

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ANÁPOLIS
UNIEVANGÉLICA**

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

**AMANDA HELENA LUDWIG
LUCAS DUTRA SOUZA**

**ESTUDO DE CASO: CASA DE BAMBU NA ECOVILA MÃE
TERRA**

ANÁPOLIS / GO

2019

**AMANDA HELENA LUDWIG
LUCAS DUTRA SOUZA**

**ESTUDO DE CASO: CASA DE BAMBU NA ECOVILA MÃE
TERRA**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA**

ORIENTADORA: KÍRIA NERY ALVES DO E. S. GOMES

ANÁPOLIS / GO: 2019

FICHA CATALOGRÁFICA

LUDWIG, AMANDA HELENA/ SOUZA, LUCAS DUTRA

Estudo de caso: Casa de Bambu na Ecovila Mãe Terra

73P, 297 mm (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2019).

TCC - UniEvangélica

Curso de Engenharia Civil.

1. Bambu

2. Bioconstrução

3. Sustentabilidade

4. Construção civil

I. ENC/UNI

II. Bacharel (10^o)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

LUDWIG, Amanda Helena; SOUZA, Lucas Dutra. Estudo de caso: Casa de Bambu na Ecovila Mãe Terra – Para região de Anápolis. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEvangélica, Anápolis, GO, 73p. 2019.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Amanda Helena Ludwig

Lucas Dutra Souza

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Estudo de caso: Casa de Bambu na Ecovila Mãe Terra

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

ANO: 2019

É concedida à UniEvangélica a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.



Amanda Helena Ludwig

amandahelenaludwig@gmail.com



Lucas Dutra Souza

luucasdutrassouza@gmail.com

AMANDA HELENA LUDWIG

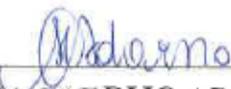
LUCAS DUTRA SOUZA

**ESTUDO DE CASO: CASA DE BAMBU NA ECOVILA MÃE
TERRA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL

APROVADO POR:


KÍRIA NERY ALVES DO E. S. GOMES, Mestra (UniEvangélica)
(ORIENTADORA)


ANA LÚCIA CARRIJO ADORNO, Doutora (UniEvangélica)
(EXAMINADOR INTERNO)


JULLIANA SIMAS VASCONCELLOS, Mestra (UEG)
(EXAMINADOR EXTERNO)

DATA: ANÁPOLIS/GO, 31 de maio de 2019.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos os professores pelos conhecimentos transmitidos em todos esses anos e principalmente a professora Kíria, pelo auxílio neste trabalho e também a todos meus amigos que estão comigo em todos os momentos, que me motivaram e me lembram que sou capaz. Ao Lucas Depaci por me ajudar sempre e me dar colo quando a saudade de casa aperta, e ao Lucas Dutra por acompanhar nesse caminho de conhecimentos ao decorrer deste trabalho.

A minha família composta pelas sete mulheres que mais me incentivaram até hoje, e por último e mais importante, agradeço às minhas mães, Helena Maria Ludwig, Mônica Helena Ludwig e Vera Helena Ludwig, que sempre me apoiaram e me ajudaram nas minhas decisões, me ensinaram praticamente tudo que sei hoje e me criaram com muito amor e carinho.

E em especial quero agradecer, poder concluir este trabalho à Vera minha mãe e a pessoa mais importante para mim, que sempre sonhou em prestigiar essa entrega, acompanhou cada linha que foi escrita até o momento que teve que partir, e tenho certeza que deve estar feliz, onde é que esteja, por saber de mais uma etapa da minha vida está sendo concluída.

Amanda Helena Ludwig

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus familiares e grandes amigos, que estiveram ao meu lado ao longo de toda a minha vida. A professora Kíria, que aceitou esse desafio e nos deu total apoio durante todo este trabalho, e a Amanda, que me acompanhou nessa jornada de conhecimento.

Deixo meu agradecimento especial aos meus pais e aos meus avós, pois sem eles, eu não teria a oportunidade de estar concluindo meu ensino superior. A Mariana Flynn, pelo companheirismo e por todo o amor, carinho e compreensão de sempre.

Agradeço a Deus pela minha vida e tudo o que aconteceu, e ainda vai acontecer durante ela.

Lucas Dutra Souza.

“Seja a mudança que você quer ver no mundo.”

(Mahatma Gandhi)

RESUMO

A indústria da construção civil é uma grande consumidora de recursos naturais e de energia, sendo conseqüentemente uma das indústrias mais prejudiciais ao meio ambiente. Muito do grande consumo de recursos desta indústria está relacionada à produção dos materiais de construção convencionais, como o cimento e a madeira, por exemplo. A necessidade de conscientização em relação à escassez destes recursos naturais é imediata. Uma possível solução para este problema seria a utilização de materiais mais sustentáveis na construção civil, como o bambu. De modo geral, o bambu é uma planta com alto potencial de produção em larga escala, que consome grande parte do gás carbônico presente em nossa atmosfera. Suas características mecânicas são favoráveis a sua utilização como sistema estrutural em construções, já que este material possui alta resistência mecânica aos esforços solicitantes. Neste trabalho fez-se uma revisão bibliográfica sobre o bambu e suas potencialidades, evidenciando principalmente as características que favorecem a sua utilização na construção civil. Realizou-se um estudo de caso de uma casa que utiliza o bambu como principal material construtivo do sistema estrutural. Por meio de visitas ao local, foi possível fazer registros fotográficos e coletar informações sobre as dificuldades encontradas pelo construtor ao longo do processo construtivo. Para combater estas dificuldades, e para que o bambu se consolide na indústria da construção civil, atitudes como a especialização de profissionais da área de construção em processos construtivos com bambu e a criação de uma norma são necessárias.

PALAVRAS-CHAVE:

Bambu. Bioconstrução. Sustentabilidade. Construção civil.

ABSTRACT

The civil construction industry is a major consumer of natural resources and energy, and is therefore one of the most environmentally damaging industries. Much of the large resources consumption of this industry is related to the production of conventional building materials such as cement and wood, for example. The need for awareness of the scarcity of these natural resources is immediate. A possible solution to this problem would be the use of more sustainable building materials such as bamboo. In general, bamboo is a plant with high potential for large-scale production, which consumes much of the carbon dioxide present in our atmosphere. Its mechanical characteristics favors its use as a structural system in constructions, since this material has high mechanical resistance to the applicant efforts. In this work a bibliographical review was made on the bamboo and its potential, evidencing mainly the characteristics that favor its use in the civil construction. We will carry out a case study of a house that uses bamboo as the main building material of the structural system. Through site visits, it was possible to make photographic records and collect information on the difficulties encountered by the builder throughout the construction process. In order to combat these difficulties, and to consolidate the bamboo in the construction industry, attitudes such as the specialization of construction professionals in bamboo construction processes and the creation of a standard for the bamboo usage are necessary.

KEYWORDS:

Bamboo. Bioconstruction. Sustainability. Civil construction.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mudança climática em diferentes períodos de tempo.....	21
Figura 2 - Comparativo de consumo energético para a produção de 1 m ³ de diferentes materiais por unidade de tensão.....	22
Figura 3 - Fachada do <i>Mercedes-Benz Stadium</i>	25
Figura 4 - Fachada do Residencial Bonelli.....	26
Figura 5 – Palestra sobre permacultura no IPEC para alunos do <i>Living route</i> 2011.....	28
Figura 6 - Vista superior da Ecovila Santa Branca.....	29
Figura 7 - Separação de lixo na Ecovila Santa Branca.....	30
Figura 8 - Constituição básica de um bambu	32
Figura 9 - Crescimento do bambu a partir do rizoma.....	33
Figura 10 - Seção do colmo e suas respectivas partes	34
Figura 11 - Ramificação dos galhos a partir de um nó do colmo	35
Figura 12 - Folhas caulinares do bambu.....	35
Figura 13 - Uso do bambu de acordo com sua idade.....	41
Figura 14 – Fachada do complexo habitacional Casa Permulung.....	44
Figura 15 – Projeto de implantação	45
Figura 16 – Croqui do planejamento construtivo	45
Figura 17 – Fachada da <i>Lift House</i>	46
Figura 18 – Planta baixa do projeto “ <i>Lift House</i> ”	46
Figura 19 – Construção da residência	47
Figura 20 – As duas casas projetadas pelo arquiteto Ricardo Nunes	48
Figura 21 – Forro da casa com madeira compensada.....	48
Figura 22 – Foto por satélite do local	49
Figura 23 – Piso inferior da residência.....	49
Figura 24 - Corredor de acesso aos cômodos da área pessoal.....	50
Figura 25 - Cômodo dedicado às práticas espirituais	52
Figura 26 - Utilização do bambu <i>Dendrocalamus Asper</i>	53
Figura 27 - Malhas feitas de <i>Bambusa Tuldoides</i> ,.....	54
Figura 28 - Exemplo de preparação da solução com bórax.....	55
Figura 29 - Ilustração do corte reto	57
Figura 30 - Ilustração do corte boca de peixe.....	57
Figura 31 - Ilustração do corte bico de flauta.....	58

Figura 32 - Instrumento utilizado para realizar o corte boca de peixe,	58
Figura 33 - Conexões utilizando chapas e parafusos metálicos e.....	59
Figura 34 - Ligação entre bambus em vigas.....	60
Figura 35 - Fundação de concreto ligada a estrutura de bambu	63
Figura 36 - Vista superior e inferior do piso de ripa de bambu, respectivamente.....	63
Figura 37 - Piso feito de madeira compensada naval	64
Figura 38 - Prego de bambu ligando a malha.....	64
Figura 39 - Fachada da casa de bambu.....	66

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Descrição dos requisitos mínimos de acordo com cada selo	26
Quadro 2 - Métodos tradicionais de cura dos colmos de bambu.....	42
Quadro 3 - Espécies de bambu mais comuns no Brasil.....	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultados de resistência à compressão em bambus.....	37
Tabela 2 - Resultados de resistência à tração do aço CA-50 e do bambu	38
Tabela 3 - Resultados do ensaio de resistência à flexão.....	39
Tabela 4 - Esforços admissíveis em MPa.....	60
Tabela 5 - Módulo de elasticidade em MPa	60
Tabela 6 - Fatores de redução do esforço admissível.....	62

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
a.C	Antes de Cristo
Aqua	Processo Alta Qualidade Ambiental
BLC	Bambu laminado colado
BNH	Banco Nacional da Habitação
BRE	<i>Environmental Assesment Method</i>
CBCS	Conselho Brasileiro de Construção Sustentável
CIB	Conselho Internacional para a Pesquisa e Inovação em Construção
CNPQ	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
GBCB	<i>Green Building Council Brasil</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDCR	<i>International Development Reserarch Center</i>
INBAR	<i>International Network for Bamboo and Rattan</i>
Incomun	Instituto de Conhecimento Comunitário Sustentável
IPCC	Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas
IPEC	Instituto de Permacultura e Ecovilas do Cerrado
IPT	Instituto de Pesquisas Técnicas
LEED	<i>Leadership in Energy and Environmental Design</i>
MCTIC	Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação e Cultura
NBR	Norma Brasileira
NMBA	<i>National Mission on Bamboo Applications</i>
NSR	Norma Sismo Resistente
NTC	Norma Técnica Colombiana
RCD	Construção e demolição na obra
SFH	Sistema Financeiro da Habitação
TIFAC	<i>Technology Information, Forecasting and Assessment Council</i>
TAR	Terceiro Relatório de Avaliação
UFAL	Universidade Federal de Alagoas
UFES	Universidade Federal do Espírito Santo
Uniemp	Fórum Permanente das Relações Universidade-Empresa
WCDE	<i>World Commission on Environment and Development</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	16
1.1 JUSTIFICATIVA.....	17
1.2 OBJETIVOS	18
1.2.1 Objetivo geral	18
1.2.2 Objetivos específicos.....	18
1.3 METODOLOGIA	18
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	19
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	20
2.1 SUSTENTABILIDADE	20
2.1.2 Sustentabilidade na construção civil.....	22
2.1.3 A Bioconstrução.....	27
2.1.3.1 Ecovila Santa Branca: um exemplo de modelo de bioconstrução	28
2.2 BAMBU	30
2.2.1 Contexto histórico.....	30
2.2.2 Morfologia do bambu.....	32
2.2.3 Características físicas e mecânicas do bambu	36
2.2.4 Cultivo e cura.....	40
2.2.5 Principais espécies de bambu para construções	42
2.2.5.1 Bioconstruções em Bambu	43
2.2.5.1.1 <i>Casa Permulung – Bali – Indonésia</i>	<i>44</i>
2.2.5.1.2 <i>Lift House – Tecnologia à prova de Inundações de Baixo Custo - Bangladesh.</i>	<i>45</i>
2.2.5.1.3 <i>Casas de Bambu do arquiteto Ricardo Nunes – Alagoas/SE.....</i>	<i>47</i>
3 ESTUDO DE CASO: CASA DE BAMBU – ECOVILA MÃE TERRA.....	49
3.1 O PROJETO.....	51
3.1.1 Metodologia do Sistema Estrutural	52
3.1.2 Dificuldades encontradas durante o projeto.....	65
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	67
4.1 PROPOSTAS PARA ESTUDOS FUTUROS NA ÁREA	67
REFERÊNCIAS	69

1 INTRODUÇÃO

Desde a pré história, quando vivia de maneira nômade, o ser humano já encontrava a necessidade de se alojar em algum local, afim de descansar, se alimentar, e também para se proteger diante de um clima hostil e da ameaça de animais selvagens. Deixando a vida nômade, os homens buscaram viver em ambientes mais protegidos e seguros, e a noção de formação coletiva surgiu. Partindo dessa ideia, pequenos agrupamentos foram formados, com abrigos construídos de elementos naturais ao seu redor, como a madeira, o barro e a pedra, por exemplo. Estes antigos métodos construtivos são denominados hoje de bioconstrução, por utilizar materiais e métodos construtivos naturais.

Afim de se criar moradias mais resistentes e duradouras, a sociedade precisou aperfeiçoar as técnicas construtivas e gerar novos materiais, como o cimento Portland e o aço. Desta maneira, a construção civil alcançou o patamar em que se encontra hoje, usando recursos naturais e não renováveis (calcário, ferro, água e o petróleo) como matérias primas fundamentais para a engenharia civil.

Com o alto crescimento populacional, e um processo de urbanização territorial cada vez maior ao longo do tempo, o mundo vem enfrentando grandes consequências, com um impacto ambiental que afeta diretamente a natureza como um todo. Problemas como a poluição do ar atmosférico, o aquecimento global, e a geração desenfreada de resíduos são assuntos em constante debate e estudo. Na década de 90 foi realizada a conferência de Kyoto, que foi um dos principais acordos globais com o objetivo de redução da emissão de gases poluentes em larga escala. Assim como a conferência de Kyoto, houve a Rio+20 (Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável), que teve como principais pontos a erradicação da pobreza e a prática efetiva do desenvolvimento sustentável. Além dessas mobilizações globais, existem diversos estudos, nas mais diferentes áreas, que procuram reverter essa difícil situação em que se encontra o mundo.

Estima-se que a indústria da construção civil seja responsável pelo consumo de 20 a 50% de todos os recursos naturais disponíveis (SJÖSTRÖM, 1996 *apud* JOHN, 2000), e segundo John (2000), considerando que no Brasil são produzidos aproximadamente 35 milhões de toneladas de cimento Portland por ano, assumindo que este cimento é misturado com agregados a um traço médio de 1:6, em massa, pode-se estimar um consumo anual de 210 milhões de toneladas de agregados somente na produção de concretos e argamassas.

Na engenharia civil, a busca por materiais construtivos de baixo custo e menor impacto ambiental são focos de estudos, e englobam os mais diferentes materiais, como o bambu. Se forem consideradas as relações resistência/massa específica e rigidez/massa específica do mesmo, tais valores superam as madeiras e o concreto, podendo ser tais relações comparáveis, inclusive, ao aço (JANSSEN, 2000).

Como material de construção, o bambu reúne excepcionais características físicas e mecânicas, pois seus colmos são bastante resistentes aos esforços de compressão, o que permite uma grande variedade de uso em sistemas estruturais: pilares, vigas, painéis de vedação, esqueletos de estruturas, coberturas; ou como substituto da armadura em elementos estruturais de concreto armado. Possui ainda boa resistência ao tempo quando tratado de forma correta e apresenta grande deformação antes da ruptura. (MOREÍ *et al*, 2002)

Além de possuir boas características mecânicas, segundo Pereira e Beraldo (2016), o bambu contribui também para a retirada da atmosfera de toneladas de dióxido de carbono, pois consome este gás em grandes quantidades, principalmente durante seu desenvolvimento.

Analisando esse contexto da dificuldade enfrentada pela população mundial em relação a degradação ambiental, e a associando com o grande déficit habitacional que o Brasil vive, o bambu pode oferecer uma boa oportunidade para combater esse cenário. Sendo mais leve, mais barato, mais econômico e de fácil acesso e cultivo, o mesmo possui um enorme potencial para ser o principal material a ser utilizado na construção de habitações sociais, tanto no Brasil, quanto ao redor do mundo.

1.1 JUSTIFICATIVA

A necessidade de mudar o atual consumo da indústria da construção civil é imediata, pois se pode chegar em um momento que não se terá a mesma disponibilidade dos recursos naturais que hoje são disponíveis para o mundo. Para buscar soluções para essa situação, não é necessário utilizar as últimas tecnologias do mercado. Antigos métodos construtivos podem ser resgatados para amenizar o impacto ambiental. Como exemplo, tem-se as construções em adobe, utilizadas desde os períodos a.C (antes de Cristo). Materiais construtivos alternativos devem ser estudados para que o consumo de recursos naturais da indústria da construção seja menor. O fato de se apresentar como uma alternativa renovável de material construtivo faz com que pesquisas e testes do uso do bambu na construção civil sejam cada vez mais executados. Mesmo consumindo recursos naturais, como a água, a proporção utilizada para o cultivo de bambu é muito menor.

Atualmente, o verdadeiro potencial do bambu como material construtivo não é muito explorado na sociedade, seja por motivos culturais, ou pela simples falta de conhecimento da capacidade que ele pode oferecer. Por ser um material muito versátil, que apresenta alta resistência à tração, o bambu se apresenta como um material de construção alternativo com alto potencial de uso. Seu ciclo de renovação é rápido, e além de poder servir na construção, seu cultivo ajuda a reduzir grandes quantidades de gás carbônico do ar.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

O presente trabalho tem como objetivo geral analisar os benefícios e as diversas aplicações da bionconstrução, tendo em foco o uso do bambu como material construtivo alternativo na construção civil. Fez-se um estudo de caso em uma casa de bambu, ainda em fase de construção, onde o bambu é o principal material do sistema estrutural, especificamente em vigas e pilares.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Avaliar se o método construtivo aplicado na casa, fundamentado na bioconstrução, é efetivo, e de fácil acesso e execução. Será discriminado o processo construtivo da estrutura de bambu até o momento da finalização do sistema estrutural, com vigas e pilares, avaliando os benefícios proporcionados pelo bambu como material construtivo, e as dificuldades encontradas ao longo do projeto.
2. Analisar o bambu com suas características mecânicas, suas aplicações como elemento estrutural e a possibilidade de seu uso para a construção civil.
3. Expor a versatilidade do bambu com base em projetos já existentes no mundo.

1.3 METODOLOGIA

A metodologia aplicada nesse trabalho é o estudo de caso de uma casa de bambu, localizada em Hidrolândia, no Estado de Goiás. Estudo teórico através da análise de artigos científicos, monografias, livros, *websites* e informações coletadas pelos autores em

algumas visitas ao local da obra. As conclusões foram tiradas através do conhecimento adquirido ao longo do referencial teórico e de observações do local. Para ilustrar as observações apontadas, foi analisado o banco de imagens da construção, e foram feitos registros fotográficos autorais.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

No Capítulo 1 é apresentada uma introdução sobre o bambu, abordando algumas de suas características e sua história. A justificativa, os objetivos e a metodologia do trabalho também são apresentados neste capítulo.

No Capítulo 2 é discursado o referencial teórico do trabalho, explorando mais o tema bambu, desde o seu contexto histórico, até as aplicações reais do material. Neste mesmo capítulo, é levantada a problematização da questão ambiental, mostrando em contrapartida a aplicação da bioconstrução como alternativa sustentável. O objetivo geral deste capítulo é apresentar a história, as características básicas do bambu e suas potencialidades em todos os setores, mas com enfoque na construção civil. É também apresentado o aspecto sustentável que o bambu pode representar, se cultivado, colhido e aplicado de maneira correta.

No Capítulo 3 é feito um estudo de caso, analisando as normas utilizadas para a elaboração do projeto, os métodos construtivos aplicados em sua execução, e as dificuldades e os benefícios de uma residência que está sendo construída baseada nos princípios da bioconstrução. Foram feitas entrevistas com os idealizadores do projeto, e também visitas ao local onde a obra está sendo executada.

No Capítulo 4 é feita a conclusão, onde são analisados os benefícios e dificuldades da aplicação do bambu como um material construtivo alternativo. Essa análise é feita através do conhecimento obtido ao longo de todo processo de concepção deste trabalho. Neste capítulo, também são apresentadas algumas possibilidades de estudos futuros, com base nas dificuldades enfrentadas na conclusão do trabalho.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 SUSTENTABILIDADE

Fundamentalmente, o significado de sustentabilidade seria: “um somatório de ações e processos para manter a preservação do ecossistema, proporcionando a existência e a reprodução da vida, sendo presente nas futuras gerações para assim ter uma continuidade no desenvolvimento humano.” (BOFF, 2017).

Para Almeida (2002), para se ter um melhor entendimento do que significa sustentabilidade, devemos atribuir um senso amplo à palavra “sobrevivência”, com o desafio da sobrevivência da espécie, que atualmente confronta as consequências do uso desenfreado de elementos naturais sendo transformados e acumulados pelo homem.

Em 1992, na conferência Rio 92, chefes de estado ali presentes comprometeram-se juntos a buscar alternativas para um desenvolvimento sem afetar as necessidades e a capacidade de gerações futuras, considerando três princípios: redução das quantidades de matérias e de energia utilizadas durante a extração dos recursos naturais, exploração e destruição ou reciclagem dos materiais/resíduos; aumento do uso das matérias primas e energias renováveis; consideração do conjunto do ciclo de vida dos materiais (GAUZIN-MÜLLER, 2001)

2.1.1 Problematização da questão ambiental

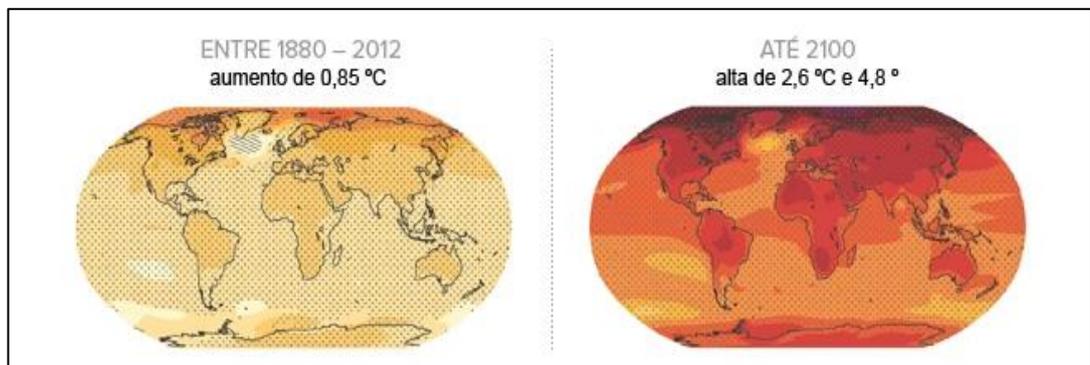
Segundo Marchi (2013), “um dos maiores objetivos da humanidade é tornar-se independente da natureza.” A sociedade industrial surgiu por volta do século XIX, próximo ao período da Revolução Industrial, que representou um marco na relação homem-natureza. Essa sociedade nasceu a partir da aplicação da ciência para a resolução de problemas práticos, permitindo que o ser humano se aliasse à tecnologia para buscar uma qualidade de vida melhor (AGOPYAN; JOHN, 2012).

Nascimento (2011) cita que a era pós-moderna é representada por um elevado progresso da ciência. A atual sociedade globalizada permitiu um enorme desenvolvimento, com muitas oportunidades de avanço da tecnologia, aumento da qualidade de vida e conseqüentemente uma boa oportunidade de avanço econômico. Em contrapartida deste

desenvolvimento de avançadas tecnologias, surgiram graves problemas com o meio ambiente, assim como problemas sociais, como o consumismo exacerbado (CRUZ & SOARES, 2012).

No Terceiro Relatório de Avaliação (TAR), do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas – IPCC – (IPCC, 2001), a temperatura média da atmosfera aumentou em $0,6\text{ °C} \pm 0,2\text{ °C}$ ao longo do século XX, apontando ainda que entre 1900 e 2100 pode aumentar entre $2,6\text{ °C}$ e $4,8\text{ °C}$, representando um aquecimento global extremamente rápido, conforme a Figura 1. Ainda de acordo com o relatório do IPCC (2001), as mudanças climáticas geram eventos extremos, como secas longas, tempestades e furacões, que afetam grande parte do mundo, afetando a sociedade economicamente e socialmente. Marengo (2007) avalia que o aquecimento global, além de gerar grande impactos ambientais, também gera consequências e em processos biológicos, como na alteração do período de floração. O mesmo autor aponta ainda que no Brasil, o impacto ambiental também está relacionado com a alteração da biodiversidade, com a geração de energia hidrelétrica, entre outros fatores.

Figura 1 - Mudança climática em diferentes períodos de tempo

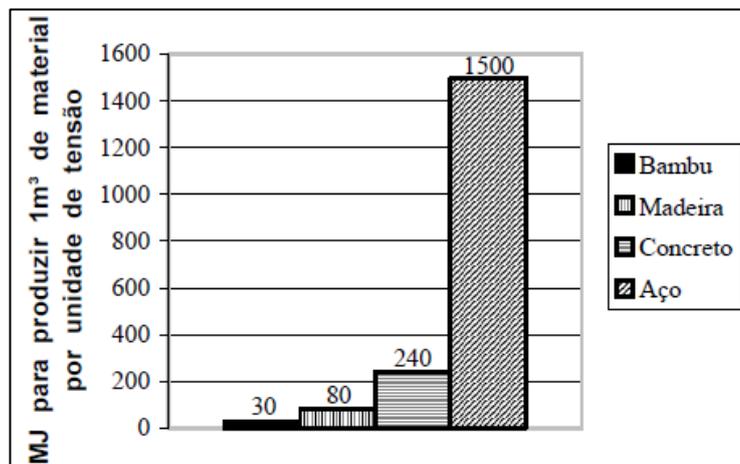


Fonte: IPCC, 2001.

Desde o começo da industrialização, nos últimos séculos, vem sendo lançados na atmosfera dióxido de carbono, nitrito e metano (23 vezes mais forte que o CO_2 – dióxido de carbono), entre outros gases em bilhões de toneladas. Com isso o aquecimento da terra vem aumentando cada vez mais, até alcançar, atualmente, um nível perigoso (BOFF, 2017). Os principais meios de liberação destes gases para a atmosfera terrestre são pela queima de combustíveis fósseis, pela destruição de matas nativas e pelo manejo do solo (AGOPYAN & JOHN, 2011). De acordo com o SIRENE (Sistema de Registro Nacional de Emissões), em sua Terceira Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança de Clima, no ano de 2010 o uso da terra e a mudança do uso da terra e florestas representaram 42% de participação nas emissões líquidas de CO_2 .

No âmbito da construção civil, é necessário atentar-se além do processo construtivo em si. Essa indústria é formada por uma cadeia sistêmica, que vai desde a industrialização de materiais, como cimento, aço e o concreto, até à geração de resíduos ao longo da construção. Na produção desses materiais, há um alto consumo energético, que gera uma grande carga ambiental. Com isso, a indústria da construção civil deve adotar materiais alternativos, que não gastem muita energia em sua industrialização (BARROS & SOUZA, 2004). A Figura 2 mostra um comparativo no consumo energético de diferentes materiais utilizados na construção civil.

Figura 2 - Comparativo de consumo energético para a produção de 1 m³ de diferentes materiais por unidade de tensão



Fonte: GHAVAMI (1996 *apud* PEREIRA; BERALDO 2016).

No Brasil, de acordo com Marcos Buckeridge, só em São Paulo o aumento da temperatura foi de 2°C, caminhando aos 3°C nos últimos 50 anos. Isso poderia causar graves consequências, como a falta de água em reservatórios nas secas, chuvas mais fortes e intensas, alagamentos isolados e um aumento na temperatura no período noturno.

2.1.2 Sustentabilidade na construção civil

Nos últimos anos, a importância de aliar a indústria da Construção Civil e o meio ambiente cresceu significativamente. É necessário fornecer um ambiente construído que ofereça segurança, conforto, infraestrutura adequada (saneamento básico, transporte entre outros) e que, em contrapartida, não prejudique o meio ambiente (AGOPYAN & JOHN, 2012). A indústria da construção civil é uma das maiores consumidoras de materiais e geradora de resíduos entre as demais indústrias. De acordo com Matos e Wagner (1999), nos Estados Unidos

é estimado que a construção civil consuma cerca de 75% do consumo total de materiais. O desenvolvimento sustentável, mais uma vez, surge como conceito fundamental para alcançar um equilíbrio entre sociedade e meio ambiente.

Não se pode discutir a sustentabilidade da Construção Civil, sem interferir em toda a cadeia produtiva que é complexa, pois envolve setores industriais tão díspares como: a extração de matérias minerais e a eletrônica avançada; enorme conglomerados industriais, como a indústria cimenteira, que interagem e até competem em alguns mercados com milhares de pequenas empresas familiares; clientes de famílias de baixa renda em autoconstrução a empresas que constroem verdadeiras cidades. (AGOPYAN & JOHN, 2012)

Diversos relatórios internacionais foram elaborados com o objetivo de preservar o meio ambiente e alterar o padrão de desenvolvimento que o mundo estava seguindo. (CORRÊA, 2009). Alguns exemplos desses relatórios são:

- Relatório de Bruntland (1987);
- ECO-92 (1992);
- Agenda 21 (1992);

O Relatório de Bruntland, encabeçado pela então primeira-ministra da Noruega Gro Harlem Brundtland, através de solicitação da WCDE - *World Commission on Environment and Development* - (Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente), foi um documento que buscava uma mudança global. Entre seus objetivos principais, estava a proposta de medidas ambientais a longo prazo para que o desenvolvimento sustentável fosse alcançado a partir do ano 2000. Também chamada de “Nosso Futuro Comum”, o relatório definiu o desenvolvimento sustentável como “aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem às suas necessidades” (WCDE, 1987).

A conferência ECO-92, prevista no Relatório de Bruntland, foi organizada pela ONU e teve como sede a cidade do Rio de Janeiro. Esse foi considerado o evento ambiental mais importante do século XX, e teve três diretrizes principais: Mudança do clima, Biodiversidade e Declaração sobre Florestas (CÔRREA, 2009). Essa conferência realizada no Rio de Janeiro foi de grande importância, pois aprovou a Agenda 21, “um amplo programa de trabalho que traduz, em termos de ação e de cooperação, a proposta de desenvolvimento sustentável.” (COELHO, 1994, *apud* MOREIRA, 2011)

Reconhecendo o grande impacto que a Construção Civil podia ter no meio ambiente, o CIB (Conselho Internacional para a Pesquisa e Inovação em Construção), órgão internacional e referência na construção civil, percebeu que era o momento de agir, afim de implementar os diferentes conceitos da sustentabilidade na construção em âmbito mundial. Para isso, em 1999,

seguindo os princípios abordados na Agenda 21, foi publicada a Agenda 21 para Construções Sustentáveis (AGOPYAN & JOHN, 2012). De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (s.d.) o setor da construção enfrenta quatro principais desafios, sendo eles “a redução e otimização do consumo de materiais e energia, a redução dos resíduos gerados, a preservação do ambiente natural e a melhoria da qualidade do ambiente construído.” (Ministério do Meio Ambiente, s.d.)

O CIB define o conceito de construção sustentável como “o processo holístico para reestabelecer e manter a harmonia entre os ambientes natural e construído e criar estabelecimentos que confirmem a dignidade humana e estimulem a igualdade econômica.” (CIB, 2002, p. 8, *apud* CUNHA & SIQUEIRA, 2013). O CBCS – Conselho Brasileiro de Construção Sustentável – reforça a idéia de que o setor da construção civil deve gerar produtos finais com baixa manutenção, alta economia de gastos, grande durabilidade e com possibilidade de reutilização de parte dos materiais, após a sua demolição (CBCS, s.d.).

Um exemplo de atitude comunitária no setor da construção civil, que busca aplicar o conceito de sustentabilidade como um todo, é a ecovila. A ecovila é um modelo de comunidade sustentável, composta por pessoas com uma intenção em comum: buscar um estilo de vida que esteja em harmonia com a natureza, tanto no aspecto físico - da construção do ambiente comunitário em si - quanto no aspecto mental - princípios éticos e valores (CAPELLO, 2017). Segundo Santos Jr. (2006), a intenção de agir no sentido contrário do mundo moderno, industrializado e altamente consumista, é outra característica essencial na formação de ecovilas, que está diretamente ligado à permacultura - e conseqüentemente ao conceito de bioconstrução - na medida em que os participantes das ecovilas buscam alternativas inovadoras e sustentáveis para os mais diferentes aspectos, desde a construção em si, até a educação de seus participantes.

Ao redor do mundo, sistemas de certificação de edifícios sustentáveis são largamente utilizados, com a finalidade de incentivar as empresas de construção à obter um diferencial competitivo, que é ao mesmo tempo vantajoso economicamente (para a própria empresa) e socioambiental, pois os edifícios com esses certificados são desenvolvidos dentro de padrões sustentáveis de construção. No Brasil, o conceito de green buildings começou a ser difundido a partir do ano de 2007, com a fundação do *Green Building Council Brasil* (GBCB), responsável por divulgar a certificação LEED – *Leadership in Energy and Environmental Design* – no país. Essa certificação LEED tem sua origem nos Estados Unidos, e assim como essa certificação internacional, existem outras, como a certificação *Aqua* (Processo Alta Qualidade Ambiental, da França) e a certificação *Breeam* (*BRE Environmental Assessment*

Method, do Reino Unido). Apesar do grande esforço para incentivar a construção sustentável, poucos edifícios ao redor do mundo possuem essas certificações (AGOPYAN & JOHN, 2012).

Segundo Leardi (2017), um interessante exemplo de edificação com certificado de sustentabilidade é o estádio da equipe de futebol americano Atlanta Falcons (Figura 3), localizado em Atlanta, Geórgia. O Mercedes-Benz Stadium foi projetado pelo escritório de arquitetura e engenharia HOK, e é um exemplo de edificação sustentável.

O estádio utiliza 47% menos água do que o padrão estabelecido para edificações como ela, além de abrigar 4.000 painéis fotovoltaicos, capazes de suportar nove jogos da equipe Atlanta Falcons. O deslocamento dos espectadores para os jogos também foi algo pensado, afim de conservar energia, já que o transporte até o local pode ser feito por trem, bicicletas elétricas ou até mesmo a pé. No local também existem recarregadores de carros elétricos (LEARDI, 2017).

Figura 3 - Fachada do Mercedes-Benz Stadium



Fonte: HOK, 2017.

No Brasil, a Caixa Econômica Federal lançou, em 2010, o Selo Casa Azul CAIXA, que é um instrumento de incentivo à sustentabilidade nas construções, classificando no âmbito socioambiental os empreendimentos habitacionais. O Selo Casa Azul incentiva o construtor, seja de iniciativa privada ou pública, a usar os recursos naturais de maneira mais racional, melhorando a qualidade da edificação e, possivelmente, o seu entorno. O selo tem diferentes

níveis (Bronze, Prata e Ouro), que variam de acordo com a quantidade de critérios atendidos. Para o edifício receber o certificado, deve obrigatoriamente atender a 19 critérios obrigatórios.

No Quadro 1 são apresentados os níveis de gradação do selo.

Quadro 1 - Descrição dos requisitos mínimos de acordo com cada selo

Gradação	Requisitos Mínimos
Bronze	Critérios Obrigatórios (19 no total).
Prata	Critérios Obrigatórios e mais seis critérios de livre escolha (25 no total).
Ouro	Critérios Obrigatórios e mais doze critérios de livre escolha (31 no total).

Fonte: Caixa Econômica Federal, 2010 (adaptado).

O primeiro empreendimento a receber o Selo Casa Azul nível ouro foi o Residencial Bonelli (Figura 4), localizado em Joinville – SP, e executado pela Rôgga Construtora e Incorporadora. O edifício foi reconhecido pela Caixa por atender 32 dos 53 critérios exigidos em seu programa de sustentabilidade.

Figura 4 - Fachada do Residencial Bonelli



Fonte: Rôgga SA, 2010.

O prédio foi entregue em 2012, e conseguiu alcançar o selo nível ouro por apresentar bom desempenho térmico e acústico, além de aproveitar a iluminação e ventilação natural do ambiente. Outro fator determinante para essa conquista foi a aplicação de um programa de gestão de resíduos de construção e demolição na obra (RCD), de suma importância para minimizar os impactos ambientais gerados pelos resíduos da construção (SANTOS, 2011)

Apesar de existirem diferentes iniciativas isoladas que visam aplicar a construção sustentável no Brasil, ainda falta uma política sólida e bem estruturada para a construção sustentável no país. As iniciativas já existentes, apesar de positivas, não possuem um verdadeiro efeito prático na indústria como um todo, sendo necessário mais estudos científicos, e a aplicação formal dos mecanismos sustentáveis na Construção Civil, desde o projeto e a execução, até à produção dos materiais utilizados e o gerenciamento de resíduos (AGOPYAN & JOHN, 2012).

2.1.3 A Bioconstrução

O conceito que serviu como base para a bioconstrução em si é denominado permacultura. O termo foi criado pelo ecologista Bill Mollison, podendo ser definida como “um conjunto de métodos de design e manutenção de casas, jardins, vilas ou comunidades autosustentáveis”. Segundo Mollison e Slay (1998), as técnicas construtivas devem também envolver os não profissionais, garantindo autonomia aos usuários da permacultura (CANTARINO, 2016).

A Permacultura é fundamentada com observações de sistemas naturais, com conhecimentos contidos em sistemas produtivos tradicionais e modernos, científico e tecnológico, elaborada para produção de alimentos onde seriam encontrados naturalmente, criando uma ecologia cultivada (MOLLISON & SLAY 1998).

No Brasil, algumas instituições possuem grande reconhecimento na técnica de permacultura, desenvolvendo e aplicando os princípios sustentáveis da permacultura. O IPEC (Instituto de Permacultura e Ecovilas do Cerrado), por exemplo, trabalha com diferentes métodos construtivos voltados para a habitação popular. Na Figura 5 é mostrada uma das reuniões para pessoas interessadas na prática da permacultura (CANTARINO, 2016).

Segundo Cantarino (2016), a bioconstrução é um método da construção civil que visa reunir diferentes tecnologias, do passado e atuais, para garantir que o processo construtivo tenha o menor impacto ambiental possível, garantindo a sustentabilidade tanto na construção, quanto no pós obra. Esse conceito vai muito além do simples fato de utilizar materiais ecologicamente

corretos, e engloba medidas como o reaproveitamento e economia de água, o uso de fontes alternativas de energia (solar e eólica, por exemplo), a coleta e reciclagem de lixo, e métodos construtivos disponíveis e de fácil acesso ao local da obra, providos da natureza, como o bambu, a palha ou o barro.

Figura 5 – Palestra sobre permacultura no IPEC para alunos do *Living route* 2011



Fonte: Ecocentro IPEC, 2011.

De acordo com CJ (2016), bioconstruções são técnicas simples na qual qualquer um pode fazer com ou sem o auxílio de profissionais, podendo ser denominada como “autoconstruções”. Com isso, essa técnica possibilita ao proprietário, com suas vontades pessoais, a escolha de qual solução ecológica usar, levando em consideração o local em que a obra está sendo executada, e os recursos disponíveis em sua redondeza.

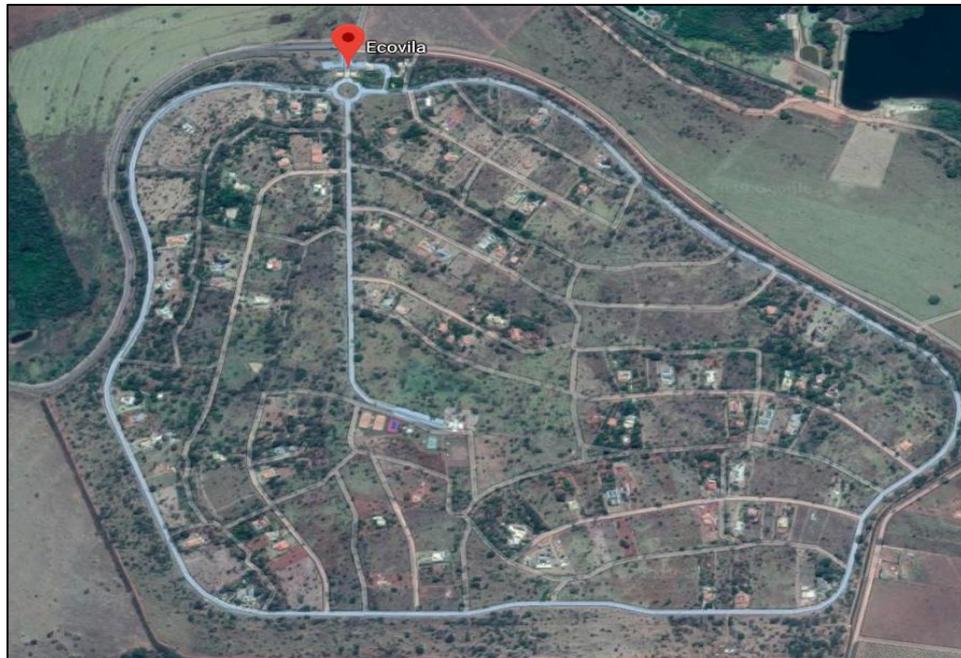
Pensando que a própria terra pode ser uma grande contribuinte para os sistemas de bioconstrução, técnicas construtivas populares que têm sua origem no passado podem se apresentar como uma excelente opção, como no caso do adobe e do superadobe, por exemplo. Essas técnicas têm como materiais básicos areia, argila e água, podendo incluir agregados que asseguram uma maior resistência (KAREN, 2011).

2.1.3.1 Ecovila Santa Branca: um exemplo de modelo de bioconstrução

Idealizada pelo permacultor e especialista em construções e assentamentos humanos sustentáveis, Antônio Zayek, e pelo bioconstrutor André Soares, a Ecovila Santa Branca está localizada no município de Terezópolis de Goiás, a aproximadamente 25 km de Anápolis (Figura 6). O condomínio foi concebido através dos princípios da permacultura, priorizando sempre o que é melhor para o meio ambiente (OLIVEIRA & PASQUALETTO, s.d.). Segundo Oliveira

e Pasqualetto (s.d.), a preocupação com a natureza na concepção da ecovila é percebida nos mais diferentes aspectos.

Figura 6 - Vista superior da Ecovila Santa Branca



Fonte: GOOGLE MAPS, 2019

A área em que o condomínio foi construída é totalmente revitalizada, com o plantio de novas árvores, preservação da fauna e flora locais e proteção da biodiversidade como um todo. Princípios como o uso de energia solar e a proteção do solo estão presentes no documento que rege o estilo de vida dos moradores da Ecovila: o Estatuto Ecovila Santa Branca.

No Estatuto são apontadas as regras que os moradores do condomínio devem seguir no local. Segundo o Estatuto Ecovila Santa Branca (2003), cada residência construída deve possuir sua própria fossa ecológica para a destinação de águas de esgoto. Pensando no aproveitamento de recursos e na sustentabilidade, o Estatuto também estabeleceu que cada residência tenha um reservatório de 15.000 L destinado a captação de águas pluviais. Os resíduos gerados também deve ser separados entre secos e molhados (Figura 7).

Além dos aspectos obrigatórios, a Ecovila Santa Branca recomenda algumas medidas sustentáveis que colaboram para um menor impacto ambiental, como a utilização de energia solar nas residências, a aplicação de tetos verdes, e o uso de materiais construtivos alternativos, como o adobe e o bambu (OLIVERIA & PASQUALETTO, s.d.). Desta forma, a ecovila preza pela conscientização ecológica coletiva, oferecendo um estilo de vida menos consumista e em maior harmonia com a natureza. Construções como essa, que promovem a intensa interação entre todos os seres vivos em um mesmo ambiente, são muito importantes para a atual

sociedade, que precisa buscar uma maneira de equilibrar suas necessidades com as necessidades da natureza em si.

Figura 7 - Separação de lixo na Ecovila Santa Branca



Fonte: OLIVEIRA E PASQUALETTO (s.d.).

2.2 BAMBU

O bambu é uma planta que tem inúmeras funções. Além de proteger o solo, sequestrar o carbono, servir de alimento e ser utilizado em construções, também pode diminuir o desmatamento de florestas. Colhendo-se o bambu da maneira correta, a área não fica devastada, passando despercebido que foi realizada uma colheita. Além disso, a planta possui uma rápida evolução, desenvolvendo alturas de até 30 metros (PEREIRA & BERALDO, 2016).

O bambu se ajusta à ideia de “todas as pessoas”. Nunca haverá flautas de prata o suficiente para dar a “todos”, porém haverá facilmente bambu o suficiente para os milhões de dedos da terra, para que cada um faça sua própria flauta e a toque. (PEREIRA & BERALDO, 2016 , p 199)

2.2.1 Contexto histórico

“Na China se considera o bambu como sendo uma família, composta de mãe, filha, avó e até bisavó” (PEREIRA & BERALDO, 2016). Já se mostrando um forte laço cultural na região asiática, o bambu está diretamente ligado ao cotidiano da população de países como Índia, Sri Lanka, China, Japão entre outros. Em alguns casos no passado, a semente do bambu foi utilizada para alimentação de pessoas que passavam por uma grande escassez de alimentos,

substituindo assim o arroz, prato típico da região asiática (MITFORD, 1896). Segundo Pereira e Beraldo (2016), existem antigos caracteres chineses que mostram a utilização do bambu desde os anos 1600 a 1100 antes de Cristo.

De acordo com Ghosh (2008), o bambu não é popular apenas por sua capacidade de produzir papel, mas sim por ser um material simples para a construção de habitações rurais e também por ser uma matéria prima para a confecção de utensílios básicos para usos gerais. Em muitos lugares, o bambu também é utilizado para fins decorativos, e seus diferentes usos variam de região para região. Hidalgo-López (2003) comenta que até hoje se utiliza o bambu para a fabricação de artigos, como no uso na medicina, farmácia e química. Tendo como exemplo, o extrato de sílica extraída do bambu, chamado de *tabashir*, é usado contra a asma e também como afrodisíaco.

Como exposto anteriormente, o bambu se apresenta como uma matéria prima muito versátil para todos os setores, inclusive para a construção civil. Hidalgo-López (2003) cita em seu livro que as primeiras construções de bambu descobertas nas Américas datam de 9.500 anos atrás, e foram descobertas pela arqueologista Karen E. Stothert, localizadas na península de Santa Helena, próximo a Guiaquil, cidade costeira de Equador. Com a chegada de Cristovão Colombo na América, no século XVI, alguns relatos de navegantes indicavam que os nativos moravam em casas de bambu, cercados pela mata fechada de bambus gigantes, indicando que havia uma forte cultura do bambu na região, similar à cultura asiática. Apesar de não ter sido uma cultura encontrada diretamente no Brasil, é possível perceber essa forte tendência de utilizar o material na região da América.

No Brasil, antes da chegada dos portugueses, os indígenas utilizavam fibras naturais – como o bambu nativo e o imbé, por exemplo – para suas construções. Essas técnicas continuaram sendo utilizadas no início do período de colonização pelos colonizadores, porém, ao longo do tempo esses recursos foram substituídos por outros, e suas aplicações se limitaram a utensílios domésticos, armaduras e outros dispositivos (DRUMOND & WIEDMAN, 2017).

Em um contexto atual, de acordo com Pereira (CAPELLO, 2017), o Brasil não possui uma cultura de utilizar o bambu na forma em que se apresenta na natureza, no entanto há pesquisas para usar o bambu laminado colado, ou simplesmente BLC. Os testes realizados por instituições como o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) e o Ebiobambu indicam sinais positivos nessa maneira de utilizar o bambu. O material é versátil, e pode ser aplicado como forro, piso, painéis de revestimento e até mesmo elemento estrutural.

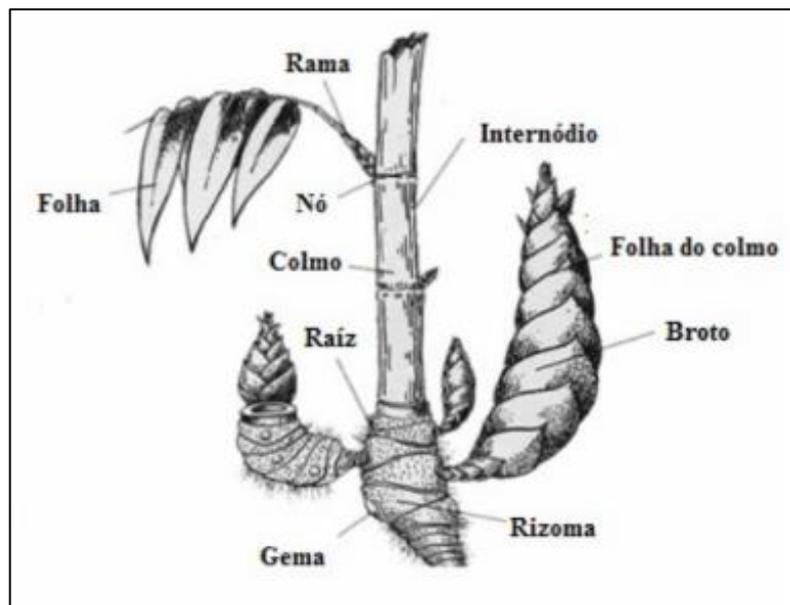
Drumond e Wiedman (2017) dizem que no Brasil existem cerca de 200 espécies de bambu, sendo estas exóticas e nativas, categorizando o maior líder de manifestações de bambu

nas Américas. Porém, sua atividade econômica não é muito aproveitada no território brasileiro, em grande parte por falta de conhecimento e tecnologia para usar o bambu em toda região do país, já que o mesmo não é uma planta favorável para algumas localidades. Segundo o APUAMA (2016), para melhorar esse cenário, tendo em vista que o bambu apresenta grande potencial como matéria prima, organizações nacionais como o Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) e o próprio Governo Federal vêm incentivando a busca por conhecimento sobre o bambu e suas variadas aplicações. Em 2011 o Governo Federal aprovou a Lei Federal 12.484, de incentivo ao plantio do bambu, o que certamente visa à implantação de um plantio em larga escala, despertando um interesse empresarial sobre este material.

2.2.2 Morfologia do bambu

O bambu não é considerado uma árvore, como a maioria das pessoas pensam. Ele é uma planta lenhosa, monocotiledônea e pertencente a família *Graminae*. Seu tamanho pode variar, desde alguns centímetros, como no caso do *Phyllostachys Nigra Muchisasa*, ou bambu preto, até muitos metros de altura, como no caso do *Dendrocalamus Giganteus*, ou bambu gigante (PEREIRA, 2012; HIDÁLGO-LOPEZ, 2003, tradução dos autores). O bambu é composto basicamente por uma parte subterrânea (rizoma e raízes) e outra parte aérea (colmos), que contém galhos, folhas e até mesmo flores, conforme a Figura 8.

Figura 8 - Constituição básica de um bambu



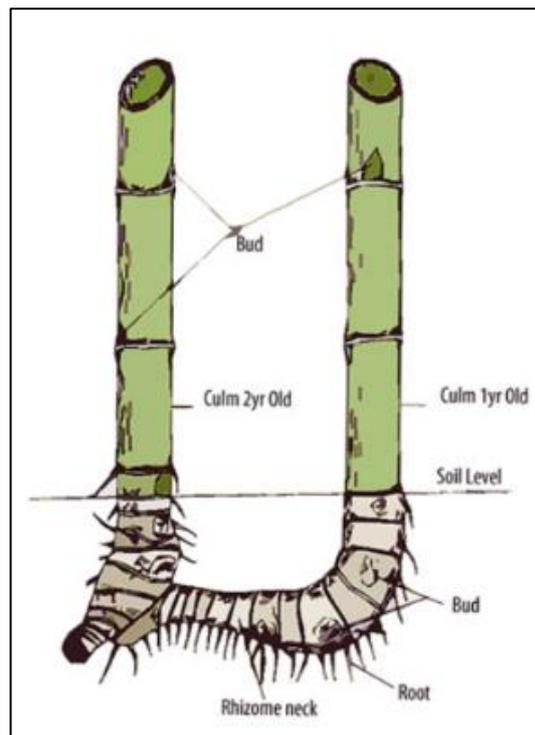
Fonte: OBEROI, 2004.

a) Rizoma

Foi constatado que os rizomas são caules subterrâneos que crescem, se reproduzem e se afastam do bambu central, permitindo a colonização do novo território. A cada ano, novos colmos (brotos) crescem dos rizomas para formar a parte aérea das plantas, esquematizado na Figura 9, logo abaixo (DA SILVA; PEREIRA; SILVA, 2011).

Hidalgo-López (2003) aponta que o rizoma possui importante função para a vida da planta. Segundo o autor, o rizoma é o órgão vital em que as plantas do bambu podem se reproduzir vegetalmente ou assexuadamente através da ramificação destes elementos. O mesmo ainda tem a função de armazenar e transportar os nutrientes para a planta. Os colmos dependem dos rizomas para seu crescimento, vigor e tamanho.

Figura 9 - Crescimento do bambu a partir do rizoma



Fonte: SCHRÖDER, 2011.

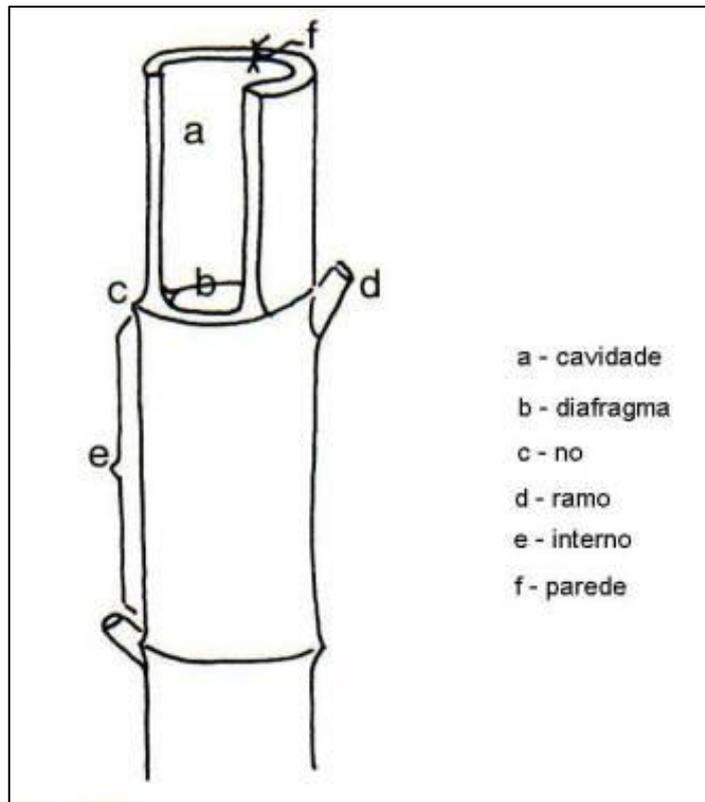
b) Colmos

O colmo já se nasce com um determinado diâmetro e não mudará ao decorrer da sua vida, diferente de como acontece com um determinado grupo de madeiras (PEREIRA & BERALDO, 2016). Pereira (2012) aponta que os colmos do bambu se caracterizam por

possuírem um formato cilíndrico, e por apresentar uma sequência de entrenós ocos separados transversalmente um dos outros, com diafragmas (nós externos) entre estas divisões. Estes diafragmas determinam a capacidade de rigidez, flexibilidade e resistência dos colmos. Segundo Ghavami e Marinho (2005), os colmos são parte fundamental do bambu, sendo formados por fibras, vasos e condutores de seiva, distribuídos aleatoriamente ao longo da seção do colmo. Cada espécie possui um tipo diferente de colmo, variando características como a sua espessura da parede, diâmetro, espaçamento entre nós e a resistência em si. De maneira geral, os colmos são ocos em seu interior, mas podem apresentar exceções.

A Figura 10 apresenta uma representação da seção de um colmo, com suas respectivas denominações.

Figura 10 - Seção do colmo e suas respectivas partes



Fonte: JANSSEN (1988, *apud* PEREIRA; BERALDO, 2016).

c) Galhos

Os galhos (ramificações) do bambu aparecem a partir dos brotos nos nós dos colmos, como demonstrado na Figura 11, mas apenas após o colmo ter completado o seu ciclo de alongamento (DA SILVA *et al.* 2011).

Figura 11 - Ramificação dos galhos a partir de um nó do colmo



Fonte: SANTOS, 2017.

d) Folhas

Da Silva, Pereira e Silva (2011) notaram que as folhas não crescem diretamente de uma gema dos galhos, e que as mesmas são lâminas de folhas caulinares. Estas folhas laminadas estão ligadas através de uma haste, que liga a folha à bainha do bambu, e apresentam alta resistência ao frio por conta de sua disposição ao longo da planta. Na Figura 12 abaixo, é representado o início do crescimento de um novo galho do bambu, a partir de um broto, com as folhas caulinares do bambu já em desenvolvimento.

Figura 12 - Folhas caulinares do bambu



Fonte: PRÓPRIOS AUTORES, 2018.

Segundo García e John (2012), a folha caulinar do bambu é uma folha natural vegetal, que surge com o crescimento do caule do bambu. Sua principal função é proteger as gemas que originam os ramos iniciais e os brotos que crescem a partir do rizoma do bambu. As folhas também revestem o entrenó até que a parte essencial do crescimento do talo seja completa. Essas folhas possuem alta rigidez, por conta do alto nível de lignina em sua composição, e podem ser utilizadas como matéria prima para a fabricação de folhas e outros materiais laminados.

2.2.3 Características físicas e mecânicas do bambu

Segundo Nogueira (2008), as propriedades físicas e mecânicas do bambu estão diretamente correlacionadas com suas propriedades químicas e anatômicas. Outro fator que também pode influenciar essas propriedades, em relação ao colmo, é a idade da planta. Internamente, a composição do bambu é uma mistura de lignina, que é uma substância que dá grande rigidez a planta, e celulose, que é um polímero natural. Este composto é distribuído em grupos de fibras, vasos e células parenquimosas, que representam anatomicamente, aproximadamente 40%, 50% e 10% da composição do bambu, respectivamente (LIESE, 1980 *apud* GHAVAMI, 1989).

De acordo com Ghavami e Rodrigues (2000), as fibras se concentram mais a medida em que se consideram pontos na espessura cada vez mais próximos da casca, de forma que o material possa resistir às cargas de vento, que são as solicitações mais constantes durante a vida do material na natureza. Segundo o mesmo autor, os vasos possuem a importante função de transportar os nutrientes das raízes das plantas até suas demais partes, e por conta dos esbeltos colmos do bambu, esses vasos possuem uma camada protetora chamada de esclerênquima, que assegura resistência aos vasos.

Liese (1998) indica que o conjunto vascular é o componente estrutural do bambu que possui maior variedade no colmo do bambu, sendo diferente ao longo da estrutura do colmo. A base do colmo, por exemplo, possui uma estrutura diferente em relação as demais partes do colmo, como o topo.

Em um estudo realizado por Ghavami (1989), os principais fatores que podem influenciar as características mecânicas do bambu são: espécie, idade, tipo de solo, condições climáticas, período de colheita, teor de umidade das amostras, localização das mesmas em relação ao comprimento do colmo, presença ou ausência de nós nas amostras testadas e tipo do teste aplicado.

a) Compressão

Segundo Beraldo *et al.* (2003), os resultados dos testes em corpos de prova de bambu podem ser influenciados pela quantidade de nós presente no colmo, e a distância entre eles ao longo da estrutura. É recomendado que sejam utilizados bambus com grandes diâmetros, para evitar possíveis acidentes no equipamento em que o teste será feito, tornando o ensaio mais preciso e seguro. Por não possuir uma face regular ao longo de sua extensão, o bambu pode apresentar resultados de propriedades, como o módulo de elasticidade, de maneira equivocada. Se o extensômetro, equipamento utilizado para medir a deformação, estiver próximo da camada externa do colmo – que é mais resistente do que a camada interna – ou próximo a algum nó, a deformação será menor, devido a maior resistência das duas partes em relação às demais. Beraldo *et al.* (2003), realizou testes de compressão em corpos de prova de diferentes espécies de bambu, segundo a Tabela 1:

Tabela 1 - Resultados de resistência à compressão em bambus

Espécie de bambu	Característica de corpo de prova	Resistência à compressão (MPa)
<i>Phyllostachys sp</i>	Corpo de prova cilíndrico <ul style="list-style-type: none"> • Diâmetro interno: 34 mm; • Diâmetro externo: 43 mm; 	55
<i>Phyllostachys purpurata</i>	Corpo de prova cilíndrico <ul style="list-style-type: none"> • Diâmetro interno: 10 mm; • Diâmetro externo: 22 mm; • Distância entre nós: 120 mm; 	65
<i>Dendrocalamus giganteus</i>	Corpo de prova paralelepípedo	93

Fonte: Beraldo *et al. apud* Beraldo (1987).

b) Tração

De acordo com estudo de Culzoni (1986), a disposição estrutural das fibras do bambu, em feixes, é ideal para suportar esforços de tração axial. Quando solicitado axialmente, as fibras possuem grande chance de sofrer ruptura por cisalhamento, já que estas estão imersas em lignina.

Segundo Marçal (2008), o bambu pode atingir resistência à tração de até 370 Mpa, podendo ser comparado ao aço. A razão entre a resistência à tração e a massa específica do bambu pode chegar a 2,34 vezes àquela obtida para o aço CA-50.

Na Tabela 2 é apresentado um comparativo da razão entre a resistência à tração e a massa específica do bambu e do aço CA-50.

Tabela 2 - Resultados de resistência à tração do aço CA-50 e do bambu

Material	N = Resistência à tração (MPa)	γ = Peso específico (N/mm³ x 10²)	Razão = N / γ	Razão material / Razão aço
Aço CA-50	500	7,83	0,64	1,00
Bambu	120	0,8	1,5	2,34

Fonte: Beraldo *et al.*, 2003.

A região nodal tem maior possibilidade de rompimento no colmo, por possuir menor resistência devido à falta de fibras, constatando a ação de diferentes tensões nesses pontos (GHAVAMI & HOMBEECK, 1981; LOPEZ, 1974).

c) Flexão

Assim como no teste de resistência para compressão, o teste de resistência à flexão em bambus pode ter seus resultados influenciados por conta do tipo de teste feito, assim como do corpo de prova utilizado. Os colmos do bambu não são uniformes ao longo de sua extensão, apresentando diferentes espessuras da parede externa e diferentes distâncias entre nós. Por conta disso, é difícil estabelecer um estudo comparativo entre as diferentes espécies (MARÇAL, 2008).

Segundo Beraldo *et al.* (2003), a variação média entre os resultados obtidos em seus testes é de 57 MPa até 133 MPa, com módulos de elasticidade variando de 6 GPa a 14 GPa. Na Tabela 3 são apresentados os resultados feitos com duas diferentes espécies de bambu com potencial uso na construção civil, comparando-os com os resultados encontrados em madeira das espécies *Piptadenia macrocarpa* (Angico-preto) e *Mezilaurus itauba* (Itaúba), utilizadas para estruturas em vigas, caibros e tábuas. Os resultados são semelhantes, mostrando que o bambu, dependendo de sua espécie, pode possuir propriedades semelhantes às da madeira quanto à flexão.

Tabela 3 - Resultados do ensaio de resistência à flexão

Nome científico	Tensão de ruptura à flexão (MPa)	Módulo de elasticidade na flexão estática (GPa)
<i>B. tuldoides</i>	153	20
<i>D. giganteus</i>	151	12
<i>Piptadenia macrocarpa</i>	120	17,56
<i>Mezilaurus itauba</i>	117	17,34

Fonte: BERALDO *et al.*, 2003; DIAS & LAHR, 2004.

d) Torção

Por possuir um formato cilíndrico e uma disposição de fibras unidas ao longo de seu eixo, o bambu tem boa resistência quando submetido à força de torção. Porém, é necessário que seja feito um tratamento correto de suas fibras para que as mesmas não se desloquem na camada externa, e prejudiquem a resistência do bambu à torção (BERALDO *et al.*, 2003)

e) Cisalhamento

Marçal (2008) aponta que a resistência ao cisalhamento apresenta os piores resultados em testes laboratoriais para o bambu. A força de cisalhamento no mesmo é paralela ao sentido das fibras, que são coladas entre si apenas por lignina. Desta forma, não é necessária muita tensão para que as fibras se desloquem. Os maiores problemas estruturais no bambu estão relacionados com tensões de cisalhamento. Com as fissuras causadas por essas tensões, o bambu fica exposto às intempéries da natureza e à ação de insetos, que podem danificar a estrutura como um todo.

Em testes realizados por Beraldo *et al.* (2003), o bambu apresenta diferentes resultados de resistência ao cisalhamento, dependendo do tipo de esforço que está sendo solicitado. Quando os esforços de cisalhamento estão sendo aplicados perpendiculares às fibras de bambu, os resultados da resistência ao cisalhamento são em torno de 30% dos valores de resistência à flexão. Quando os esforços de cisalhamento são aplicados de forma longitudinal às fibras, os resultados são menores ainda, em torno de 15% de sua resistência à compressão. É preciso atentar-se ao teor de umidade dos bambus, pois quanto maior o teor de umidade, menor a resistência de cisalhamento. De forma geral, é extremamente necessário que seja feito um bom tratamento dos colmos do bambu, para evitar ao máximo que fissuras apareçam, e as consequências que as mesmas podem trazer para as estruturas de bambu.

2.2.4 Cultivo e cura

O bambu é naturalmente distribuído entre as latitudes 45° 30' Norte e 47° Sul. Sendo assim, o mesmo abrange grande território, desde os trópicos, até regiões temperadas, e desde o nível do mar até altitudes elevadas. O bambu é encontrado mais frequentemente em regiões quentes e com bastante chuvas, como na Ásia tropical e subtropical, América do Sul e África (PEREIRA & BERALDO, 2016).

a) Clima e solo

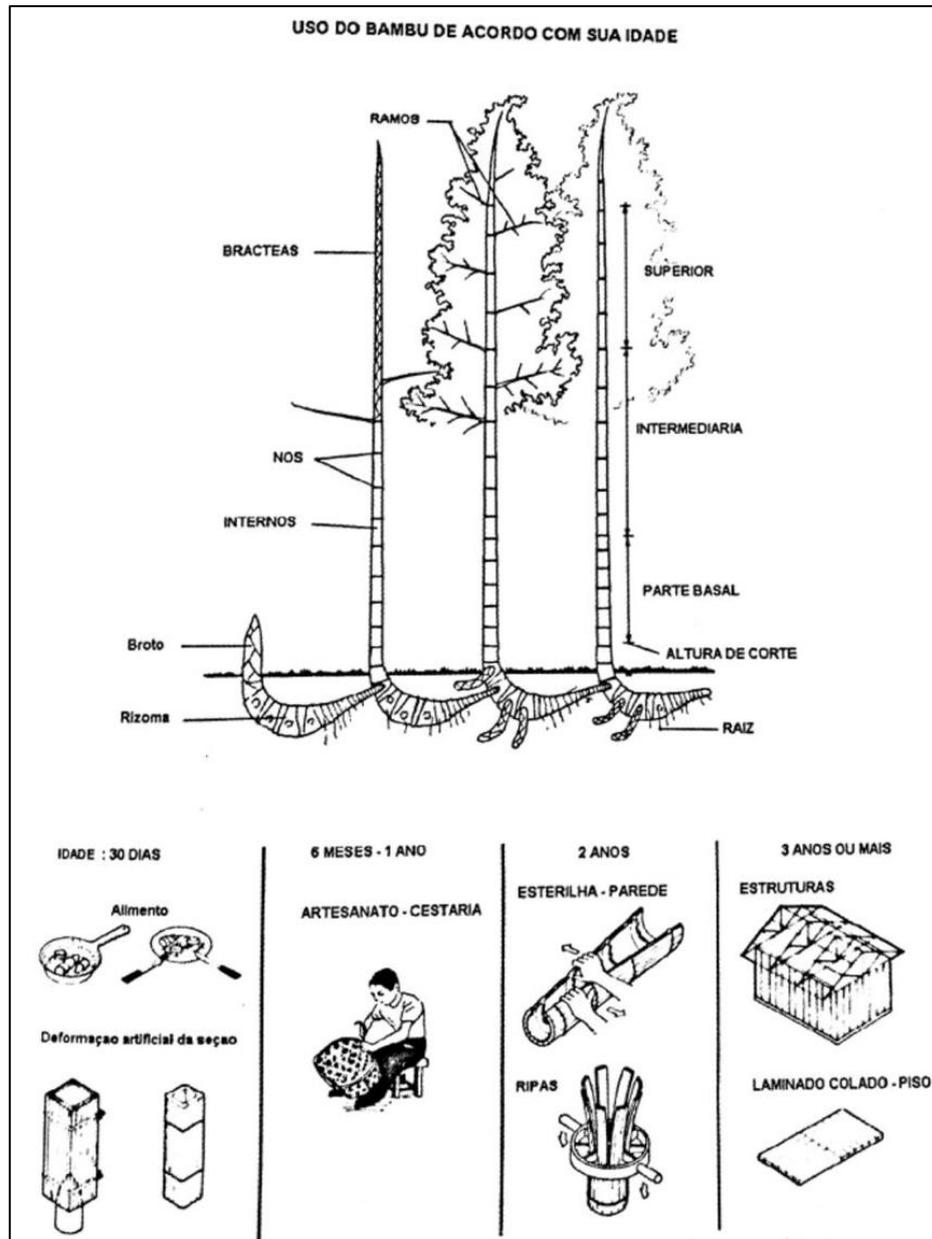
O desempenho do Bambu é considerado melhor quando plantado em regiões de alta temperatura, sem mudanças bruscas de temperatura ou secas duradouras. No Brasil, como o clima é predominante tropical e subtropical, o bambu apresenta grande desenvolvimento. Caso o plantio seja feito em condições impróprias, pode haver grandes consequências, como queimaduras nas folhas, falha no crescimento da planta, e até mesmo a morte dos rizomas. (GRAÇA, 1988). Em contrapartida, o bambu não é tão exigente em relação a fertilidade do solo. Mesmo assim, é possível melhorar a qualidade do solo e do plantio através de procedimentos agrônômicos adequados (PEREIRA & BERALDO, 2016).

b) Corte

De acordo com Souza (2004) existem algumas considerações relacionadas ao corte do bambu para que se possa garantir boa vida útil e evitar o acúmulo de água. São eles: O corte deve ser feito na lua minguante (evita retenção de líquido), durante os meses de maio e agosto (seca, sendo os meses de inverno). Se o corte for feito precocemente reduz sua vida útil, sendo assim, é mais aconselhado que o corte da planta seja feito entre as idades de 3 a 6 anos (Figura 13), com cerca de 20 a 30 cm do solo.

A melhor ferramenta para o manejo do corte é a serra, podendo se usar também machado, ou facão, para evitar acúmulo de água e insetos. A região indicada para o corte é próxima ao nó, de 4 a 6 metros de comprimento, afim de facilitar o seu transporte. Lembrando que a colheita deve ser realizada anualmente, sendo extraídos tanto os bambus defeituosos e velhos, como também os que serão utilizados, garantindo o fortalecimento do bambuzal e evitando congestionamento pela grande quantidade de colmos (PEREIRA, 2001).

Figura 13 - Uso do bambu de acordo com sua idade



Fonte: HIDALGO-LÓPEZ (1974 *apud* PEREIRA & BERALDO 2016)

c) Cura e Secagem

A cura do bambu é importante para o aumento de sua vida útil em até 25 anos, reduzindo fendas de dilatação e compressão e rachaduras (SOUZA, 2004). Pereira e Beraldo (2016) dizem que é necessário que os colmos sejam designados para um tratamento, em função de deixá-los mais resistentes à ataques xilófagos (insetos que se alimentam de madeira). Por conta dessa necessidade, existem alguns métodos tradicionais e métodos químicos.

Os métodos tradicionais (Quadro 2) não usam nenhum tipo de proteção química. Seu custo é moderadamente baixo, porém sua eficácia deixa a desejar em comparação aos métodos químicos, que quando bem conduzidos, aumentam a conservação do bambu. Podem ser classificados em: oleosos, óleos solúveis e hidrossolúveis (PEREIRA & BERALDO, 2016).

Quadro 2 - Métodos tradicionais de cura dos colmos de bambu

CURA OU MATURAÇÃO NA MATA	Em posição vertical na touceira, devem ser mantidos os colmos com folhas e ramos para que continue o processo de assimilação da seiva, reduzindo o teor de amido no colmo. Se colocado em contato ao solo, não apresenta efeito sensível sobre a durabilidade do colmo.
CURA POR IMERSÃO EM ÁGUA	Tem duração de quatro a sete semanas. Os colmos devem ser submersos em água corrente ou estagnadas, afim de diminuir ou eliminar o amido resistente; deve se ressaltar que, se em longo tempo em águas estagnadas, pode surgir manchas ou até mesmo larvas de insetos no bambu.
CURA PELA AÇÃO DO FOGO	Os colmos recentemente cortados são submetidos ao aquecimento diretamente no fogo, eliminando a seiva por exsudação com o esquentamento, altera-se o amido quimicamente. Desta forma, o bambu não se torna tão atrativo ao caruncho.
CURA PELA AÇÃO DA FUMAÇA	Semelhante a defumação de alimentos. Muda-se o sabor do colmo e aumenta sua expectativa util.

Fonte: PEREIRA & BERALDO, 2016.

2.2.5 Principais espécies de bambu para construções

De acordo com Londoño (2004 *apud* OLIVEIRA, 2013), não se sabe um número exato de espécies de bambu em torno do globo, por conta da grande disseminação nos continentes. É especulado que existam aproximadamente 1200 espécies de bambu catalogadas cientificamente, divididas em mais de 90 gêneros espelhados em quase todo planeta, com exceção da Antártida e Europa, onde não existe espécie originária conhecida.

Para a construção civil especificamente, as espécies mais recomendadas, de acordo com Sítio da Mata (s.d.), são a *Guadua Angustifolia* e a *Dendrocalamus Gigantes*. Ambas espécies não se alastram, pois são entoceirantes, e possuem origem tropical. No Quadro 3, são apresentadas algumas características e indicações quanto ao uso das espécies mais recorrentes, de acordo com o *International Network for Bamboo and Rattan* (INBAR) (*apud* Pereira e Beraldo, 2016).

Quadro 3 - Espécies de bambu mais comuns no Brasil

Espécie	Indicado para:	Características
<i>Bambusa bambos</i>	Construção; laminado de bambu; polpa e papel; barreira de vento.	Altura dos colmos: 15 - 25m; Espessura da parede: 1 - 1,15cm; Clima: Tropical seco ou úmido; Solo: ricos ou pobres, preferencialmente ácidos.
<i>Babusa blumeana</i>	Construção; laminado de bambu; artesanato; varetas; alimento (broto)	Altura dos colmos: 15 - 20m; Espessura da parede: 1 - 1,5cm; Clima: Tropical; Solo: ricos-pobres.
<i>Bambusa vulgaris</i>	Construção; polpa e papel; cercas; móveis; andaimes; artesanato.	Altura dos colmos: 15 - 25 m; Espessura da parede: 7 - 15 mm; Clima e solo: variedade de clima e solo, até 1500m de altitude.
<i>Dendrocalamus giganteus</i>	Muito usado para construções e para confecção de laminados; polpa e papel; utensílios e alimentos.	Altura dos colmos: 24 - 40m; Espessura da parede: parede espessa 1 - 3cm; Clima e solo: tropical úmido; regiões subtropicais; preferencialmente solos ricos.
<i>Guadua angustifolia</i>	Muito usados para construção de casas de baixo custo.	Altura dos colmos: até 30m Espessura da parede: 1,5 - 2cm Clima: Tropical Solo: Médios a ricos, cresce ao longo de rios ou colinas.
<i>Phyllostachys pubescens</i>	Material de construção; alimento; implementos agrícolas; utensílios domésticos.	Altura dos colmos: 10 - 20m; Espessura da parede: Média; Clima: Temperado; Solo: Rico em matéria orgânica.

Fonte: PEREIRA & BERALDO, 2016. Quadro adaptado do texto.

2.2.5.1 Bioconstruções em Bambu

Ao redor do mundo, o bambu vem sendo utilizado no uso de construção de baixo impacto ambiental, pelo seu baixo custo, pelo fácil acesso ao material e pelas suas propriedades estruturais.

Por seu grande potencial de redução de custos e também possuindo o mesmo potencial de tecnologias convencionais, o bambu tem sido estudado como um material não convencional para a execução de habitações de baixa renda. No Brasil, a sua utilização pode ser viável, onde a maior parte dos problemas são detectados na parte técnico-projetual, podendo ser corrigidos com intervenções de baixo porte (BARBOZA; BARBIRATO; SILVA, 2008).

Desde muito tempo, a utilização do bambu como matéria prima é praticada em países em desenvolvimento, por ser encontrado facilmente e pela sua produção ser de baixo custo, em relação à sua utilização. Com isso, no uso de habitações sociais, o bambu proporciona ao proprietário diminuir o custo de sua obra, utilizando um material alternativo, e praticando a sustentabilidade na construção civil (BARBOZA; BARBIRATO; SILVA, 2008).

2.2.5.1.1 Casa Permulung – Bali – Indonésia

O escritório de arquitetura IBUKU, localizado na Indonésia, é composto por um grupo de arquitetos, designers e engenheiros dispostos a utilizar o bambu como recurso principal para a execução de seus projetos (IBUKU, s.d.). Em 2011, o grupo realizou um projeto em bambu de cunho social na precária região de Denpasar (Figura 14).

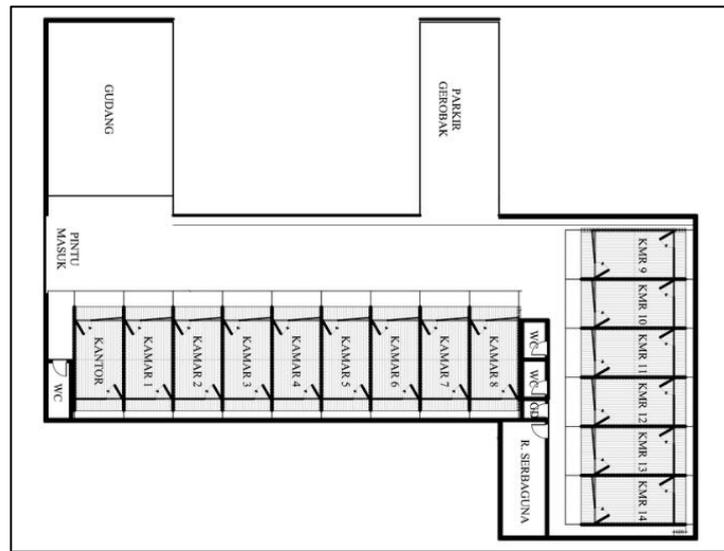
Figura 14 – Fachada do complexo habitacional Casa Permulung



Fonte: IBUKU, 2011

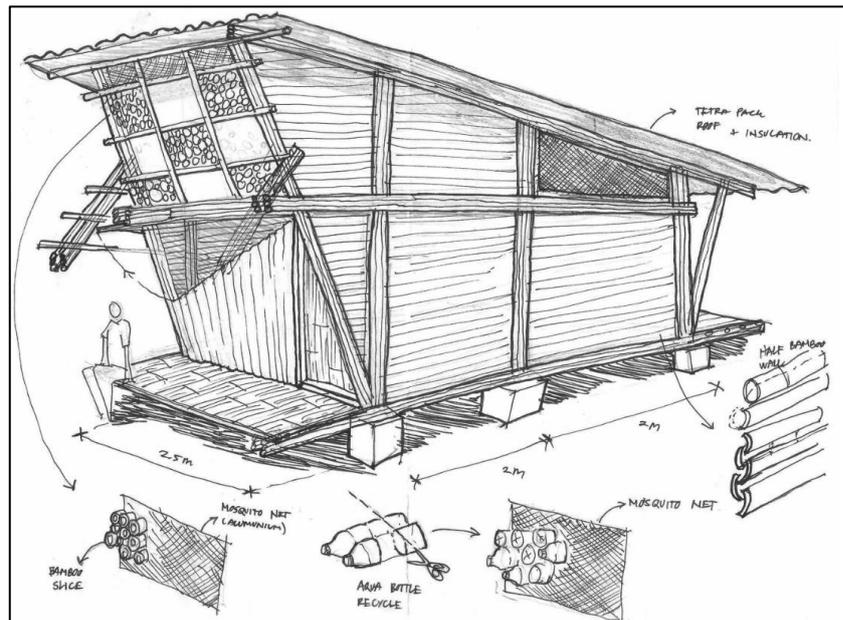
Segundo Souza (2017), pensando além da questão ambiental, o IBUKU idealizou e projetou moradias comunitárias de bambu para coletores de materiais recicláveis. A moradia comunitária é composta por 14 unidades habitacionais com 18m² cada. A unidade é composta por uma área comum e um quarto. O complexo possui áreas compartilhadas, como banheiros, e cozinha, além de um espaço para armazenamento dos materiais recicláveis coletados pelos moradores (Figura 15).

Figura 15 – Projeto de implantação



Fonte: IBUKU, 2011.

Figura 16 – Croqui do planejamento construtivo



Fonte: IBUKU, 2011

2.2.5.1.2 Lift House – Tecnologia à prova de Inundações de Baixo Custo - Bangladesh

O projeto (Figura 17) foi idealizado e executado por Prithula Prosun, como resultado de sua tese de mestrado em Arquitetura, na Universidade de Waterloo. Este projeto (Figura 18) foi viabilizado após receber um prêmio de incentivo de pesquisa pelo IDCR, *International*

Development Reserarch Center. (Archello, s.d.). A fachada da casa, assim como outros elementos, são feitos de bambu, conforme a Figura abaixo.

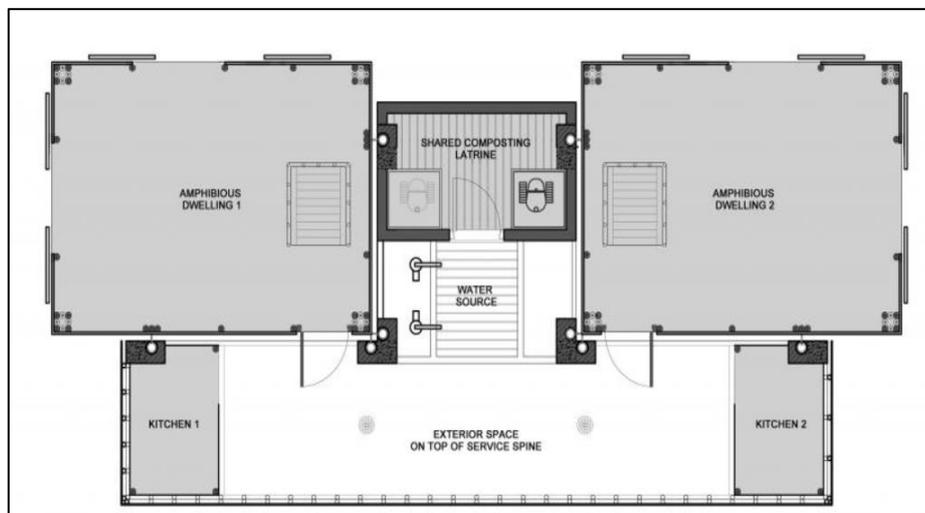
Figura 17 – Fachada da *Lift House*



Fonte: LIFT HOUSE, s.d.

O principal objetivo da *Lift House* é garantir segurança aos seus habitantes durante períodos muito chuvosos, já que a casa flutua de acordo com a elevação do nível da água. Na região de Bangladesh, durante o período das monções, muitas pessoas perdem seu abrigo por conta do mal planejado sistema de drenagem do local.

Figura 18 – Planta baixa do projeto “*Lift House*”



Fonte: ARCHELLO, s.d.

Com uma fundação de ferro-cimento, e armação de bambu associada a garrafas pets usadas, a estrutura tem capacidade de ficar estável durante as enchentes. Além disso, as garrafas plásticas também são responsáveis por captar a água de chuva durante os períodos chuvosos, reciclando-a através de um filtro de areia, o que permite o seu uso durante o resto do ano (CARVALHO, 2014). O processo construtivo da casa foi considerado simples (Figura 19), e de fácil execução.

Figura 19 – Construção da residência



Fonte: ARCHELLO, s.d.

A casa é autosuficiente, tendo sua energia elétrica gerada por dois painéis solares de 60 W. Um banheiro compartilhado permite que os habitantes da casa possam praticar a compostagem a partir dos dejetos humanos, permitindo seu reaproveitamento. O bambu (Figura 18) foi o material escolhido para a parte de alvenaria por ser benéfico ambientalmente e por possuir um baixo custo em relação aos demais materiais (CARVALHO, 2014).

2.2.5.1.3 Casas de Bambu do arquiteto Ricardo Nunes – Alagoas/SE

O arquiteto Ricardo Nunes colocou em prática a sua ideia de casa ecologicamente correta através de dois projetos (Figura 20), planejados durante 5 anos antes de sua execução.

Segundo Nunes (2013), os projetos utilizam o bambu como principal material construtivo, constituindo cerca de 70% da construção. A ideia de utilizar o bambu vai além do fato de que esse é um material renovável, mais leve e com alta resistência. Os processos industriais, de alto consumo energético e de matéria prima, por trás dos materiais utilizados

para as construções convencionais também não são praticados, já que o bambu é extraído da natureza de forma sustentável.

Figura 20 – As duas casas projetadas pelo arquiteto Ricardo Nunes



Fonte: MAGALHÃES, 2013.

As casas em si possuem 46 m² cada, e foram executados em 50 dias cada. As paredes foram construídas utilizando placas de bambu, que foram revestidas com cal e areia. O forro da casa foi feito com placas de madeira compensada (Figura 21), que apresentam bom desempenho acústico e térmico, chegando a ter diferença de 3 °C em relação à temperatura externa. Em relação aos gastos utilizados para a construção, uma moradia popular convencional custava em Alagoas, na época, cerca de R\$ 14.000,00, enquanto as casas construídas com o bambu custaram cerca de R\$ 9.000,00. A casa possui previsão de durabilidade de 30 anos (NIZ, 2013).

Figura 21 – Forro da casa com madeira compensada



Fonte: MAGALHÃES, 2013.

3 ESTUDO DE CASO: CASA DE BAMBU – ECOVILA MÃE TERRA

No estudo de caso, analisou-se um projeto, ainda não concluído, de uma casa de bambu localizada na cidade de Hidrolândia -GO, localizado a 44km de distancia de Goiania capital do estado de Goiás. A casa fica no condomínio Encontro das Águas, Via EA2, quadra 05, chácara 22, conforme a Figura 22. Os próprios moradores chamam o local de Ecovila Mãe Terra.

Figura 22 – Foto por satélite do local



Fonte: GOOGLE MAPS, 2019.

O projeto tem um total de aproximadamente 400 m² de área construída, possuindo dois pavimentos, sendo que o primeiro pavimento (Figura 23) é dedicado às áreas comuns, como a sala de estar, cozinha, área de serviço, garagem externa e um lavabo.

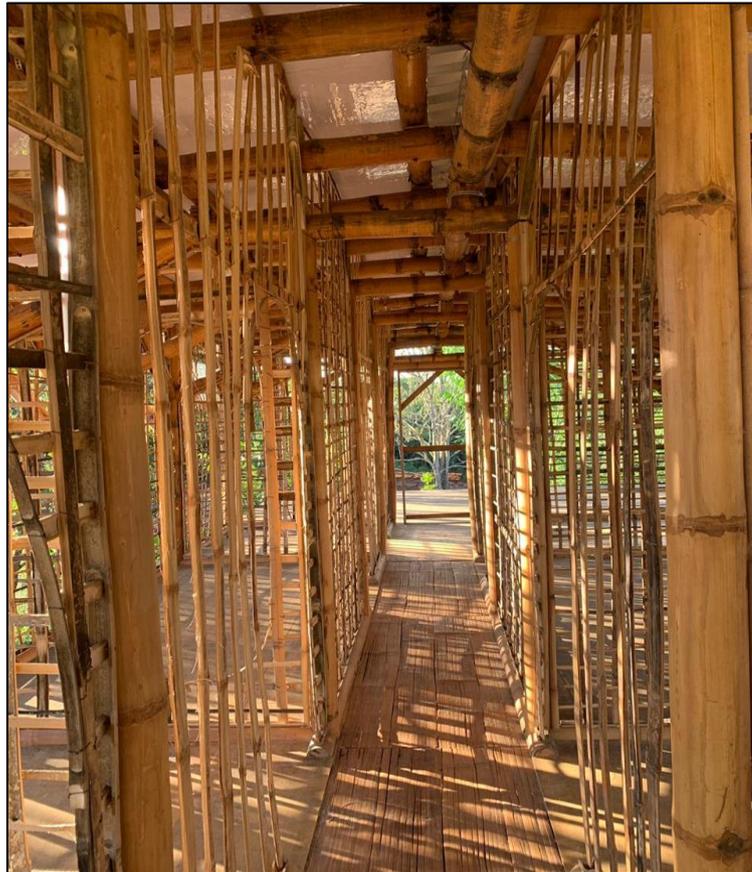
Figura 23 – Piso inferior da residência



Fonte: PRÓPRIOS AUTORES, 2019.

Já o piso superior (Figura 24) é dedicado para os moradores em si, contendo dois quartos, um banheiro, um cômodo para o armazenamento de roupas, de uso comum, um ambiente para práticas espirituais, e uma varanda externa, como área de convivência dos moradores e seus convidados.

Figura 24 - Corredor de acesso aos cômodos da área pessoal



Fonte: PRÓPRIOS AUTORES, 2019.

A construção foi iniciada em 2016, com a previsão de que ficasse pronta em menos de um ano, pois o casal idealizador do projeto, Lilian e Christofer Massetti, tinham pressa para morar no local, antes do nascimento de sua filha. Entretanto, por conta das dificuldades encontradas durante o processo construtivo da casa, que serão apontadas no Item 3.1.2, não foi possível que este prazo fosse alcançado. Ainda em 2019, eles estão se dedicando ao projeto, que já está com a parte estrutural completa, com a fundação pronta, vigas e pilares executados, e o piso do pavimento superior já feito, assim como o contrapiso do pavimento inferior. A nova previsão de término da obra seria em julho de 2019, porém, Massetti se lesionou durante a construção da casa, adiando mais uma vez o prazo. Afim de acelerar a finalização da obra, o

casal promove diferentes mutirões, para que pessoas de fora possam contribuir com a causa deles, e em contrapartida possam aprender um pouco mais sobre o processo construtivo da casa.

O local que foi escolhido para a realização da obra é uma chácara, onde outros familiares de Lilian e Christofer também moram, mas cada um em sua residência. Apesar de ter diferentes casas, todos seguem os princípios básicos da permacultura no local, podendo ser encontrado no local hortas orgânicas, agroflorestas e até mesmo processos de compostagem.

3.1 O PROJETO

Por motivações pessoais, os idealizadores do projeto seguiram fielmente o estilo de vida pregado pela permacultura, tanto no projeto da casa, quanto no local em que a residência é localizada. Tudo o que é feito na Ecovila parte de seus proprietários. A casa possui um cunho muito pessoal, desde a concepção do projeto, até a execução em si. O projeto foi inteiramente feito pelos proprietários Christofer e Lilian, que estiveram presentes ativamente em todas as etapas da construção. Além de projetista, Christofer Masetti é o principal construtor da obra, contando com o auxílio de alguns funcionários temporários, que o ajudam a materializar o tão sonhado projeto. Ele cita também que grande parte do trabalho é feito de maneira artesanal, por conta dos mínimos detalhes e cuidados que o bambu exige para sua função como estrutura. A casa segue também princípios do feng shui, técnica oriental utilizada para harmonizar a energia dos ambientes. Exemplo disso é a separação de cômodos por função, como o espaço para armazenar roupas, e o cômodo para práticas espirituais (Figura 25), citados anteriormente.

Inicialmente, para projetar a estrutura da casa, Christofer se baseou em um curso de construções em bambu, feito logo após sua formação no ensino superior, que utilizava como base as normas estrangeiras para construções em bambu, já que, no Brasil, não existe uma norma definida pela ABNT para isso. A fim de promover discussões sobre a formalização de uma norma no país, foi criada a Comissão de Estudos de Estruturas em Bambu, que faz parte do Comitê Brasileiro de Construção Civil. Algumas reuniões foram promovidas pela Comissão, inclusive no Estado de Goiás, para a discussão sobre o texto da norma. Uma norma que pode auxiliar na criação de projetos em bambu é a norma NBR 7190 – Projeto de estruturas de madeira, por conta da semelhança entre as características físicas e mecânicas entre os dois materiais (REDE BAMBU BRASIL, 2018).

Apesar de não existir uma norma no Brasil, outros países possuem normas para a construção em bambu, como a Índia, o Peru e a Colômbia. Para confirmar o desempenho

estrutural de sua residência, Masetti fez os cálculos estruturais de vigas e pilares em bambu utilizando como referência o Título G, da Norma Colombiana NSR-10, sobre Madeira e *Guadua* (espécie de bambu gigante presente na América Latina, usado na construção civil em larga escala na Colômbia). Para os cálculos da fundação, feita em concreto, foi utilizada a norma NBR 6118:2003 – Estruturas em concreto armado, presente em boa parte do curso de engenharia civil.

**Figura 25 - Cômulo dedicado às práticas espirituais
, com janela e porta circulares**



Fonte: PRÓPRIOS AUTORES, 2019.

3.1.1 Metodologia do Sistema Estrutural

Masetti (2019) escolheu o bambu para ser a matéria prima fundamental do projeto, por acreditar que este é o material mais sustentável para a construção civil no presente. Ele aponta o fato de que a planta poder crescer de forma mais rápida se comparada à madeira, tendo brotos

continuamente ao longo do tempo, sem ter a necessidade de desmatamento no local quando realizada sua colheita. Além disso, a planta pode contribuir com o solo e com a redução de gás carbônico presente na atmosfera. Para o sistema estrutural do projeto, especificamente nas vigas e pilares (Figura 26), assim como em parte do piso superior, a espécie escolhida foi o *Dendrocalamus Asper* (bambu gigante), utilizado em sua forma natural e em forma de ripas. Já o *Bambusa Tuldoides* foi escolhido para a confecção das tramas (malhas) das paredes internas (Figura 27), que receberão posteriormente o barro da técnica de pau a pique.

Os bambus foram adquiridos de fornecedores que ficam distantes da região de Goiânia-GO . Christofer precisou se deslocar até o Estado de São Paulo para adquirir a primeira leva de bambus gigantes, onde o mesmo precisou fazer a seleção, colheita e o transporte dos materiais até sua residência. Por conta da necessidade de mais bambus para a finalização da parte estrutural, Masetti precisou recorrer novamente a outro fornecedor, desta vez localizado em Luziânia-GO, cidade próxima ao Distrito Federal. O processo de escolha dos bambus, sua colheita e o transporte foi feito novamente pelo próprio Christofer.

Figura 26 - Utilização do bambu *Dendrocalamus Asper* em elementos estruturais da casa - vigas e pilares

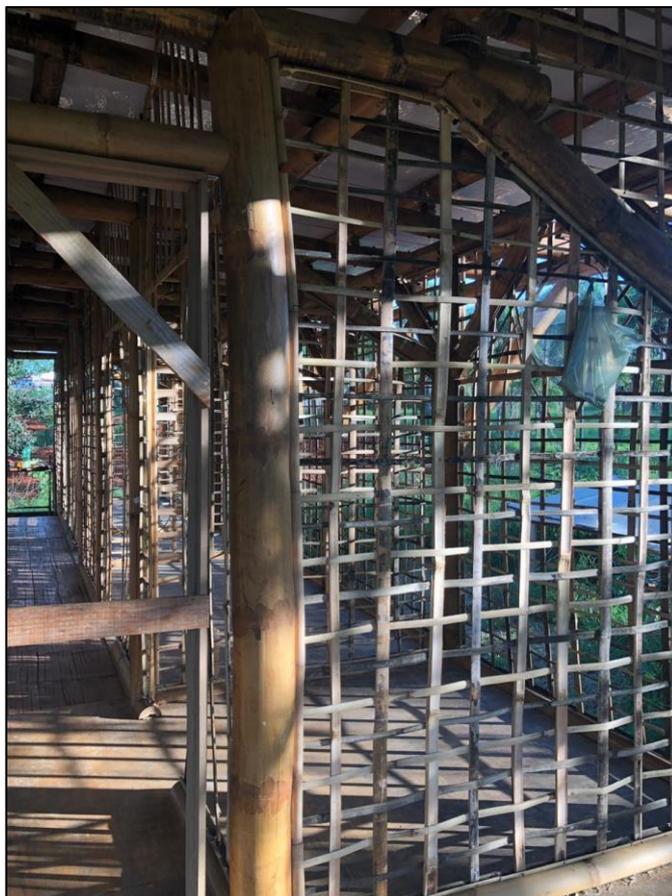


Fonte: PRÓPRIOS AUTORES, 2019.

O *Dendrocalamus Asper*, conhecido popularmente como bambu gigante, tem sua origem na região sudeste da Ásia, sendo trazida para o Brasil por colonizadores portugueses, provavelmente. Suas touceiras são de grande porte, podendo alcançar até 30 metros de extensão, e os diâmetros na base dos colmos podem atingir mais de 30 cm, levando em consideração o cultivo no Brasil. É o bambu de maior porte encontrado no país atualmente. Sua principal utilização é como elemento estrutural, e na fabricação de produtos em bambu laminado colado (TOMBOLATO; GRECO; PINTO, 2012).

O outro tipo de bambu utilizado foi o *Bambusa Tuldooides*. Assim como a grande maioria das espécies de bambu, o *Bambusa Tuldooides* tem sua origem na China, no continente asiático. Seus colmos são de médio porte, podendo alcançar até 17 metros de altura, e até 5 cm de diâmetro. Essa espécie é bastante utilizada para construções leves, principalmente no meio rural (TOMBOLATO; GRECO; PINTO, 2012).

Figura 27 - Malhas feitas de *Bambusa Tuldooides*, para as paredes internas



Fonte: PRÓPRIOS AUTORES, 2019.

Após a seleção dos colmos dos bambus que seriam utilizados na obra, foi necessário realizar o tramento dos mesmos, afim de torná-los mais resistentes à biodegradação natural que esse material sofre. O bambu em sua forma natural, sem um devido tratamento, possui baixa durabilidade quando exposto as intempéries da natureza. Por ser o principal elemento estrutural da casa, e por estar exposto ao meio ambiente, foi necessário realizar um tratamento dos colmos de bambu, para que os colmos não sofram degradação, afetando a segurança dos futuros moradores. O tratamento foi feito após a colheita do material, na própria Ecovila Mãe Terra.

Os bambus que foram usados na construção receberam o tratamento do tipo Bórax (Figura 28). De acordo com Masetti (2019), o uso do tratamento com bórax foi feito pela questão da sustentabilidade que o processo oferece, já que é considerado por ele o mais eficiente, com menor impacto ambiental possível, e mais acessível para a execução. É um tratamento que utiliza fertilizantes orgânicos, e que, na mesma solução, pode ser utilizado para o tratamento de diversos colmos de bambu. A solução básica do tratamento do tipo bórax é composta por ácido bórico e o bórax, um sal à base de boro. Os produtos foram adquiridos em uma loja idônea.

Figura 28 - Exemplo de preparação da solução com bórax e ácido borácico, para imersão dos colmos



Fonte: MORAR DE OUTRAS MANEIRAS, s.d.

O tratamento foi feito no bambu gigante (*Dendrocalamus Asper*) por imersão vertical. Os nós do bambu são furados para que a mistura do bórax possa atingir o colmo em sua

totalidade. Apenas o último nó, que fica na parte inferior do colmo, não deve ser furado. O bambu deve ser posicionado verticalmente, e seu interior deve ser preenchido com essa solução de bórax e ácido bórico. A medida utilizada para o tratamento dos colmos utilizados na casa foi de um quilo de ácido bórico, para um quilo de bórax, para 60 litros de água, em cada mistura da solução. Para os bambus menores (*Bambusa Tuldoides*), foi feita uma caixa, onde os bambus foram imersos nesta mesma solução.

Segundo a Norma Colombiana NSR-10 (2010), o Título G da norma regulamentadora apresenta os requisitos mínimos para o desenvolvimento de estruturas em madeira e em bambu, para que essas tenham um nível de segurança considerável quando comparado à estruturas projetadas com outros materiais que cumpram o mesmo regulamento da norma NSR-10. As estruturas consideradas no Título G são estruturas compostas totalmente por madeira ou bambu ou para estruturas mistas, que combinam esses dois materiais com outros que estão previstos na norma NSR-10. No Título G são feitas algumas recomendações em relação ao bambu como material construtivo, e também é indicado como deverão ser feitos os cálculos estruturais para estruturas desse tipo.

A norma NSR-10 (2010) aponta que os bambus devem apresentar um teor de umidade em equilíbrio com a região em que a construção será executada. Um valor de referência utilizado para o teor de umidade é de 19%, para bambus utilizados em estruturas. O processo de secagem deverá ser feito naturalmente, com exposição ao ar. Para a proteção contra as intempéries da natureza e os agentes biológicos, o processo deverá ser feito em algum local coberto, com circulação de ar, para evitar a degradação do material.

Os bambus deverão ser armazenados em locais secos e cobertos, que possuam de preferência boa circulação de ar e pouca umidade. O ideal é que os bambus não fiquem em contato direto com o solo, para que não absorvam umidade e percam suas propriedades mecânicas. Assim como com outros materiais, o local de armazenamento deve ser próximo ao local de execução da obra (NSR-10, 2010).

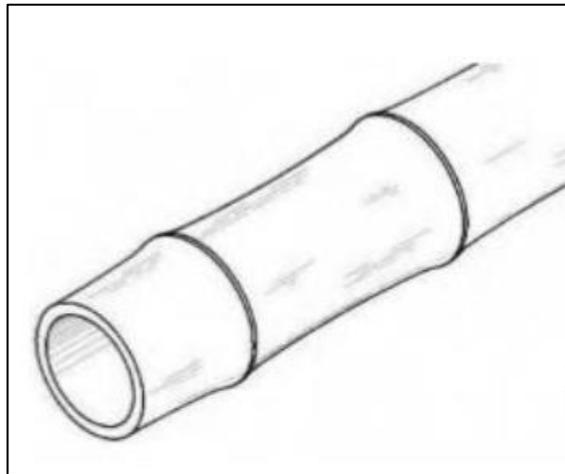
As recomendações quanto ao planejamento do projeto executivo, foi de acordo com a norma NSR-10 (2010), onde todos os bambus que serão utilizados no projeto como elemento estrutural deverão atender aos requisitos mínimos de resistência mecânica previstos na norma colombiana NTC 5525 – Propriedades físico mecânicas do bambu. Os materiais que serão utilizados de forma complementar na estrutura, como os pregos e cintas metálicas deverão ser protegidos quanto a umidade, para a preservação dos colmos do bambu. É necessário que as estruturas sejam projetadas por profissionais habilitados para assegurar que a mesma resista às cargas solicitadas previstas na norma NSR-10. A execução da obra deve ser feita por mão de

obra especializada e capacitada, e a manutenção preventiva contra agentes biológicos deve ser feita para garantir a vida útil dos materiais.

Com relação ao sistema conectivo, a norma NSR-10 (2010), a fim de padronizar esses sistemas para a ligação entre bambus *guadua* nas estruturas, utiliza a norma NTC 5407 – Uniões em estruturas com *Guadua angustifolia kunth*. Os três tipos de corte recomendados pela norma, que são utilizados para a confecção de sistemas conectivos entre os bambus, são:

- a) Corte reto: o corte é plano e perpendicular ao eixo do colmo (Figura 29);

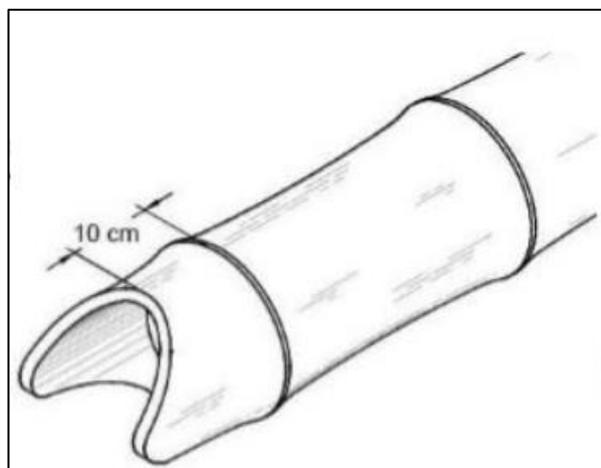
Figura 29 - Ilustração do corte reto



Fonte: NSR-10, 2010.

- b) Corte boca de peixe: é o corte mais utilizado para a união entre dois colmos de bambu. É um corte côncavo e transversal ao eixo do colmo (Figura 30);

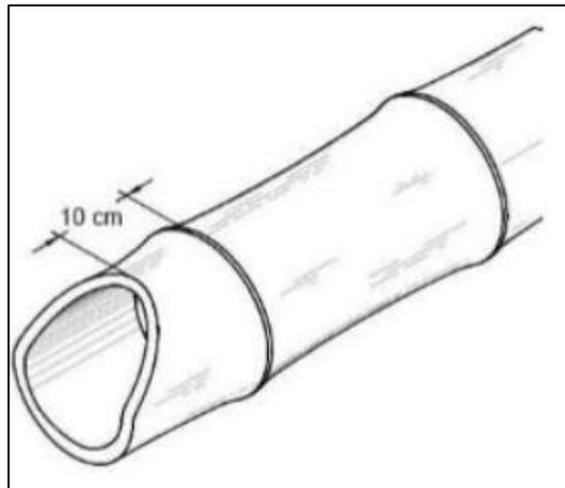
Figura 30 - Ilustração do corte boca de peixe



Fonte: NSR-10, 2010.

- c) Corte bico de flauta: é o corte utilizado para unir dois bambus que se encontram com ângulos diferentes, entre 0° e 90° . O corte pode ser feito com um boca de peixe inclinado, ou com dois cortes retos (Figura 31);

Figura 31 - Ilustração do corte bico de flauta



Fonte: NSR-10, 2010.

Na casa, foi usada uma furadeira, com o acessório serra-copo, para efetuar os cortes nas diferentes peças de bambu. Neste caso, só foi utilizado o corte boca de peixe para a ligação dos bambus nas estruturas dos pilares e vigas (Figura 32), assim como nas ligações entre os próprios colmos de bambu, quando necessário.

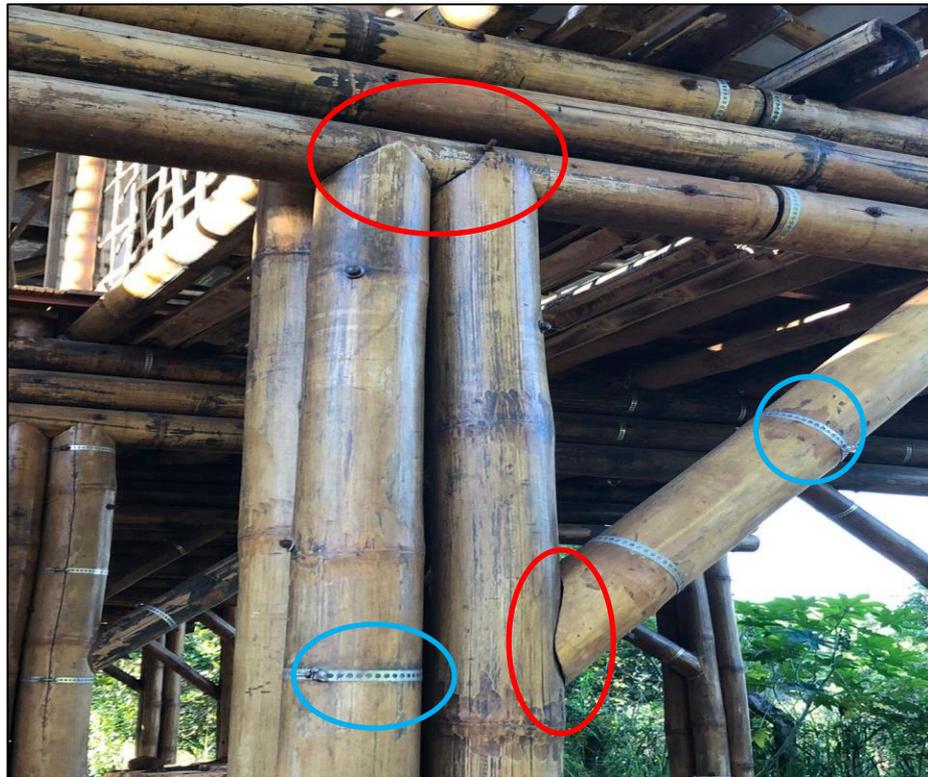
Figura 32 - Instrumento utilizado para realizar o corte boca de peixe, e conexão boca de peixe entre bambus



Fonte: PRÓPRIOS AUTORES, 2019

A recomendação da norma é que as conexões entre dois bambus sejam feitas com parafusos metálicos, desde que estes recebam devido tratamento anticorrosivo, para não afetar a vida útil dos bambus que serão unidos. Essa conexão também pode ser feita com o uso de chapas metálicas, como ilustrado na Figura 33, a seguir.

Figura 33 - Conexões utilizando chapas e parafusos metálicos e corte boca de peixe



Fonte: PRÓPRIOS AUTORES, 2019.

Para a junção de bambus e elementos de concreto, podem ser utilizadas conexões metálicas ou âncoras, desde que recebam o devido tratamento anticorrosivo. No caso da utilização de mais de um bambu para a construção de um elemento estrutural como a viga, os mesmos deverão estar unidos entre si por parafusos ou barras roscadas, além das cintas metálicas, para garantir que os elementos trabalhem em conjunto e que estejam estáveis conforme a Figura 34, a seguir. Todos esses conectores devem ser devidamente projetados para resistir aos esforços gerados nas uniões.

Para combater os grandes vãos, Masetti utilizou madeira reflorestada para a conexão entre diferentes colmos de bambu. Essa escolha foi feita para que não houvesse vãos entre as ligações, além de reforçar a resistência nesses pontos específicos. Esse processo também foi

necessário por conta do não aproveitamento total de toda extensão do bambu, que possuem diferentes alturas, de acordo com cada peça.

Figura 34 - Ligação entre bambus em vigas



Fonte: PRÓPRIOS AUTORES, 2019

Para o dimensionamento dos elementos estruturais, foi utilizada uma metodologia de cálculo encontrada na norma NSR-10 (2010). De acordo com a norma, para efeitos de cálculo, todas as uniões devem ser consideradas articuladas, e não deverá ser considerada a transmissão de momentos entre os diferentes elementos que constituem a união. Para a determinação do diâmetro de cálculo, deve-se medir o diâmetro em cada segmento de colmo a ser utilizado. Essa medida deverá ser realizada em duas direções perpendiculares entre si. O resultado do diâmetro de cálculo será a média das quatro medições realizadas (NSR-10, 2010).

De acordo com a NSR-10 (2010), os valores de esforços admissíveis (Tabela 4) e de módulos de elasticidade (Tabela 5) para efeitos de cálculo, considerando um teor de umidade de 12%, são:

Tabela 4 - Esforços admissíveis em MPa

Flexão	Tração	Compressão paralela	Compressão perpendicular	Cortante
15	18	14	1,4	1,2

Fonte: NSR-10, 2010.

Tabela 5 - Módulo de elasticidade em MPa

Módulo médio	Módulo percentual	Módulo mínimo
9.500	7.500	4.000

Fonte: NSR-10, 2010.

Cada módulo de elasticidade deve ser utilizado para a determinação de um elemento de cálculo diferente:

- Módulo médio: deve ser utilizado como o módulo de elasticidade do bambu;
- Módulo percentual: é utilizado para o cálculo dos coeficientes de estabilidade de vigas e colunas;
- Módulo mínimo: deve ser utilizado para calcular as deflexões quando as condições de serviço sejam críticas ou exijam um nível de segurança superior;

Para a determinação dos esforços admissíveis de cada solicitação, é necessário determinar o valor característico a partir da Equação 1:

$$F_{ki} = f_{0,05i} \left[1 - \frac{2.7 \frac{s}{m}}{\sqrt{n}} \right] \quad (1)$$

Onde:

F_{ki}: valor característico para a solicitação;

f_{0,05i}: valor correspondente ao percentual 5 dos dados encontrados nos testes laboratoriais para a solicitação;

m = valor médio dos dados encontrados nos testes laboratoriais;

s = desvio padrão dos dados encontrados nos testes laboratoriais;

n = número de ensaios (pelo menos 20);

Com o valor característico determinado, é possível calcular os esforços admissíveis com a Equação 2:

$$F_i = \frac{F_C}{F_1 \times F_{CD}} f_{ki} \quad (2)$$

Onde:

F_i = esforço admissível para a solicitação;

f_{ki} = valor característico do esforço para a solicitação;

F_C = fator de redução por diferenças entre as condições dos ensaios em laboratório e as condições reais de aplicação das cargas na estrutura (Tabela 6, abaixo)

F_a = fator de segurança (Tabela 6)

F_{DC} = fator de duração de carga (Tabela 6)

Tabela 6 - Fatores de redução do esforço admissível

Fator	Flexão	Tração	Compressão paralela	Compressão perpendicular	Corte
FC	-	0,5	-	-	0,6
F _a	2	2	1,5	1,8	1,8
FDC	1,5	1,5	1,2	1,2	1,1

Fonte: NSR-10, 2010.

Além dos fatores previstos na determinação dos esforços admissíveis para cada solicitação da estrutura, outros coeficientes são previstos para o cálculo do valor final. Todos esses valores são tabelados e previstos na norma. Esses coeficientes são:

C_D = coeficiente de modificação por duração da carga;

C_m = coeficiente de modificação por teor de umidade;

C_t = coeficiente de modificação por temperatura;

C_L = coeficiente de modificação por estabilidade lateral das vigas;

C_F = coeficiente de modificação por forma;

C_r = coeficiente de modificação por redistribuição de carga, ação conjunta;

C_p = coeficiente de modificação por estabilidade de colunas;

C_c = coeficiente de modificação por cisalhamento paralelo às fibras;

Com a ponderação dos coeficientes citados anteriormente, o valor final dos esforços admissíveis, utilizado para o dimensionamento da estrutura em bambu, é determinado pela seguinte Equação 3:

$$F'_i = F_i C_D C_m C_t C_L C_F C_r C_p C_c \quad (3)$$

A fundação do projeto foi executada em concreto armado, na forma de viga baldrame. Christofer optou por esse método para assegurar que a estrutura seja mais estável, por não conhecer outro método seguro, e que fosse menos agressivo ao meio ambiente. Os bambus foram inseridos nos blocos da fundação, sendo preenchidos até a altura dos mesmos, conforme a Figura 35.

O piso do andar superior já foi executado. A idéia inicial seria de cobrir todo o pavimento com piso de ripas de bambu. Porém, pelas dificuldades encontradas devido a

fisionomia não regular do material, não foi possível fazer em toda a extensão da área. Apenas a área de circulação entre os cômodos foi revestida com o material (Figura 36).

Figura 35 - Fundação de concreto ligada a estrutura de bambu



Fonte: PRÓPRIOS AUTORES, 2019.

Nas outras áreas do piso superior, foi utilizada a madeira compensada naval (Figura 37), sendo esta caracterizada pelo uso de lâminas finas coladas com base de resina, possuindo alta resistência mecânica, e alta resistência à umidade (BALDWIN, 1975; SELLERS, 1985; TSOUMIS, 1991).

Figura 36 - Vista superior e inferior do piso de ripa de bambu, respectivamente



Fonte: PRÓPRIOS AUTORES, 2019.

Figura 37 - Piso feito de madeira compensada naval



Fonte: PRÓPRIOS AUTORES, 2019.

Até o presente momento, a alvenaria de vedação ainda não foi executada, porém a ideia é de esta seja feita de adobe com fibras de bambu para a parte externa, e taipa a mão (técnica de pau a pique) para as divisões internas. As tramas de bambu foram feitas justamente para receber a técnica de pau a pique, sendo estas fixadas ao sistema estrutural em bambu através de pregos talhados, de maneira artesanal, do próprio material (Figura 38), com o objetivo de assegurar que a malha resista à força causada pela aplicação do barro.

Figura 38 - Prego de bambu ligando a malha e o sistema estrutural



Fonte: PRÓPRIOS AUTORES, 2019.

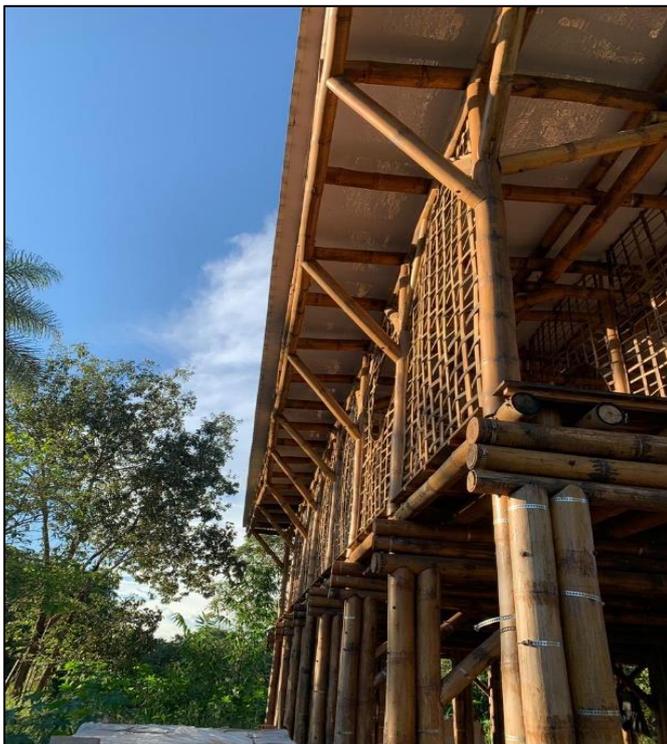
3.1.2 Dificuldades encontradas durante o projeto

Durante o processo construtivo da casa de bambu, localizada na Ecovila Mãe Terra, Christofer enfrentou algumas dificuldades por conta da escolha do material utilizado para essa construção: o bambu. De acordo com o mesmo, as principais dificuldades enfrentadas são:

- Por não ser um material normatizado no Brasil, existe a dificuldade de aprendizado das técnicas construtivas e dimensionamento de estruturas em bambu. Christofer aprendeu as técnicas construtivas utilizadas neste projeto através de um curso de construções em bambu, realizado após a sua formação no ensino superior, e também através de estudos pessoais;
- Culturalmente, no Brasil, as técnicas construtivas convencionais são as mais utilizadas, englobando o uso do concreto, da madeira e do aço. Por não possuir espaço dentro da construção civil, existe a dificuldade em se encontrar mão de obra especializada e capacitada para a execução de construções em bambu. O próprio idealizador do projeto foi o responsável técnico e executivo da construção, atuando diretamente na concepção da estrutura em si. Esse é um dos principais fatores que afetam a finalização do projeto, já que Christofer é a única pessoa com capacitação técnica, no momento, para executar a obra;
- Christofer aponta a dificuldade de se encontrar fornecedores de bambu no Brasil. É possível encontrar fornecedores nas regiões sudeste (interior de São Paulo), e em parte da região centro oeste (Luziânia, cidade próxima à Brasília). Porém, não se encontram produções de bambu em larga escala nas proximidades do local da obra (região de Hidrolândia, próximo à Goiânia). Além do difícil acesso à estes fornecedores, normalmente a pessoa que irá comprar o material realiza a escolha, colheita e o posterior tratamento das touceiras selecionadas, deixando o processo mais lento, e mais caro;

Apesar de todas as dificuldades encontradas durante o processo construtivo até então, Christofer acredita que o bambu tem um alto potencial de utilização dentro do mercado da construção civil. Ele aponta a necessidade de mais estudos sobre métodos construtivos com bambu, assim como a necessidade de um aumento na cadeia produtiva deste material, pois o mesmo pode ser utilizado tanto em obras residenciais, como em sua própria casa de bambu (Figura 39) quanto em obras com maior porte estrutural.

Figura 39 - Fachada da casa de bambu



Fonte: PRÓPRIOS AUTORES, 2019.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao decorrer dos estudos para a realização deste trabalho, é possível observar que o bambu é uma possibilidade de material para o uso na construção civil. Como possui alta resistência mecânica, ele pode ser um bom substituto para a madeira, e até mesmo do concreto. Entretanto, com a falta de incentivos para a implementação do bambu na cultura do Brasil, sua utilização se torna uma realidade ainda distante. É de suma importância que haja uma mudança neste cenário, partindo da conscientização da sociedade, incluindo principalmente estudantes e profissionais da construção civil, para que esses conheçam o real potencial do bambu. Estudos que investiguem as características mecânicas da planta, assim como a sua reação diante dos diferentes climas e tipos de solo no país são fundamentais para que o Brasil possa utilizá-lo no mercado. Quanto mais pesquisas na área, maior a facilidade de entendimento sobre seu manuseio, e sobre as técnicas construtivas que podem ser aplicadas com o bambu.

Apesar de já existirem normas para a utilização do bambu como elemento estrutural em outros países, falta uma normatização deste material para o Brasil. Essa normatização só será possível através de um já consolidado conhecimento teórico. Atualmente já existe uma mobilização para que o bambu seja normatizado no país, porém, nada definitivo. Durante o processo de estudo foi verificado também que não existe o plantio em larga escala do bambu, principalmente com as espécies propícias para a construção civil, o que dificulta a aquisição deste material. Da mesma forma, poucos profissionais possuem o conhecimento técnico necessário para executar uma construção como essa. São necessários também mais estudos sobre os tratamentos do bambu pós colheita, pois não se sabe ao certo se alguns destes tratamentos realizados nos colmos são prejudiciais ou não ao meio ambiente.

Com isso, através deste estudo realizado, acredita-se que o bambu possui um grande potencial, em larga escala, como material alternativo para a indústria da construção civil, sendo este menos nocivo ao meio ambiente, e com menos chance de destruição ambiental, ao contrário dos materiais hoje utilizados. Somente através de estudos mais específicos sobre o tema, de uma conscientização popular sobre a utilização deste material, e sua normatização, será possível introduzir de fato o bambu na construção civil no Brasil.

4.1 PROPOSTAS PARA ESTUDOS FUTUROS NA ÁREA

Acredita-se que para uma maior clareza em relação ao assunto bambu e sua aplicabilidade na construção civil, são necessários estudos sobre:

- Os tratamentos do bambu e suas reais consequências ao meio ambiente, pois as informações encontradas em relação ao tema são poucas, e apresentam resultados divergentes;
- Testes de resistência mecânica e durabilidade das espécies de bambu usadas na construção civil. Os estudos que avaliam esses testes são, em sua maioria, internacionais, antigos e limitados à poucas espécies de bambu;
- Estudos sobre a utilização de piso de bambu em forma de esteira;
- Estudos para minimizar os efeitos causados pela dilatação do concreto no interior dos colmos de bambu na fundação.

REFERÊNCIAS

- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 8681** - Ações e segurança nas estruturas. 2004v
- AGOPYAN, V.; JOHN, V. M. **O desafio da sustentabilidade na construção civil**. 2 ed. São Paulo: Editora Blucher, 2012.
- ALMEIDA, F. **O bom negócio da sustentabilidade**. Lisboa: Editora Nova Fronteira, 2002.
- APUAMA. História. **APUAMA**. Campinas, 2016. Disponível em: <http://apuama.org/historiabambu/>. Acesso em: 27 ago. 2018.
- AZEVEDO, S.; ANDRADE, L. A. G. **Habitação e poder: da Fundação da Casa Popular ao Banco Nacional Habitação** [online]. Rio de Janeiro: Centro Edelstein de Pesquisas Sociais, 2011, 116 p. ISBN: 978-85-7982-055-7. Disponível em SciELO Books <http://books.scielo.org/> Acesso em: 15 nov. 2018.
- BERALDO, A. L.; AZZINI, A.; GHAVAMI, K.; PEREIRA, A. R. (2003), **Bambu: características e aplicações**. In: FREIRE, W. J.; BERALDO, A. L., Editor, Tecnologias e materiais alternativos de construção. Campinas, Unicamp.
- BARBOZA, A. S. R.; BARBIRATO, J. C. C ; SILVA, M. M. C. P. Avaliação do uso de bambu como material alternativo para a execução de habitação de interesse social. **Revista Ambiente Construído**. Porto Alegre. v.8, n.1, p.115 – 129. jan. /mar. 2008.
- BONADIO, L. Em SP, Paraisópolis ainda sofre com problemas de infraestrutura. G1. São Paulo, dez. 2011. Disponível em: <http://g1.globo.com/sao-paulo/noticia/2011/12/em-sp-paraisopolis-ainda-sofre-com-problemas-de-infraestrutura.html>. Acesso em: 15 nov. 2018.
- BOFF, L. **Sustentabilidade: o que é e o que não é**. Ed. Digital. Petrópolis: Editora Vozes, 2017.
- CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **Boas práticas para habitação mais sustentável**. São Paulo: Páginas & Letras - Editora e Gráfica, 2010.
- CANTARINO, C. Bioconstrução combina técnicas milenares com inovações tecnológicas. **Inovação Uniemp**, Campinas, v. 2, n. 5, dezembro 2016. Disponível em: http://inovacao.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1808-23942006000500025&lng=es&nrm=iso. Acesso em: 15 nov. de 2018.
- CAPELLO, G. Construções em bambu. **Pini**, ed. 108, Mar. 2006. Disponível em: <http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/108/artigo286055-1.aspx>. Acesso em: 01 nov. 2018.
- CAPELLO, G. **Meio ambiente & Ecovilas**. São Paulo: SENAC São Paulo, 2017.

CARVALHO, V; A casa inovadora e sustentável de bambu que flutua em caso de inundações. **Hypeness**. 2014. Disponível em: <https://www.hypeness.com.br/2014/01/casa-de-bambu-em-bangladesh-flutua-em-caso-de-inundacoes/>. Acesso em 15 nov. 2018.

CBCS. Diretrizes de Ação. **CBCS**. São Paulo. Disponível em: <http://www.cbcs.org.br/website/institucional/show.asp?ppgCode=CA4D48EC-82E0-4FED-BAF7-11E3DACBE63B>. Acesso em: 15 nov. 2018.

CJ, C. Conceitos de bioconstrução. **IPOEMA**. Brasília, 2016. Disponível em: https://ipoema.org.br/2016/12/14/conceitos-de-bioconstrucao/?gclid=EAIaIQobChMIq5rm8IXX3gIVhgiRCh2legC_EAAYASAAEgIaZfD_BwE. Acesso em 15 nov. 2018.

CORRÊA, L. R. **Sustentabilidade na construção civil**. 2009. Monografia – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

CRUZ, P. M.; SOARES, Josemar. Critério ético e sustentabilidade na sociedade pós-moderna: impactos nas dimensões econômicas, transnacionais e jurídicas. **Novos Estudos Jurídicos - Univali**, Itajaí. Ficha Técnica vol. 17, n. 3, 2012.

CULZONI, R.A.M. **Características dos bambus e sua utilização como material alternativo no concreto**. 1986. Dissertação para Mestrado (Engenharia Civil) – PUC-Rio, Rio de Janeiro, 1986.

DA SILVA, I. F.; PEREIRA, D. S.; SILVA, S. R. F. Estudos Morfológico do bambu (*Bambusa cf. vulgaris L.*), uma espécie invasora em área de mata atlântica no parque municipal de Maceió-Alagoas. **Revista Semente - CESMAC**, Maceió. Vol. 1, p. 99-109. 2011.

DE BARROS, B. R.; DE SOUZA, F. A. M. Bambu: Alternativa construtiva de baixo impacto ambiental. **Clacs/ENTACS - UFAL** (Universidade Federal de Alagoas), São Paulo, 2004.

DIAS, F. M.; LAHR, F. A. R. **Estimativa de propriedades de resistência e rigidez da madeira através da densidade aparente**. Scientia Florestalis, n. 65, p. 102 -113. IPEF, [S. l.], jun. 2004.

DOS SANTOS, L.; VENTURI, M. O que é permacultura? **Permacultura**, Santa Catarina. Disponível em: <http://permacultura.ufsc.br/o-que-e-permacultura/>. Acesso em 15 nov. 2018.

DRUMOND, P.M; WIEDMAN, G. Bambus no Brasil: da biologia à tecnologia. **EMBRAPA/Cnpq**, Rio de Janeiro, 2017.

ESTATUTO ECOVILA SANTA BRANCA. **Regulamento e Restrições da Ecovila Santa Branca**. Terezópolis de Goiás, 2003.

Arquiteto de Sergipe cria casas feitas com bambu. Reportagem por Maristela Niz e imagem por Alan Magalhães, jun. 2013. Publicado pelo canal G1 SE. Disponível em: <http://g1.globo.com/se/sergipe/noticia/2013/06/arquiteto-de-sergipe-cria-casas-feitas-com-bambu.html>. Acesso em 15 nov. 2018.

GARCÍA, J. A.; JOHN, V. M. Caracterização física e química da folha caulinar do bambu para uso em materiais compósitos. 22º SIICUSP, São Paulo, 2012.

GAUZIN-MÜLLER, D. **Arquitetura ecológica**. Tradução Celina Olga de Souza e Caroline Fretin de Freitas. São Paulo: Editora Senac, 2011.

GHAVAMI, K. *Application of bamboo as a low-cost energy material in civil engineering. Symposium Materials for Low Income Housing*, Cidade do México, p. 526-536, 1989.

GHAVAMI, K.; HOMBEECK, R.V. *Application of bamboo as a construction material. Part I- Mechanical properties & water - repellent treatment of bamboo, Part II- Bamboo reinforced concrete beams. Latin American Symposium on Rational Organization of Building Applied to Low Cost Housing*, São Paulo, 1981, v.1, p. 49-66.

GHAVAMI, K.; MARINHO, A. B. Propriedades físicas e mecânicas do colmo inteiro do bambu da espécie *Guadua Angustifolia*. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, Jan./Mar. 2005, vol. 9, n. 1.

GHAVAMI, K.; RODRIGUES, C.S. *Engineering materials and components with plants. CIB - Symposium, Construction & Environment*, São Paulo, 2000.

GHOSH, G.K. **Bamboo, the wonderful grass**. Nova Déli: S.B. Nangia and A.P.H. publishing Corporation, 2008.

GRAÇA, V. L. **Bambu: técnicas para o cultivo e suas aplicações**. 2. ed. São Paulo: Editora Ícone, 1988.

HIDALGO-LÓPEZ, O. **Bamboo: the gift of gods**. Bogotá: Oscar Hidalgo López. 2003.

HOLZ, S.; MONTEIRO, T. V. A. Política de Habitação Social e o direito à moradia no Brasil. **X Coloquio Internacional de Geocrítica - Universidad de Barcelona**, Barcelona, 2008.

IPCC. *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, 2001.

JANSSEN, J. J. A; **Design and building with bamboo**. Eindhoven: INBAR. ISBN 81-86247-46-7, 2000.

JOHN, V.M. **Reciclagem de resíduos na construção civil**: contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento. 2000. Tese (Livre Docência) – USP, São Paulo, 2000. Acesso em: 27 ago. 2018.

JOHN, V.M; SATO, N. M. N.; AGOPYAN, V.; SJÖSTRÖM, C. Durabilidade e sustentabilidade: desafios para a Construção Civil Brasileira. **Workshop sobre durabilidade das construções**, São José dos Campos, 2002.

KAREN. **Técnicas de Construção com Terra Crua – Construção Natural, 2011**. Disponível em: < <https://kdcs.wordpress.com/2011/10/31/tecnicas-de-construcao-com-terra-crua-construcao-natural/> >. Acesso em 26 de out. de 2015.

LEARDI, L (Trad. Libardoni, Vinicius). "Equipe do Atlanta Falcons tem o primeiro estádio dos EUA a receber a certificação LEED Platinum" [HOK's Mercedes-Benz Stadium Will Be the First LEED Platinum-Certified Pro Sports Stadium in the US]. **Archdaily Brasil**. 21 nov. 2017. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/883903/equipe-do-atlanta-falcons-tem-o-primeiro-estadio-dos-eua-a-receber-a-certificacao-leed-platinum> ISSN 0719-8906. Acesso em: 15 nov. 2018.

LIESE, W. *Anatomy of bamboo. Bamboo research in Asia*, Ottawa, p. 165-172, 1980

LIESE, W. *The anatomy of bamboo culms*. Beijing: *International Network for Bamboo and Rattan*, 1998.

LIFT HOUSE. *The lift house. Lift House*. Richmond Hill. Disponível em: <http://www.lifthouse.org>. Acesso em 15 nov. 2018.

MAIA, D. S. **Habitação popular e o processo de periferização e de fragmentação urbana: uma análise sobre as cidades de João Pessoa-PB e Campina Grande-PB**. Geosul, Florianópolis, v. 29, n. 58, p. 89-114, mar. 2015. ISSN 2177-5230. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/geosul/article/view/30429>>. Acesso em: 15 nov. 2018.

MARÇAL, V. H. S. **Uso do bambu na construção civil**. 2008. Monografia (Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

MARCHI, G. S. O trabalho na sociedade industrial: Um breve entendimento da racionalização do modo de produção capitalista. **Aurora: revista do programa de pós-graduação em ciências sociais da UNESP**. Marília, v. 7, 2013.

MARENGO, J. A. **Mudanças Climáticas Globais e seus Efeitos sobre a Biodiversidade: Caracterização do Clima Atual e Definição das Alterações Climáticas para o Território Brasileiro ao Longo do Século XXI**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2 ed., 2007.

MARICATO, E. **Urbanismo na periferia do mundo globalizado: metrópoles brasileiras**. São Paulo Perspec. São Paulo, v. 14, n. 4, p. 21-33, Out. 2000. Disponível: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-88392000000400004&lng=en&nrm=iso. Acesso em 15 Nov 2018.

MASETTI, C. **Casa de bambu – Ecovila Mãe Terra**. Hidrolândia – GO, 16 abril 2019. Entrevista em visita técnica a Amanda Helena Ludwig e Lucas Dutra Souza.

MATOS, G.; WAGNER, L. **Consumption of Materials in United States 1900-1995**. Estados Unidos: US Geological Service, 1999.

MITFORD, A.B.F. **The bamboo Garden**. Nova Iorque: Macmillan and CO. Ltd., 1896. Disponível em: <https://archive.org/details/bamboogarden00redeiala/> Acesso em: 15 ago. 2018

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Construção Sustentável**, s.d. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/urbanismo-sustentavel/constru%C3%A7%C3%A3o-sustent%C3%A1vel.html>. Acesso em: 15 nov. 2018

MOLISSON, B; SLAY, R. M. **Introdução à permacultura**. Tradução: André Luís Jaeger Soares. Brasília: MA/SDR/PNFC, 1998.

MORAR DE OUTRAS MANEIRAS. **Tratamento com bórax**. UFMG, sem data. Disponível em:

http://www.mom.arq.ufmg.br/mom/11_alternativos/estrutura_bambu/tratamento_com_borax.htm. Acesso em: 17 abr. 2019.

MORÉ, T. N. M.; SZUCS, C. P.; OLIVEIRA, R. **Utilização do bambu como alternativa construtiva para habitação social**. EBRAMEM, 8., 2002. Anais... Uberlândia-MG: EBRAMEM, 2002.

MOREIRA, P. G. A Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento e seu legado na política ambiental brasileira. **I Seminário Nacional do Programa de Pós-Graduação em Ciências Sociais – UFES** (Universidade do Espírito Santo), Vitória, 2011.

NASCIMENTO, JPC. **Abordagens do pós-moderno em música: a incredulidade nas metanarrativas e o saber musical contemporâneo** [online]. São Paulo: Editora UNESP; São Paulo: Cultura Acadêmica, 2011. 173 p. ISBN 978-85-7983-098-3. Disponível em SciELO Books <http://books.scielo.org>.

NOGUEIRA, C. L. **Painel de bambu laminado colado estrutural**. 2008. Tese (mestrado) em Recursos Florestais – USP, Piracicaba, 2008.

NSR – 10: *REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE*. Bogotá, jan. 2010.

OBEROI, V.S. *The book of bamboo*. Nova Déli: NMBA, TIFAC, DST (Gol), 2004.

OLIVEIRA, L. F. A. **Conhecendo bambus e suas potencialidades para uso na construção civil**. 2013. Tese (monografia) em construção civil – UFMG, Belo Horizonte, 2013.

PEREIRA, Marco Antônio dos Reis. **O Bambu**. FEB. Bauru. Disponível em: <http://www.feb.unesp.br/pereira/bambu.htm>. Acesso em: 21 out. 2018.

OLIVEIRA, M. C.; PASQUALETTO, Antônio. **Ecovila Santa Branca: Alternativa sustentável de moradia**. Sem data. Artigo – PUC - Goiás, Goiânia, s.d. Disponível em: <http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/7074/material/ECOVILA%20SANTA%20BRANCA%20-%20ALTERNATIVA%20SUSTENT%20C3%81VEL%20DE%20MORADIA.pdf>. Acesso em: 31 mar. 2019.

PEREIRA, M. A. R.; BERALDO, A. L. **Bambu de corpo e alma**. Bauru: Editora Canal 6, 2016.

PEREIRA, M.A.R. **Bambu – Espécies, Características & Aplicações**. São Paulo: Universidade Estadual Paulista, 2001.

PEREIRA, M. A. R. **Projeto Bambu: Introdução de espécies, manejo, caracterização e aplicações**. 2012. Tese (Livre-Docente) – UNESP, Bauru, 2012.

ROHR, F; RECH, G. R. F; CONTE, V; BENÍCIO, D. R. Utilização do bambu em estruturas de casas populares. **IV Seminário Nacional de Construções Sustentáveis**, Passo Fundo, novembro, 2015.

RUBIN, G. R.; BOLFE, S. A. O desenvolvimento da habitação social no Brasil. **Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas – UFSM**, Santa Maria, v. 36 n. 2, p. 201–213. mai. / ago. 2014.

SANTOS, A. “**Prédio em SC é o 1º a ganhar selo ouro de sustentabilidade da Caixa**”, 19 de outubro de 2011. Disponível em: <http://www.cimentoitambe.com.br/predio-em-sc-e-o-1-%C2%BA-a-ganhar-selo-ouro-de-sustentabilidade-da-caixa/>. Acesso em 15 de nov. de 2018.

SANTOS Jr., S. J. Ecovilas e Comunidades Intencionais: Ética e Sustentabilidade no Viver Contemporâneo. In: III Encontro da ANPPAS, Brasília – DF: 2006.

SCHRÖDER, Stéphane. *Bamboo Rhizome Propagation*. Guadua Bamboo, Beverwijk, 16 dez. 2011. Disponível em: <https://www.guadubamboo.com/cultivation/bamboo-rhizome-propagation>. Acesso em: 27 ago. 2018.

SITIO DA MATA. **Bambu para construção**. São Paulo. Disponível em: <https://www.sitiodamata.com.br/bambu-para-construcao>. Acesso em 21 out. 2018.

SOBRINHO, W. P. **Aquecimento climático em São Paulo já é o dobro da meta global**. São Paulo. 06 nov. 2018. Disponível em: <https://noticias.uol.com.br/meio-ambiente/ultimas-noticias/redacao/2018/11/06/aquecimento-climatico-em-sao-paulo-ja-e-o-dobro-da-meta-global.htm>. Acesso em: 12 nov. 2018.

SOUZA, A. P. C. C. **Bambu na Habitação de interesse social no Brasil**. Belo Horizonte, 2004. Cadernos de Arquitetura e Urbanismo - PUC MINAS.

TOMBOLATO, A. F. C. ; GRECO, Thiago Machado; PINTO, Moisés Medeiros. Dez espécies de bambus exóticos mais comuns no paisagismo no Brasil. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, SP, 2012. Disponível em: <https://ornamentalhorticulture.emnuvens.com.br/rbho/issue/view/82>. Acesso em: 17 abr. 2019.

VIEIRA, B. Projetos: Soe Ker Tie House – Tailândia. São Paulo, 2014. Disponível em: <http://arqprovisoria.blogspot.com/2014/01/projetos-soe-ker-tie-house-tailandia.html>. Acesso em 15 nov. 2018.

WCDE. *Our common future*. Oslo. 1987. Disponível em: <http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf>. Acesso em 15 nov. 2018.