comprometendo sua eficiência em cenários com recursos de mão de obra limitados.

Durante a primeira etapa da pesquisa foi realizada uma maquete virtual no software SketchUp Pro 2022 para definição das dimensões e proporções que seriam utilizadas na tesoura. Na Figura 2 é possível analisar as cotas principais da estrutura, ficando estabelecido o vão de 3,5m e altura de

1m. Como o material seria transportado de Visconde de Mauá até o canteiro experimental da UFRJ, a dimensão máxima de 3,5m foi escolhida para possibilitar o transporte em carro de passeio.

Com a realização da maquete foi possível realizar o romaneio de todas as peças da estrutura, facilitando e otimizando o momento da retirada do material na agrofloresta. O software poderia ser substituído por um desenho a mão em escala caso esse processo seja reproduzido pelo produtor rural. Após definição das dimensões em maquete virtual, foi realizada uma maquete física em escala para outras análises. A Figura 2 também mostra o resultado da maquete. A maquete física foi realizada com palitos de bambu para churrasco. Durante sua execução algumas informações importantes puderam ser analisadas.

A última imagem da Figura 2 mostra a maquete virtual atualizada com a presença de modificações de projeto visando facilitar a construção da tesoura dentro do contexto analisado.

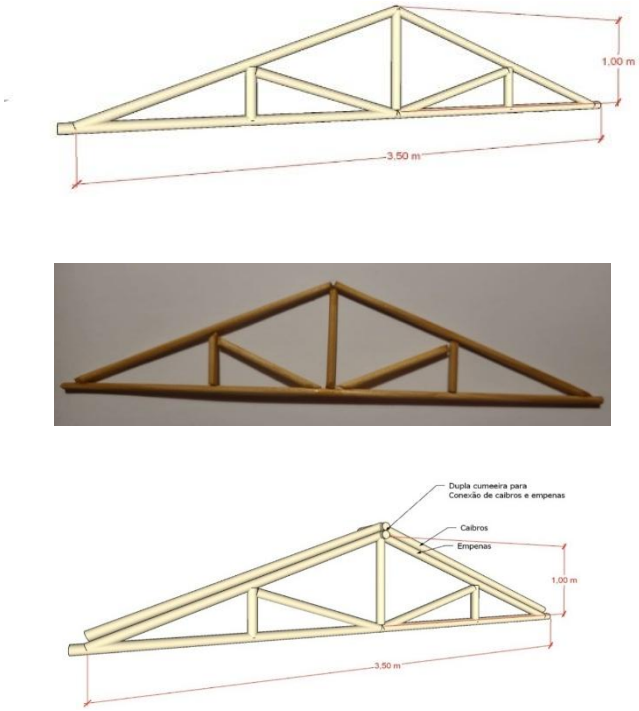


Figura 2: Processo de projeto da tesoura, da mais alta para a mais baixa: (a) Maquete virtual para definição das dimensões; (b) Maquete física em escala; (c) Maquete virtual com as modificações realizadas.

Fonte: Os autores.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a construção da maquete em escala reduzida, identificou-se uma dificuldade significativa na execução de encaixes com ângulos distintos de 90º. Essa limitação sinalizou um possível desafio também na etapa de execução do protótipo em escala real. Outra questão relevante observada foi o encontro das duas empenas na região da cumeeira. No projeto original de López, as empenas são encaixadas diretamente no pendural, com os caibros posicionados sobre essas conexões. No entanto, a reprodução física em maquete evidenciou a complexidade desse encaixe, especialmente pela ausência de uma peça de conexão que garantisse precisão e estabilidade no encontro das empenas, dificultando o posicionamento adequado dos caibros. Em função dessa limitação, foi proposta uma modificação no projeto original com o objetivo de facilitar a montagem e assegurar maior exatidão no encaixe. A imagem (c) da Figura 2 ilustra o projeto revisado, considerando essas análises.

Após a revisão de projeto, foi realizada visita à campo para retirada dos colmos de bambu que seriam utilizados para execução do projeto. Durante a visita a espécie *Phyllostachys Makinoi* foi a escolhida para ser utilizada. Sua escolha foi feita em conjunto com a equipe responsável pelo

manejo da agrofloresta da Ebiobambu, os critérios utilizados foram a abundância da touceira, a baixa relevância dessas varas para a saúde da SAF e o fato de ser uma espécie alastrante. A importância do último fator citado foi muito visível durante a visita, espécies como *Dendrocalamus Asper* (Bambu Gigante) que são entouceirantes apresentam uma dificuldade bem maior para seu manejo, como os colmos mais antigos normalmente se apresentam no interior da touceira, seu acesso acaba ficando dificultado, em contrapartida, espécies alastrantes como a escolhida (*Phyllostachys Makinoi*) se mostram de bem mais fácil manejo, sendo possível a caminhada livre por dentro da área da touceira permitindo uma escolha facilitada dos colmos mais antigos para retirada. Os diâmetros dos colmos disponíveis tinham em média 8cm e 4 metros de comprimento. O mosaico de fotos da Figura 3 mostra o processo de coleta dos colmos.

Após a retirada dos colmos, foi realizada uma pré montagem da estrutura, realizando os cortes das peças e os encaixes principais da estrutura, para este processo foram utilizados arcos de serra, furadeiras com serras copo e serras tico tico. Neste processo foi possível analisar o potencial que o material possui para realização de estruturas pré-moldadas, com um romaneio adequado é totalmente possível realizar uma construção completa pré-fabricada de bambu, revelando mais uma característica importante para a especificação desse material. Este processo também pode ser visto na Figura 3.

Com as peças transferidas para o canteiro experimental da UFRJ foi realizada uma estrutura com blocos de concreto e lona plástica para realização do tratamento dos colmos retirados de Visconde de Mauá. Devido a quantidade de varas e os materiais disponíveis foi escolhido o tratamento por imersão em composto químico. O composto químico foi escolhido com base nas substâncias mais utilizadas nesse tipo de tratamento, a disponibilidade e devido ao baixo custo, visando sempre sua replicação facilitada pelo pequeno agricultor. Foi calculado o volume da estrutura para realizar a solução de octaborato de sódio, sulfato de cobre e água em uma proporção de 3kg de octaborato e 500g de sulfato de cobre para cada 100l de água. A última imagem da figura 3 demonstra o processo de tratamento.

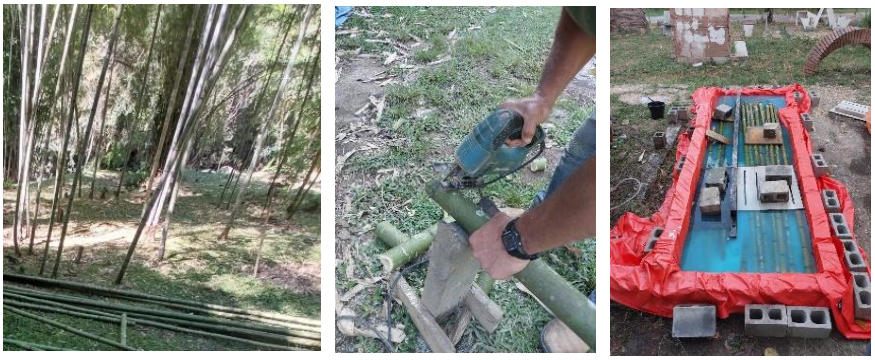

Figura 3: Processo de coleta, corte e tratamento das varas de bambu.
Nota: A imagem mais acima esquerda mostra a escolha e retirada do material; a do meio retrata o corte para transporte; e direta observamos os colmos durante o tratamento por imersão.
Fonte: Os autores.

Depois de uma semana imersos em solução os colmos de bambu foram retirados do tanque de tratamento e foi iniciado o processo de secagem à sombra que perdurou por 2 semanas. Após chegarem na umidade ideal o processo de execução da tesoura foi iniciado.

Durante a montagem do protótipo em verdadeira grandeza diversas questões importantes puderam ser analisadas. Para a realização dos encaixes foram utilizadas barras roscadas retas e em formas de gancho, técnica muito utilizada na arquitetura em bambu colombiana, esse tipo de conexão é chamada de “boca de pescado”. A Figura 4 demonstra esse tipo de encaixe.



Figura 4: Execução de uma boca de pescado.
Fonte: Ebiobambu – Celina Llerena.

Como previsto nas fases de maquete, as conexões com ângulos menores que 90º foram as que apresentaram maior dificuldade para serem realizadas, demandando muito mais tempo para suas confecções e exigindo um grau de acabamento mais apurado a fim de garantir um perfeito encaixe, para replicação no contexto rural o estudo indica uma atualização de projeto visando manter somente as conexões a 90º entre as peças de bambu.

Outra dificuldade analisada foi a importância de ferramentas como furadeiras e serras tico tico, é possível a execução dos encaixes apenas com ferramentas manuais, porém sua dificuldade e tempo de execução praticamente inviabilizam estruturas maiores, portanto, um dos entraves analisados para replicação no campo é a necessidade de ferramental com maior custo para aquisição.

A premissa para a instalação das barras roscadas foi seguir a tipologia de gancho em conexões a 90º graus e barras retas para as conexões com ângulos agudos. De acordo com a revisão bibliográfica foi possível analisar no canteiro uma questão morfológica fundamental para esse tipo de encaixe. As conexões a 90º permitem uma distância do furo da barra muito mais próxima ao nó do bambu, em contrapartida as outras conexões apresentam uma dificuldade maior para a instalação próxima ao nó, com isso foi perceptível a fragilidade no momento da inserção das barras roscadas nas fibras mais longes ao nó do bambu.

Outra questão observada foi a dificuldade na conexão dos encaixes das empenas e do pendural da tesoura, a peça da cumeeira dupla que recebe todas as barras roscadas acaba ficando sobrecarregada e fragilizada devido a quantidade de furos necessários, uma revisão de projeto para solucionar essas duas questões relatadas se mostra importante para melhor execução da peça. A Figura 5 mostra as duas conexões relatadas, por fim, um dado relevante constatado durante a execução foi o tempo gasto para realização da tesoura no canteiro experimental.



Figura 5: Encaixes realizados e tesoura finalizada.
Fonte: Os autores.

Analisando os resultados gerais, foram gastos apenas 3 colmos de bambu e foi possível realizar todas as conexões, encaixes e instalação das barras roscadas em um período de 6 horas de trabalho de apenas uma pessoa sem experiência prévia. Essa pequena quantidade de material somada a agilidade para execução destina ao bambu uma importante característica para cenários que exigem urgência para realização de estruturas sem necessitar grande quantidade de material

e especialização de mão-de-obra, se colocando como uma potencial alternativa para replicabilidade no cenário do recorte da pesquisa. A Figura 5 apresenta a tesoura concluída.

## 4. CONCLUSÕES

A execução bem-sucedida de uma tesoura para coberturas em bambu, utilizando materiais provenientes de agroflorestas, representa uma informação importante no campo do estudo. Ao longo deste trabalho, foi explorada a viabilidade e os desafios associados à utilização de rejeitos agroflorestais como uma alternativa ecologicamente consciente para materiais de construção convencionais. O estudo de caso apresentado foi crucial para destacar as complexidades e oportunidades envolvidas na fabricação de uma tesoura de bambu funcional em escala real. Embora tenham sido encontradas algumas dificuldades durante o processo de encaixe, essas podem ser superadas com pequenas alterações projetuais. Através da resolução de problemas e adaptações, identificamos um potencial significativo para a replicação deste método em contextos rurais.

Ao considerar o impacto ambiental positivo, a utilização de materiais provenientes de agroflorestas não apenas promove a sustentabilidade, mas também fortalece a economia local, ao aproveitar recursos disponíveis na região. Além disso, a construção de estruturas utilizando bambu apresenta vantagens adicionais, como resistência, durabilidade e baixo custo.

Portanto, este estudo não apenas aponta o potencial para utilização de rejeitos agroflorestais na construção, mas também destaca o potencial de impulsionar práticas sustentáveis e inovadoras na indústria da construção. À medida que avançamos, é imperativo continuar explorando e expandindo essas iniciativas, para promover um futuro mais verde e resiliente.

Além disso, é importante ressaltar que este artigo incentiva pesquisas futuras a conduzirem testes de desempenho detalhados na tesoura de bambu desenvolvida, a fim de validar sua eficácia em diferentes condições de carga. Esses testes podem contribuir significativamente para a compreensão mais aprofundada da durabilidade, resistência e viabilidade estrutural da tesoura, consolidando ainda mais sua aplicabilidade na prática. Pesquisas nesse sentido já estão sendo desenvolvidas e veem apresentando excelentes resultados, Barbosa e Carbonari (2017) constataram o potencial do bambu para ser utilizado como material estrutural de tesouras de edificações, realizando testes de desempenho em tesouras similares a estudada no presente trabalho.

O presente estudo incentiva que outros trabalhos explorem uma variedade de materiais provenientes de sistemas agroflorestais que possam ser utilizados em construções. Ao investigar e avaliar diferentes opções de materiais, podemos expandir ainda mais o repertório de soluções sustentáveis disponíveis para a indústria da construção. Essa abordagem diversificada pode levar a descobertas inovadoras e ao desenvolvimento de novas tecnologias que impulsionem ainda mais a sustentabilidade e a resiliência nas práticas de construção. É importante destacar que nenhum instrumento ou ferramenta que não exista no campo foi utilizado para realização do experimento, abrindo a possibilidade de novas pesquisas que visem reproduzir o exercício em conjunto com a comunidade rural, transportando a execução do laboratório para o campo, analisando o desempenho e relevância didática da atividade.

Vale ressaltar que as iniciativas agroflorestais não estão restritas somente ao contexto brasileiro, já é possível destacar um crescente uso do sistema em outros países da América do sul (Stadnik *et al.*, 2019). A América do Sul exibe uma ampla gama de características, tanto em sua geografia e clima quanto em sua cultura. Essa variedade permite encontrar oportunidades inovadoras para a solução dos problemas locais e macrorregionais através das agroflorestas, consequentemente potencializando a discussão deste trabalho e possibilitando a descoberta de outras aplicações construtivas em cenários distintos do cenário brasileiro.

Podemos apontar a Argentina como outro país da américa do sul que já apresenta diversos resultados positivos na aplicação dos sistemas agroflorestais. Na região de Córdoba, por exemplo, encontramos iniciativas de sucesso na implementação deste tipo de cultivo e ainda potencializado

pela introdução da criação de animais, caracterizando os sistemas como silvopastoris (Stadnik *et al.*, 2019). Devido ao bioma de pampa da região, as espécies presentes no plantio se diferenciam bastante dos sistemas brasileiros de mata atlântica, isso possibilitaria o estudo de outra gama de materiais possíveis para incorporação como matéria prima construtiva, trazendo a possibilidade de outros impactos como resultados da aplicação deste trabalho de pesquisa em outros contextos ao redor do continente.

O estudo demonstra a necessidade de aproximação com cada caso específico, as SAF's promovem a possibilidade de diversos tipos de plantações, e para analisar o potencial construtivo dos rejeitos de cada exemplar, é necessário entender seus contextos específicos juntamente com as questões sociais, desafios, demandas e circunstâncias de cada agricultor.

O presente trabalho se coloca como incentivador de novas pesquisas na área, o exemplo com o estudo de caso de Visconde de Mauá tem como objetivo destacar o potencial aberto desta experiência, SAF's de maneira diametralmente oposta a plantações baseadas na monocultura oferecem uma extensa e variada gama de possíveis materiais naturais que possam ser incorporados nas autoconstruções rurais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS


ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16828**: **Materiais de base biológica - Diretrizes para rotulagem, classificação e especificação**. Rio de Janeiro, 2020.

ALVES, E.; SOUZA, G. S.; MARRA, R. Êxodo e sua contribuição à urbanização de 1950 a 2010. **Revista de Política Agrícola**, v. 20, n. 2, p. 80-88, 2011.

ANINIÓN, M. J. C.; GARCIANO, L. E. O. Advances in connection techniques for raw bamboo structures—A review. **Buildings**, v. 14, n. 4, p. 1126, 2024.

BARBOSA, A. V. L.; HOMMA, A. K. O.; TAKAMATSU, J. A.; TAKAMATSU, T.; KONAGANO, M. Evolução e percepção dos sistemas agroflorestais desenvolvidos pelos agricultores nipo-brasileiros do município de Tomé-Açu, estado do Pará. **Amazônia: Ciência & Desenvolvimento**, v. 5, n. 9, p. 121-151, 2009.

BARBOSA, D.; CARBONARI, G. **Estudo experimental de treliças (tesouras) executadas em bambu.** Grupo de Pesquisa VirtuHab, 2017. Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/242534. Acesso em: 20 jul. 2025.

BICALHO, E. P. G. **O contributo dos materiais renováveis para uma arquitetura sustentável no século XXI - Lisboa.** Dissertação (Mestrado Integrado em Arquitetura), Universidade Lusíada. Lisboa, 2020.

BUSSINGER, B. C.; OLIVEIRA, C. T. A. Full-culm bamboo structural systems in Brazil. *In:* AMZIANE, S.; TOLEDO FILHO, R. D.; DA GLORIA, M. Y. R.; PAGE, J. (eds.) **Bio-Based Building Materials - Proceedings of ICBBM 2025**. Cham: Springer, v. 60, p. 764–775, 2025. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-031-92777-5_61. Acesso em: 20 jul. 2025.

GHAVAMI, K. Development of structural elements using bamboo: The role of bamboo in disaster avoidance international. *In:* **International Network for Bamboo and Rattan** (INBAR), Guayaquil, Equador, 2001

GÖTSCH, E. **Break-through in agriculture**. Rio de Janeiro: AS-PTA. 1995.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2010: resultados gerais da amostra**. Rio de Janeiro: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, 2010.

LIESE, W. The anatomy of bamboo culms. *In:* **International Network for Bamboo and Rattan** (INBAR), Beijing, Republic of China, 1988.

LOPEZ, O. H. **Manual de construccion com bambu**. Estudios Técnicos Colombianos LTDA, Universidad Nacional de Colombia. Cali, 1981.

MARQUES, S. C.; LUIZ, G. A.; DA SILVA, T. G. Emprego do bambu na construção civil. **Epitaya E-books**, v. 1, n. 12, p. 72-81, 2020.

MAY, P. H.; TROVATTO, C.M.M. **Manual agroflorestal para a Mata Atlântica**. Brasília: MDA/SAF, 2008.

PATARRA, N. L. **Movimentos migratórios no Brasil: tempos e espaços**. Rio de Janeiro: Escola Nacional de Ciências Estatísticas, 2003.

STADNIK, M. J.; VELHO, A. C.; ZORRILLA, S. E. **Desenvolvimento sustentável na produção agroalimentar da américa do sul**. Florianópolis: UFSC, 2019

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à CAPES pela concessão da bolsa de estudo (Doutorado), que tornou possível a realização desta pesquisa.