

CENTRO UNIVERSITÁRIO SAGRADO CORAÇÃO

JADE DAGMAR DA SILVA PAULO

O BAMBU: ESTADO DA ARTE COM VISTAS À HABITAÇÃO DE INTERESSE
SOCIAL

BAURU
2022

JADE DAGMAR DA SILVA PAULO

O BAMBU: ESTADO DA ARTE COM VISTAS À HABITAÇÃO DE INTERESSE
SOCIAL

Monografia de Iniciação Científica do curso
de Arquitetura e Urbanismo apresentada a
Pró-reitoria de Pesquisa e Pós-graduação

Orientadora: Prof^a. Ma. Giovana Innocenti
Strabeli.

BAURU
2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo
com ISBD

Paulo, Jade Dagmar da Silva

P324b

O Bambu: estado da arte com vistas à habitação de interesse social / Jade Dagmar da Silva Paulo. -- 2022.
88f. : il.

Orientadora: Prof.^a M.^a Giovana Innocenti Strabeli

Monografia (Iniciação Científica em Arquitetura e Urbanismo) -
Centro Universitário Sagrado Coração - UNISAGRADO - Bauru - SP

1. Déficit habitacional. 2. Habitação de interesse social. 3.
Bambu. 4. Tecnologias alternativas. 5. Sustentabilidade. I. Strabeli,
Giovana Innocenti. II. Título.

Dedico este trabalho a Deus, aos meus pais Miriam e José Paulo, à professora Prof^a Ma Giovana Innocenti Strabeli e a todos que contribuíram para o desenvolvimento dessa pesquisa.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer a Deus, que sempre esteve comigo em todos os momentos, que sempre me guiou, sem ele nada seria possível.

Agradeço aos meus pais Miriam Silva e José Paulo, que são a minha base, eles foram as primeiras pessoas a acreditarem em mim, sempre me incentivaram e apoiaram.

Aos meus familiares em especial meu avô Eneas, por sempre me apoiar, incentivar e nunca deixar eu desistir dos meus sonhos.

A todos os meus amigos que sempre estiveram comigo e que sempre me apoiaram, em especial quero agradecer a Hemilliane Otávio, Emerson Luciano, Pedro Pâncio, Lucas Maia, Gabriela Rocha, Thachila Camila, Diego Teixeira e João Fernando por estarem ali todos os dias comigo.

Agradeço também a todos os amigos incríveis que estão comigo desde o primeiro ano da faculdade, que me ajudaram em meios as dificuldades encontradas e sempre me incentivaram a continuar, em especial gostaria de agradecer ao Yuri Lacerda, Gabriella Camilo, Henrique Aruth, Thainara Correa, Milene Correia, Victória Sampaio e Joise Nunes, por estarem sempre ao meu lado.

Agradeço à minha orientadora Professora Mestra Giovana Innocenti Strabeli, que sempre esteve ao meu lado, e sempre me incentivou a continuar. Foi por meio de sua sabedoria, profissionalismo e orientação que consegui realizar essa pesquisa.

Ao Centro Universitário Sagrado Coração – UNISAGRADO, por toda estrutura fornecida e a todos os professores de arquitetura e urbanismo, pelos ensinamentos e todo suporte que recebi.

RESUMO

O déficit habitacional no Brasil aumenta a cada dia, demandando por materiais alternativos para construções de habitações de interesse social mais rapidamente. O bambu, nos últimos anos, vem sendo indicado como esse material devido ao seu grande potencial na racionalização construtiva, por reduzir custos, oferecer baixo impacto ambiental e por agregar qualidade quando comparado às tecnologias convencionais. Entretanto, a falta de estudos a respeito do seu uso no país motivou o presente trabalho que tem por objetivo levantar o estado da arte das aplicações do bambu na construção de habitações a fim de minimizar o déficit habitacional. Para isso, a pesquisa se embasa em levantamento bibliográfica a respeito da temática, para melhor compreensão do uso do bambu, bem como suas características, entre outros estudos; conta também com uma pesquisa documental procurando investigar legislações, normas e diretrizes pertinentes ao material. Os estudos realizados mostram que o bambu pode substituir os materiais convencionais utilizados nas construções atualmente, pois apresenta-se como um material versátil, podendo ser aplicado em diversas partes da construção, resistente, possui uma execução rápida e colabora para redução significativa do custo de uma construção, podendo desta forma ajudar na redução do déficit habitacional. Contudo tal material apresenta-se pouco difundido no Brasil, por falta de normatização, cenário que vem se reconfigurando desde o final de 2020, com a aprovação de duas normas a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 16828-1 e ABNT NBR 16825-2, o que contribuirá para que tal material se consolide no Brasil.

Palavras – chave: Déficit habitacional; Habitação de Interesse Social; Bambu; Tecnologias alternativas. Sustentabilidade.

ABSTRACT

The housing deficit in Brazil increases every day, requiring alternative materials to build housing of social interest more quickly. Bamboo in recent years has been indicated as this reliable material, by reducing costs, offering low environmental impact and for additional years of quality when compared to sustainable technologies. However, the lack of studies about its use in the country motivated the present work that aims to raise the state of the art of bamboo applications in housing construction in order to minimize the housing deficit. For this, the research is based on a bibliographic survey on the subject, for a better understanding of the use of bamboo, as well as its characteristics, among other studies; it also has a documentary research to investigate legislation, norms and guidelines relevant to the material. The studies carried out show that bamboo can replace the materials used in construction today, as it is a diversified material, and can be used in various parts of the construction, bamboo has a fast execution applied in construction parts, and for a significant reduction of the cost of a construction. construction, thus helping to reduce the housing deficit. The material is not widespread in Brazil, due to lack of standardization, a scenario that has been reconfigured since the end of 2020, with the approval of two standards, the Associação Brasileira de Normas NT Técnicas (ABNT) NBR 16828-1 and NBR 16825 -2, which will help to consolidate this material in Brazil.

Keywords: Housing deficit; Social Interest Housing; Bamboo; Alternative technologies. Sustainability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Resort Suarga Padang Padang em Bali.....	11
Figura 2 – Forro do aeroporto internacional de Barajas (Espanha).....	11
Figura 3 – Utilização do bambu em andaimes	12
Figura 4 – Green School em Bali na Indonésia	13
Figura 5 – Residência em Maceió, AL acabada	13
Figura 6 – Armazenamento das varas de bambu.....	13
Figura 7 – Conjunto Habitacional Maria José Alves Pinto – Francisco Dumon - MG	14
Figura 8 – Espécies Prioritárias de Bambu	19
Figura 9 – Utilidades do bambu.....	20
Figura 10 – Partes de um colmo de bambu	20
Figura 11 – Rizoma paquimorfo	22
Figura 12 – Rizoma leptomorfo	22
Figura 13 – Hand-Made School.....	30
Figura 14 – Tipos de amarração	31
Figura 15 – Andaime em Bambu com ligações em fio de aço.....	31
Figura 16 – Junta de Topo	31
Figura 17 – Tipos de Junta de União	32
Figura 18 – Ligação Interior em Madeira.....	32
Figura 19 – Junta expansível de plástico	34
Figura 20 – Junta de aço moderna.....	34
Figura 21 – Esquema da primeira junta de inserção em aço	35
Figura 22 – Tala de união em madeira.....	36
Figura 23 – Conexão por abraçadeiras metálicas	37
Figura 24 – Centro Cultural Max Feffer	37
Figura 25 – Braçadeiras metálicas	37
Figura 26 – Braçadeiras metálicas 2	37
Figura 27 – Conexão Simon Velez 45.....	39
Figura 28 – Casa no condomínio do Frase	39
Figura 29 – (1) Corte reto. (2) Corte boca de peixe. (3) Corte bico de flauta	39
Figura 30 – Base de concreto	41
Figura 31 – Piso de Bambu.....	41
Figura 32 – Pilares de Bambu	42

Figura 33 – Vigas de Bambu	42
Figura 34 – Painei Bahareque	43
Figura 35 – Sequência de uma construção residencial com painéis pré – moldados de bambu no equador	43
Figura 36 – Porta feita de Bambu.....	44
Figura 37 – Janela feita de Bambu.....	44
Figura 38 – Forro de bambu.....	45
Figura 39 – Cobertura Simón Vélez	46
Figura 40 – Escada em Bambu	46
Figura 41 – Bambu laminado	46
Figura 42 – Bambu laminado colado	47
Figura 43 – Esteiras de Bambu Colado.....	47
Figura 44 – Painei Aglomerado de Partículas de Bambu	47
Figura 45 – Painei de revestimento com tiras de bambu e pó de coco colado e MDF	48
Figura 46 – Viga de concreto armada com bambu.....	48
Figura 47 – Kontum Indochine Café	50
Figura 48 – Museu Nomadic Zócalo.....	50
Figura 49 – Museu Nomadic Zócalo.....	50
Figura 50 – The Green Village	50
Figura 51 – The Green Village	50
Figura 52 – Centro Max Feffer	50
Figura 53 – Centro Max Feffer	51
Figura 54 – Biblioteca Milton Santos	51
Figura 55 – Casas de Hogar de Cristo	55
Figura 56 – Prédio habitacional resistente a desastres naturais	55
Figura 57 – Habitação de interesse social em Tepetzintla, México	56
Figura 58 – Habitação de interesse social em Tepetzintla, México – vista 2	56
Figura 59 – Moradia de bambu em Bauru (SP)	56
Figura 60 – Moradia de bambu em Bauru (SP) – Vista 02	56

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 JUSTIFICATIVA	14
1.2 OBJETIVOS	15
1.3 OBJETIVO GERAL	16
1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
2 METODOLOGIA	17
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
3.1 BAMBU	18
3.1.1 Os tratamentos do bambu	25
3.1.1.1 Métodos tradicionais	25
3.1.1.2 Métodos Químicos	26
3.1.1.3 Tratamento sob Pressão	26
3.1.2 Secagem	27
3.1.3 Armazenamento	27
3.2 CONSTRUÇÃO	28
3.2.1 Ligações tradicionais	30
3.2.2 Amarrações	30
3.2.3 Juntas de Topo	31
3.2.4 Juntas de União	32
3.2.5 Ligações Modernas	32
3.2.6 Ligação Interior em Madeira	32
3.2.7 Pino Conector	33
3.2.8 Juntas Expansíveis	34
3.2.9 Junta de Inserção em Aço	34
3.2.10 Ligações Tubulares Pré-moldadas	35
3.2.11 Talas de União	35
3.3 COMPONENTES CONSTRUTIVOS FEITOS DE BAMBU	39
3.3.1 Fundação	41
3.3.2 Piso	41
3.3.3 Pilares	41
3.3.4 Vigas	42
3.3.5 Vedação	42

3.3.6 Portas e Janelas	43
3.3.7 Tubulação	44
3.3.8 Forro	45
3.3.9 Cobertura	45
3.3.10 Escada.....	46
3.3.11 Laminado	46
3.3.12 Bambucreto	48
3.3.13 Biokreto.....	48
3.4 NORMA	51
3.5 HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL	53
3.5.1 Materiais Utilizados	54
3.5.2 Habitação em bambu	54
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	58
REFERÊNCIAS.....	60
ANEXO	68

1 INTRODUÇÃO

Com a escassez dos recursos públicos e com o empobrecimento da população, a cada dia o déficit habitacional do país vem crescendo (BARBOZA; BARBIRATO; SILVA, 2008). Segundo dados do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2020), o déficit habitacional urbano é de 6,4 milhões. Hoje, se faz necessária a busca por novos materiais na construção civil, principalmente em construções de Habitação de Interesse Social (HIS) (BARBOZA; BARBIRATO; SILVA, 2008) que possam ser econômicos, rápidos para construção, resistentes, de fácil manutenção e que não tenham grande impacto ambiental (FONSECA, 2012).

O bambu é uma planta pertencente à família das gramíneas e possui mais de mil espécies espalhadas por todo o globo (CARBONARI *et al*, 2017). Ele possui propriedades estruturais que são favoráveis à tração, compressão e a flexão, além de permitir execuções mais rápidas do que os sistemas construtivos atuais (FONSECA, 2012). Pode ser utilizado como pilares, vigas, caibros, ripas, coberturas, drenos, pisos e revestimentos, além de possuir flexibilidade, favorecendo formas orgânicas (TEIXEIRA, 2013). Exemplos de sua flexibilidade podem ser observados no Resort Suarga Padang Padang em Bali na Indonésia (Figura 1) e no Forro do aeroporto Internacional de Barajas (Espanha) (Figura 2), feita por Jorge Stamm.

Figura 1 – Resort Suarga Padang Padang em Bali
Fonte: Suarga Sustainable Boutique Resort (2018, n.p.)

Figura 2 – Forro do aeroporto internacional de Barajas (Espanha)
Fonte: ArchDaily Brasil (2017, n.p.)

De acordo com Moré, Szucs e Oliveira¹ (2002, *apud* BARBOZA; BARBIRATO; SILVA, 2008, p. 118)

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,

¹ MORÉ, T. N. M.; SZUCS, C. P.; OLIVEIRA, R. Utilização do bambu como alternativa construtiva para habitação social. In: EBRAMEM, 8., 2002. **Anais [...]** Uberlândia-MG: EBRAMEM, 2002.

coberturas ou como substituto da armadura em elementos estruturais de concreto.

Por possuir grande resistência, o bambu vem sendo utilizado na construção de andaimes como mostra a Figura 3 além de já ser utilizado em grande escala no Japão (TEIXEIRA JUNIOR, KENUPP; CAMPOS, 2009).

Figura 3 – Utilização do bambu em andaimes
Fonte: Teixeira Junior, Kenupp e Campos (2009, p. 03)

Diferente da grande parte dos materiais que são utilizados na construção que produzem grande impacto ambiental, o bambu é um material pouco poluente, não precisa de muito consumo de energia e oxigênio em seu preparo, é um material renovável, possui baixo custo, devido ao seu grande crescimento (FONSECA, 2012).

Considerando em muitos países a “madeira dos pobres”, o bambu apresenta características mecânicas que lhe outorgam o apelido de “aço vegetal”. Seu crescimento e produção apresentam valores de custo muito baixos em comparação a outros recursos florestais renováveis. Algumas espécies atingem, entre seis e oito meses, altura e dimensões máximas e, a partir do terceiro ano, desenvolvem o maior (PEREIRA², 2006 *apud* VITOR, 2018, p. 23).

O bambu é utilizado na construção há milhares de anos e é considerado uma das matérias primas mais importantes para vários países que estão em desenvolvimento, por ser fácil de encontrar a baixo preço (BARBOZA; BARBIRATO SILVA, 2008). Países como o Japão, China, Tailândia, entre outros, utilizam o bambu em suas construções há cerca de três mil anos; na América, tem-se o exemplo da Colômbia como país que mais exporta tal tecnologia e ainda programas habitacionais pautados na construção com bambu (MEIRELLES; OSSE, 2010).

Bortoluzzi (2012) conta que os ambientalistas John e Cynthia Hardy criaram uma escola em Bali na Indonésia, a Green School (Figura 4), com o intuito de ensinar e mostrar para pessoas como construir com materiais sustentáveis, em especial o bambu. Além de ser utilizado em sua construção a sua serragem funciona como fonte de energia alternativa (BORTOLUZZI, 2012).

² PEREIRA, M. A. R. **Projeto bambu**: manejo e produção do bambu gigante (*Dendrocalamus giganteus*) cultivado na UNESP/Campus de Bauru e determinação de suas características físicas e de resistência mecânica. Relatório FAPESP (2003/04323-7) 2006.

Figura 4 – Green School em Bali na Indonésia
 Fonte: Bortoluzzi (2012, n.p.)

Segundo ALVES *et al.* (2015), o Brasil, possui a maior diversidade de bambu da América, com cerca de 20% das espécies existentes e pode-se observar o emprego do material em algumas edificações no país, com a grande maioria, na região norte e nordeste do país. Para Barboza, Barbirato e Silva (2008), um exemplo de habitação social com a utilização do bambu, é a construção na cidade de Maceió, AL (Figura 5), na qual foi empregado o material nos elementos de cobertura e painéis de vedação.

Figura 5 – Residência em Maceió, AL acabada
 Fonte: Barbosa, Barbirato e Silva (2008, p.125)

É importante ressaltar que nem todas as espécies possuem propriedades adequadas para utilização em estruturas e as que mais se destacam na aplicação na construção civil são: “*Arundanaria, Bambusa, Cephalostachyum, Dendrocalamus, Gigantochloa, Melocanna, Phyllostachys, Schizostachyum, Guadua e Chusquea*” (MCLURE,³ 1953 *apud* CORREAL, 2020, p. 523). Além disso, é importante atentar-se à idade do bambu, pois é imprescindível que tal material seja cortado após três anos de vida, do contrário, poderá sofrer rachaduras (TEIXEIRA, KENUPP E CAMPOS, 2009).

Segundo Fonseca (2012), o armazenamento do bambu deve ocorrer em locais cobertos, com proteção ao sol e à chuva, com as varas dispostas em camadas, como mostra a Figura 6, com espaçamentos entre si, para que assim, possa circular ar entre eles e com afastamento do solo de aproximadamente quinze centímetros, para que não ocorra contato com a umidade. Além disso, tal material, por se tratar de um vegetal, precisa receber tratamento contra fungos e carunchos, a fim de garantir sua durabilidade; tais tratamentos podem ocorrer de forma natural ou química (FONSECA, 2012).

Figura 6 – Armazenamento das varas de bambu
 Fonte: Caeiro (2010, p. 38)

³ McLure, F.A., 1953. **Bamboo as a Building Material, Peace Corps**. Division of Volunteer Support, Washington, DC.

A respeito da falta de construções com o bambu no Brasil, conforme Beraldo (2017) se dá pela falta de normas que especifiquem seu uso e, em 12 de julho de 2017, o Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo (SINDUSCON – SP), fez a primeira reunião para a criação da norma brasileira para estruturas de bambu, na qual foram traçadas diretrizes para sua elaboração, baseando-se em normas similares sobre estruturas de bambu já existente em outros países.

Vale ressaltar que o bambu é um material de baixo custo, pouco poluente, com resistência comparada ao aço, facilidade de plantio, crescimento rápido e ainda atende às diferentes características bioclimáticas do território brasileiro (FONSECA, 2012). Diante disso, fomentar sua aplicação como material para construção de habitações de interesse social pode significar a redução sistemática do déficit habitacional no país, de forma sustentável e econômica.

1.1 JUSTIFICATIVA

No Brasil, Moreira (2020) denota que as habitações de interesse social (HIS), tiveram sua origem no início da década de 1930, quando se deu início à industrialização no país e as pessoas começaram a sair do campo para viver na cidade. No ano de 2005 surge o Sistema Nacional de Habitação de Interesse Social (SNHIS), com o intuito de facilitar o acesso à terra urbanizada, habitação digna, por meio de políticas e programas de investimentos e subsídios, e como resultado dessa iniciativa, é criado o programa Minha Casa Minha Vida (MCMV) em 2009 (MOREIRA, 2020).

Mesmo com o desenvolvimento de programas habitacionais como o MCMV (Figura 7), o déficit habitacional do país só aumenta, como dito anteriormente, em partes, devido às tecnologias implantadas nessas construções com materiais convencionais que, em geral, são característicos pela morosidade na execução, além de causarem grande impacto no meio ambiente (FONSECA, 2012).

Nesse contexto, a falta de material alternativo para a população mais carente, com baixo custo e que demande menos tempo que as tecnologias já utilizadas nas construções, é notória (FONSECA, 2012), por isso, é imprescindível estudos tangentes a materiais que possibilitem construir o maior número de habitações no menor tempo, e suprir o déficit habitacional do país.

Com isso, o bambu se torna uma alternativa viável, pois é um material ecológico e resistente podendo ser utilizado para construções de pilares, vigas, caibros, ripas, cobertura, drenos, pisos e revestimentos a baixo custo, menos impacto ambiental além de promover a construção em menos tempo que os métodos convencionais (VITOR, 2018). De acordo com a National Mission on Bamboo Applicaim (NMBA⁴, 2004 *apud* FONSECA, 2012), mais de um bilhão de pessoas no mundo vivem em casas de bambu.

O Bambu é um material que promove diversas oportunidades de trabalho, pois muitos produtos podem ser produzidos com baixo investimento de capital. Além disso, a manipulação destes materiais se apresenta mais seguras a dos convencionalmente utilizados na construção e podem ser encontrados facilmente por todo território brasileiro (VITOR, 2018, p. 11-12).

Ademais, o Brasil é o país que possui uma das maiores reservas ambientais de bambu, oferecendo sólida possibilidade econômica ainda não explorada e, contudo, diversas formas de aproveitamento para geração de renda, domicílios e trabalho com desenvolvimento humano (FONSECA, 2012). Assim, com a exploração correta dessas áreas para construção de habitações de pouco impacto no meio ambiente com baixo custo contribuiria para a diminuição do déficit habitacional e, por tal razão, este estudo se faz pertinente, uma vez que, pode fomentar o uso do bambu na construção de habitações de interesse social.

1.2 OBJETIVOS

A seguir serão apresentados os objetivos gerais e específicos deste trabalho.

⁴ NATIONAL MISSION ON BAMBOO APPLICATIONS (NMBA). **Preservation of bamboo – training manual** TM 05, 07/06. Nova Delhi, 2004. Disponível em:

1.3 OBJETIVO GERAL

Investigar o estado da arte sobre o uso de bambu para construção de habitações de interesse social.

1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para tal, serão estipulados os seguintes objetivos específicos:

- levantar as espécies de bambu mais utilizadas para a construção civil, em especial, para habitações de interesse social;
- aprofundar os conhecimentos sobre os tratamentos necessários aplicados ao material alvo deste estudo;
- investigar as possibilidades de aplicação tanto em sistemas como subsistemas construtivos a partir do bambu;
- averiguar sua viabilidade econômica;
- sintetizar normas e diretrizes em vigor e a serem aprovadas para a aplicação do bambu.

2 METODOLOGIA

O presente trabalho analisou os usos de um material alternativo, o bambu, para a construção de habitações de interesse social, identificando a sua importância, contou com uma análise da sua viabilidade para tal construção a partir do estado da arte. Segundo Oliveira (2006), o método pode ser definido pelo pesquisador como o caminho escolhido para a pesquisa sobre o tema abordado, buscando solucionar ou aclarar os problemas encontrados, atingindo os objetivos propostos por meio de procedimentos pré-definidos.

O estado da arte, segundo Ferreira (2002), é uma pesquisa bibliográfica de caráter inventariante e descritivo. Segundo Nunes, Nascimento e Luz (2016), a pesquisa descritiva realiza estudos, interpretação e registro de fatos, contudo não há a interferência do autor.

Esta pesquisa, de natureza pura, fundamenta-se por meio de pesquisa exploratória, mediante levantamentos bibliográficos que englobam a leitura de livros, artigos, dissertações e teses junto à Biblioteca do Centro Universitário Sagrado Coração “*Cor Jesu*”, bem como em bancos de dados virtuais, que tratam a respeito da temática, tendo assim um maior entendimento sobre as aplicações do bambu na indústria da construção civil, suas características físicas e químicas já levantadas até o momento, a fim de verificar sua viabilidade econômica para implantação do sistema nas habitações de interesse social.

O trabalho ainda conta com a pesquisa documental procurando investigar legislações, normas e diretrizes pertinentes ao material.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os resultados da pesquisa foram a respeito das características do bambu, assim como suas características biológica; principais espécies utilizadas dentro da construção civil; foram apresentados também suas características físico-químicas e mecânicas; forma de plantio, de corte, principais tratamento, secagem, armazenamento e principais ligação feitas entre as suas peças, principais cortes.

Também foram levantados exemplos do seu uso em construções em construções; sobre sua pouco difundida no Brasil e a respeito da a criação de duas novas normas brasileiras referente ao bambu, ABNT NBR 16828-1 e a ABNT NBR 16828-2.

Dado o contexto faz-se necessário decorrer a respeito das habitações de interesse social, desde sua criação até os momentos atuais, abordando também o uso do Programa Minha casa Minha Vida (PMCMV), o principal programa habitacional utilizado, mostrando assim que mesmo com sua criação ainda há grande número de déficit habitacional.

Também foi discorrido acerca dos principais materiais utilizados nas construções habitacionais atualmente mostrando não serem os mais indicados na questão sustentabilidade, em relação aos primeiros materiais utilizados para construção.

3.1 BAMBU

O bambu é uma planta pertencente à família das gramíneas, presente normalmente em regiões com clima tropical e subtropical, como a Ásia e na América Latina (MARÇAL, 2008). Segundo Padovan (2010), tal planta trata-se de uma gramínea gigante, assim como cana de açúcar, cevada, milho, entre outros, mas não é uma árvore como comumente é associado pelas pessoas. É considerado uma planta lenhosa devido às características de seu colmo e apresenta sementes protegidas e produz frutos, além de serem monocotiledôneas, ou seja, possuem raízes fasciculadas⁵ (PADOVAN, 2010).

⁵ Raízes Fasciculadas são quando diversas raízes adventícias aumentam de volume, pelas suas deposições de reversas, tornando – se assim impossível distinguir o eixo principal (ALMEIDA, 2014).

Possui cerca de 45 gêneros e 1.300 espécies diferentes, no Brasil, se encontra 34 gêneros e 232 espécies, sendo assim, é considerada como a segunda maior biodiversidade de bambu no mundo, ficando atrás apenas para a China (MARQUES; LUIZ; SILVA, 2020). Contudo, nem todas as espécies servem para a construção; a INBAR⁶ (1998 *apud* ALVES, 2019) classificou as principais conforme o plantio, colheita e processamento, os quais podem ser observados na Figura 8.

Figura 8 – Espécies Prioritárias de Bambu

Espécie	Alturas dos Colmos (m)	Diâmetro dos Colmos (cm)	Espessura das Paredes (cm)	Comprimento do Entrenô (cm)	Usos
<i>Bambusa balcooa</i>	20 a 24	8 a 15	2 a 2,5	30 a 45	Construções, casas e pontes
<i>Bambusa bambos</i>	15 a 30	15 a 18	1 a 1,5	20 a 40	Estrutural, material de construção e placa de bambu (Plybamboo)
<i>Bambusa blumeana</i>	15 a 25	6 a 10	0,5 a 3	25 a 60	Construção, laminado de bambu
<i>Bambusa Tulda</i>	até 30	5 a 10	0,4 a 0,7	40 a 70	Estruturas de madeira de qualidade média, construção
<i>Bambusa vulgaris</i>	8 a 20	5 a 10	0,7 a 1,5	25 a 35	Construção, andaimes
<i>Dendrocalamus asper</i>	20 a 30	8 a 20	1,1 a 2	20 a 45	Estrutural, útil para construção pesada em comunidades rurais
<i>Dendrocalamus giganteus</i>	24 a 60	10 a 20	2,5	40 a 50	Bambu gigante, utilizado na indústria de laminado colado
<i>Gigantochloa apus</i>	8 a 30	4 a 13	1,5	36 a 45	Múltiplos usos, como ripas e laminados, materiais de construção e fins estruturais
<i>Gigantochloa levis</i>	até 30	5 a 16	1 a 1,2	45	Estrutural
<i>Gigantochloa pseudoarundinacea</i>	7 a 30	5 a 13	2	35 a 45	Estruturas de madeira, materiais de construção, tubulações de água
<i>Melocanna baccifera</i>	10 a 20	5 a 7	0,5 a 1,2	20 a 50	Coberturas em construções de casas

Fonte: INBAR (1998 *apud* ALVES, 2019, p.10)

Segundo Marques, Luiz e Silva (2020) o bambu é utilizado há muito tempo e para diversas finalidades, como a agricultura, arquitetura, culinária, medicina, bioenergia, entre outros. Dependendo do seu tipo, em cada fase do seu crescimento ele possui um uso adequado, como por exemplo: aos 30 dias seus brotos podem ser usados como alimento; de seis a 12 meses pode ser utilizado para fazer cestas e outros bens tecidos; aos dois anos seus colmos podem ser divididos em tiras ou transformados em esteira e; após três anos até seus seis anos, algumas espécies, como as listadas acima, podem ser usadas na construção civil (BENAVIDES, 2012). Vale ressaltar que todas as partes do bambu podem ser utilizadas como é possível observar na Figura 9.

⁶ INTERNATIONAL NETWORK OF BAMBOO AND RATTAN – INBAR. **Priority species of bamboo and rattan**. New Delhi, India. f.116, 1998

Figura 9 – Utilidades do bambu

Fonte: Greco e Cromberg⁷ (2011 *apud* BENAVIDES, 2012, p. 36).

Por mais que se trate de uma gramínea, assim como as árvores eles são divididos em duas partes: uma aérea e visível que corresponde ao colmo, folhas e ramificações, e a outra subterrânea, composta por rizomas e raiz (SANT'ANA, VAZ FILHO, 2013). O colmo é formado por nós, entrenós e gemas como mostra a figura 10; como os bambus não apresentam crescimento radial, seu colmo nasce já com seu diâmetro máximo em sua base e vai afunilando em direção ao topo, assim assume sua forma cônica (Figura 10) (VITOR, 2018).

Figura 10 – Partes de um colmo de bambu

Fonte: Vitor (2018, p. 28)

Segundo Correia (2014) as características do colmo são definidas por tamanho, forma, orientação e número de feixes vasculares, ou seja, pela sua estrutura anatômica que varia de acordo com a espécie. O colmo, internamente, segundo Ghavami e Marinho (2005), é formado por fibras, vasos e condutores de seiva que estão alinhados ao longo do seu comprimento e são envolvidos por uma substância chamada parênquima⁸

⁷ GRECO, T. M.; CROMBERG, M. **Bambu: Cultivo e Manejo**. 1.ed. Florianópolis: Insular, 2011. 184p.

⁸ Parênquima: é um conjunto de células que possui em sua formação células alongadas na vertical que são intercaladas por células curtas. Suas células alongadas possuem paredes mais espessas e torna-se lenhosas nas primeiras fases de crescimento dos colmos; já as células curtas possuem paredes mais finas e não ficam lenhosas mesmo nos colmos adultos; além disso tais células possuem citoplasma denso que mantém sua atividade fisiológica por longo período (TOMAZELLO E AZZINI, 1987).

Como dito anteriormente, os colmos saem da terra, já possuem o diâmetro e número de nós definidos e, em até um ano, atingem sua altura máxima; após o primeiro ano, eles vão amadurecendo, ou seja, mudam suas características internas, que é quando tornam-se mais resistentes (BARBOZA; BARBIRATO; SILVA, 2008). De acordo com Hidalgo López (1981), o aproveitamento do colmo segundo a sua idade, segue os seguintes prazos: até 30 dias – alimento, deformação artificial da seção (retangular; quadrada), seis meses a um ano – artesanato, cestaria; dois anos – esteira/parede; ripas; e três anos: estruturas; laminado colado/piso.

Segundo Barboza, Barbirato e Silva (2008), a idade dos colmos são fáceis de serem identificadas; os que possuem até um ano não tem folhas e nem ramos e tem cor mais esverdeada, também possuem bactérias cobrindo os nós e uma pelagem cerosa nos nós e internós. Já entre um e dois anos, possuem folhas, ramos e ramificações e uma coloração um pouco amarelada, podendo conter algumas bactérias, enquanto os com três ou mais anos, não apresentam mais bactérias e possuem manchas que são provocadas por fungos e musgos nos internós (BARBOZA; BARBIRATO; SILVA, 2008).

Já o rizoma é um caule subterrâneo que se desenvolve paralelo à superfície do solo, muitas vezes confundido com a raiz, e é responsável pelo armazenamento de nutrientes e pela propagação por ramificação de forma assexuada (PADOVAN, 2010). O crescimento de um novo colmo é dependente dessa nutrição que é oferecida pelo rizoma e pelos colmos mais velhos (PEREIRA, 2012). Segundo Padovan (2010) existem dois tipos de formação dos rizomas o primeiro grupo paquimorfo, simpodial ou antouceirantes, são os que se desenvolvem de forma aglutinada, formando assim moitas com raízes em sua parte inferior. São denominados paquimorfo, pois são curtos e grossos e possuem gemas lateais, as quais se transformam em novos colmos ou rizomas (Figura 11) (PADOVAN, 2010).

Figura 11 – Rizoma paquimorfo
Fonte: López (2003, p. 07)

O segundo trata do Grupo leptomorfo, monopodial ou alastrante, esses se desenvolvem de forma isolada e difusa por rizomas cilíndricos com gema em seus nós que, quando ativa, se transforma em um novo rizoma ou colmo; tal grupo se ramifica lateralmente percorrendo distâncias consideráveis e formam espessas redes (Figura 12) (PADOVAN, 2010).

Figura 12 – Rizoma leptomorfo
Fonte: López (2003, p. 05)

Quimicamente falando, o bambu é formado, em sua maior parte, por carboidratos, como a celulose e lignina cujas proporções variam de acordo com o período de maturação do colmo; além disso, tal vegetal armazena em seu tecido parequimático o amido que possui uma variação em seu teor dependendo da estação do ano e de sua espécie (NOIA, 2012).

Já em relação às suas características físicas e mecânicas, são influenciadas principalmente pela sua espécie, idade, tipo de solo, condições climáticas, época de colheita e teor de umidade (MARÇAL, 2008). Segundo Souza e Bourscheid (2011) o bambu apresenta durabilidade ao natural, contudo, por possuir amido, acaba atraindo fungos e insetos, portanto é de extrema importância fazer o tratamento natural ou artificial. É importante observar a idade ideal para o corte, de preferência para a utilização em construção civil, cortar com idade de três ou mais anos, pois geralmente, resistem mais aos ataques de insetos e fungos, além de apresentarem melhor desempenho mecânico (ARENAS; ARENAS, 2016).

O bambu é formado por fibras longitudinais que se entrelaçam nos nós, formando assim, regiões de alta resistência à compressão, resistindo também a esforços transversais e impedindo a separação de suas fibras e dos entrenós, proporcionando rigidez aos seus colmos (BORTOLUSSI, 2019). Por sua geometria roliça e pela forma dos arranjos das fibras, possui ótimo desempenho estrutural quanto à compressão, torção, flexão e tração (BORTOLUSSI, 2019).

Ghavami e Marinho (2005) apontam que os colmos do bambu possuem características de leveza, força, rigidez, flexibilidade e facilidade de trabalhar, o que faz com que sejam ideais para diferentes usos. Segundo Ghavami, Barbosa e Moreira (2017), a resistência à tração paralela das fibras é alta, já a compressão, normalmente,

apresenta resistência menor que a tração, cerca de 30%; além disso, ressaltam que quando a umidade do bambu está baixa, sua resistência aumenta significativamente.

Em relação ao seu plantio, Caeiro (2010) explica que existem três formas principais de se plantar, a primeira é típica da Costa Rica coloca a vara de bambu verde horizontalmente, fazendo uma pequena abertura em cada gomo, depois enche de água e cobre com terra de 30 a 50 cm de profundidade, após duas a três semanas começam a aparecer os brotinhos; a segunda é típica da Ásia, lá eles cortam pedaços de bambu com dois ou três nós e plantam verticalmente com um nó plantado a um metro de profundidade; a última é a da América Latina, corta-se os nós de cada gomo e dispersam pelo terreno. Contudo, sabe-se que a maioria dos bambus existente no mundo nascem de forma natural em florestas e bosques onde são recolhidos e crescem rapidamente, podendo crescer até um metro por dia (CAEIRO, 2010).

Como dito anteriormente, para que o bambu possa ser utilizado na construção civil, seu corte deve ser feito após seus três anos de idade, quando os colmos estão maduros, ou seja, apresentam sua máxima resistência (PADOVAN, 2010). Para identificar a maturação do bambu é necessário fazer a marcação ou observar algumas características, como por exemplo: o bambu quando estiver jovem apresentará maior largura nas “bainhas dos nós” já um maduro não; outra forma de se identificar é por meio da coloração, quando ele passa de um verde claro e brilhante para um verde escuro e acinzentado é sinal que está maduro, contudo se a planta apresentar uma coloração embranquecida significa que já está envelhecida para ser utilizada (CORREIA, 2014).

Segundo Padovan (2010) o corte do bambu deve ser feito na altura do segundo nó, logo acima do diafragma, para que assim possa evitar o acúmulo de água o que acarretaria apodrecimento da raiz, ainda ressalta que as melhores épocas para se cortar nas regiões que apresentam clima tropical são as estações de secas, já em regiões subtropicais no inverno, pois são essas épocas que o bambu possui menor concentração de água e de amido em seus colmos, o que faz com que se reduza os ataques de fungos e insetos, além de ajudar na menor deformação das peças quando forem processadas .

3.1.1 Os tratamentos do bambu

Após ser colhido os colmos de bambu devem passar por algum tipo de tratamento, para ficarem menos vulneráveis ao ataque de fungos e insetos (PADOVAN, 2010). Os métodos mais comuns serão apresentados nos próximos tópicos.

3.1.1.1 Métodos tradicionais

Segundo Padovan (2010), a cura na touceira se dá logo após o corte, deixando o bambu na própria moita e afastado do solo com suas ramas e folhas por cerca de quatro semanas, assim, ocorrerá a diminuição do teor de amido; após esse período, deve-se cortar suas folhas e ramas e efetuar a secagem em área coberta e ventilada.

Já na cura pela imersão em água, o colmo entrará em contato com a água, por cerca de quatro a sete semanas, preferencialmente, submergindo os colmos em água corrente para reduzir ou eliminar as substâncias hidrossolúveis como carboidratos e açúcares (MEDINA, 2019).

Medina (2019) explica que a cura pela ação do fogo consiste em submeter os colmos recém-cortados ao aquecimento direto pelo fogo, para assim, eliminar a seiva por meio da exsudação alterando quimicamente o amido para que se torne menos atrativo aos insetos; contudo, ocorre o derretimento da cera existente na camada superficial do bambu, dando origem à coloração marrom.

Por fim, na cura pela ação da fumaça ocorre a degradação do amido tornando os colmos menos atraentes aos carunchos, entretanto, o processo apresenta desvantagens pois pode acarretar rachaduras no colmo, além de deixar a superfície enegrecida e, provavelmente, tóxica (PADOVAN, 2010).

3.1.1.2 Métodos Químicos

Dentre os métodos químicos, pode-se citar o de imersão em solução de sais hidrossolúveis: solução composta por um, dois ou mais sais mergulhando totalmente os colmos secos; após o tratamento, devem ser armazenados em local protegido, por vários dias, para que ocorra a dispersão do produto entre duas e quatro semanas em temperatura ambiente (PADOVAN, 2010).

No caso da substituição da seiva por sais hidrossolúveis por meio da transpiração: coloca-se os colmos com dimensões que não sejam maiores que 2,50 m verticalmente em um tambor, submersos a 0,80 m em solução de 1 kg de sal para 1 litro de solução, com composição de sulfato de cobre (1%), dicromato de sódio (1%) e mais ácido bórico (1%) por aproximadamente sete dias e, logo após esse período, devem ser invertidos, permanecendo pelo mesmo tempo; após tal tratamento os colmos devem ser empilhados na sombra durante aproximadamente 30 dias, protegidos da chuva (PADOVAN, 2010).

3.1.1.3 Tratamento sob Pressão

Para o tratamento sob pressão pode-se indicar a Autoclave utilizado para tratamento de madeiras usuais, no caso do bambu, ele deve estar previamente tratado para que, assim, possa evitar o ataque de insetos durante a sua secagem, assim como é perfurado em seus internós para saída do ar (PADOVAN, 2010).

Ainda pode-se elencar o Método Boucherie modificado, considerado mais eficiente, no qual primeiro a seiva é retirada do colmo recém-colhido ainda líquida por pressão, e em seu lugar é colocado um produto preservativo como o borato de cobre cromatado (CCB), por exemplo, na concentração de 6%, que apresenta ação inseticida e fungicida (PADOVAN, 2010).

3.1.2 Secagem

A secagem é feita para eliminar toda ou parcialmente a água contida no colmo, evitando modificações geométricas do bambu e o aparecimento de agentes biológicos como os fungos (VITOR, 2018). Ainda, os colmos de bambu após tratados necessitam de pelo menos dois meses para perder a umidade interna e estabilizar suas dimensões (VITOR, 2018).

Segundo Vitor (2018), para concluir o processo de preparação dos colmos, a secagem pode ser feita por meio de processos naturais como ao ar livre ou com ajuda de tecnologias tais como secadoras solares e fornos; ambos devem certificar-se que os bambus não entrarão em contato com o solo e, após secos, devem ser colocados em locais cobertos e secos.

Caeiro (2010) explica os dois processos de secagem mais utilizados nas comunidades bambuseiras: a secagem ao ar livre a qual varia cerca de seis a 12 semanas, dependendo da quantidade de umidade presente no material; nesse método os bambus são colocados verticalmente ao invés da horizontal, pois facilita o escoamento de amidos (CAEIRO, 2010).

Já a secagem em forno tem a limitação de dimensões, pois é impossível inserir a vara inteira e as temperaturas devem ser moderadas para que o colmo não fique quebradiço perdendo suas qualidades de resistência (CAEIRO, 2010).

3.1.3 Armazenamento

A respeito do armazenamento, o bambu deve ficar em locais cobertos, protegidos do sol e da chuva, além disso, suas varas devem estar dispostas em camada com espaçamento entre elas, visando à circulação de ar entre elas e devem ser mantidas a pelo menos 15 cm do solo, para que não tenha contato com a umidade (PADOVAN, 2010).

3.2 CONSTRUÇÃO

Segundo Sant'ana e Vaz Filho (2013) o bambu é utilizado pelo homem desde os primórdios para diversos fins como abrigos; ferramentas; armas; utensílios domésticos, alimento e é utilizado há décadas na China e em alguns países da Ásia. Medina (2019) explica que tal vegetal possui uma infinidade de utilidades, algumas delas na esfera da construção civil são: pilares; vigas e lastros; estrutura civis; lajes, como substituição do aço; elementos de vedação, tais como painéis com adobe, quinchas e bahareque⁹; painéis trançados decorativos; esterijas, esterilhas ou esteiras; telhas; forros; maçanetas; laminados; cobertura; treliças; pontes; esquadrias; elementos decorativos; acabamentos e encanamentos.

Arenas e Arenas (2016) sustentam que o bambu é muito abrangente para a construção civil, devido ao seu baixo custo e ao seu comprimento, que em geral, possibilita estruturas espaçosas e com grandes pés-direitos. Segundo Sant'ana e Vaz Filho (2013) o bambu pode reduzir os gastos em materiais de construção em até 60%, além de possuir rápido crescimento, sendo mais interessante até que o eucalipto.

Por ser uma planta de crescimento rápido, o bambu pode ser cortado já aos três anos de idade, enquanto que normalmente o eucalipto, uma madeira amplamente utilizada em reflorestamentos por seu rápido crescimento, demora de seis a dez anos para atingir seu ponto de colheita. Após os dez anos de idade, a touceira de bambu pode produzir mensalmente vinte varas de dezoito metros ou mais de comprimento, e por mais de 40 anos, enquanto espécies arbóreas demoram até 60 anos para atingir essa altura e precisam ser replantadas após seu corte (SANT'ANA E VAZ FILHO, 2013, p. 5).

Haouli (2018), ainda ressalta que o bambu se apresenta como um sistema economicamente viável por ser encontrado facilmente em quase todo o mundo; o autor ainda afirma que o bambu chega ser 45% mais barato que a madeira. Teixeira, Kenupp e Campos (2009), comentam uma casa popular de bambu feita no Equador, lugar onde a tecnologia já é utilizada em larga escala, possui o valor em média US\$ 400; já uma casa de alvenaria não sai por menos de US\$ 10 mil.

⁹ Bahareque é uma técnica que consiste na aplicação manual de uma mistura de solo reforçado com fibras vegetais em uma treliça de madeira ou bambu (MATTONI, 2005).

Ainda a respeito dos valores da construção, Arenas e Arenas (2016) afirmam que uma casa de alvenaria custa em média \$ 40.000,00; se essa construção for feita com pelo menos 70% de bambu, irá reduzir o custo da obra em aproximadamente 50%, além de reduzir o tempo de execução em até 50% também.

Em relação ao Steel Frame, Sena Júnior e Carmo (2015), fez um estudo comparando o seu custo com uma construção de alvenaria, nesse estudo a construção de Light Steel Frame se apresentou 16% mais cara que uma construção em alvenaria. Com isso, pode-se notar que a construção em bambu além de poder reduzir o tempo de construção, pode também reduzir bem os custos de uma obra, comparada a tais sistemas.

Ademais, o bambu é um material renovável e seus resíduos não são poluentes, além de oferecer baixo custo, é ambientalmente correto e é o recurso florestal que menos leva tempo para se renovar; tal vegetal também é um excelente sequestrador de carbono, tal processo acontece desde o início até o fim da sua vida útil; quando ele é transformado em produto consegue ainda armazenar grandes quantidades de gases (BOTÃO, 2020).

Marçal (2008) alerta que, para ser utilizado na construção civil, é necessário que o bambu seja instalado distante do solo, para evitar que a peça tenha contato direto com a umidade do terreno, o que pode causar o aparecimento de fungos além de aumentar sua umidade interna fator que diminui sua resistência, por isso, o autor ressalta a distância de 50 cm de elevação aproximadamente, podendo usar diversos tipos de apoio como: base de concreto, conexões de aço ou até mesmo garrafas petes preenchidas de concreto; o uso de postes do bambu enterradas no solo sem uma elevação só é sugerido para estruturas rurais que não sejam feitas para durar muito tempo ou suportar uma carga muito elevada.

O bambu possui diversos usos na construção civil, contudo segundo Correia (2014), sua relação com os outros materiais, deve ser feita de forma cuidadosa e segura, para assegurar a estabilidade da estrutura. Marçal (2011), ainda comenta que essa relação com outros materiais ou até mesmo com o próprio bambu pode ser feita de diversas maneiras, contudo, independente da forma elas devem garantir estabilidade da construção.

Teixeira (2006), comenta que o bambu não apresenta boa resistência a ligações feitas com pregos, pois ele é formado por fibras paralelas muito longas e que apresentam grande densidade específica tendo, assim, grande tendência ao cisalhamento; a autora ainda recomenda as ligações que utilizam parafusos, para maior estabilidade das peças.

Correia (2014) enumera alguns tipos de ligações que podem ser feitas entre as peças de bambu e outros materiais de construção como as ligações tradicionais; as amarrações e as juntas de topo as quais serão trabalhadas nos próximos tópicos.

3.2.1 Ligações tradicionais

A maioria dessas ligações surgem de conhecimentos passados de gerações anteriores até a atualidade, desta forma, não há base científica que sustente estas técnicas (CORREIA, 2014).

Segundo Padovan (2010), tem-se como exemplo de as ligações tradicionais as ligações por amarração; ainda ressalta que a utilização de cavilhas para ligação dos elementos também é utilizada em construções tradicionais.

Tem-se como exemplo de construção usando técnicas tradicionais a Hand-Made School (Figura 13), construída pelos arquitetos Anna Heringer e Eike Roswag, está localizada em Bangladesh, a escola utiliza o bambu em sua estrutura e vedação, além do bambu (LIM, 2007).

Ueda e Meirelles (2019) comenta que em sua estrutura é utilizado três camadas de colmos do bambu, que forma pórticos em V. As ligações utilizadas foram uma cavilha de aço para conectar as três camadas de colmos e uma corda de nylon para amarração (LIM, 2007).

Figura 13 – Hand-Made School
Fonte: Lim (2007, p. 02)

3.2.2 Amarrações

Amarrações entre dois segmentos de bambu é o tipo de ligação mais antiga; elas consistem em ligar as peças do bambu com uma corda, uma das técnicas das mais comuns utilizadas no mundo (Figura 14) (CORREIA, 2014).

Figura 14 – Tipos de amarração
Fonte: CORREIA (2014, p. 72)

Segundo Correia (2014), essa técnica é comum nas construções de andaimes na China, podendo atingir até 30 andares (Figura 15), usando para ligar as peças fio de aço. Existem diversos tipos de elementos que podem ser usados para ligar tais peças, como: corda, fio de aço, tiras de velcro ou bandas de plástico; o que vai definir qual material será utilizado é o objetivo de utilização, sendo o fio de aço o mais indicado para construções ou elementos que precisam de maior rigidez em sua conexão (CORREIA, 2014).

Figura 15 – Andaime em Bambu com ligações em fio de aço
Fonte: Correia (2014, p. 71)

Segundo Quintero (2015), as ligações por amarração são pouco utilizadas atualmente em edificações que serão permanentes, pois apresentam vida útil limitada.

3.2.3 Juntas de Topo

Segundo Correia (2014), a conexão entre dois segmentos de bambu perpendiculares entre si é frequente em construções de bambu, por isso o arquiteto, professor e pesquisador Andry Widjowijatnoko desenvolveu um estudo para esse tipo de ligação com apenas materiais naturais; tal estudo resume-se na catalogação dos vários tipos de juntas existentes, não havendo uma avaliação do comportamento sob esforços de tensão.

Correia (2014) ainda fala que a perpendicularidade de dois segmentos de bambu, a solução tradicional é o emprego de uma junta de topo (Figura 16) formada pelo corte e cinzelamento da extremidade do segmento vertical de bambu, possibilitando o encaixe de forma segura no segmento horizontal, tal encaixe permitirá a transferência apropriada das cargas aplicadas, entre os elementos envolvidos.

Figura 16 – Junta de Topo
Fonte: Correia (2014, p. 73)

3.2.4 Juntas de União

Tais juntas podem ser longitudinais ou transversais e são essenciais na construção em bambu, seja para aumentar o vão por meio da união de dois segmentos, ou para criar um segmento mais forte mediante a amarração de dois colmos juntos (Figura 17) (CORREIA, 2014).

Figura 17 – Tipos de Junta de União
Fonte: Correia (2014, p. 73)

3.2.5 Ligações Modernas

Segundo Correia (2014), essas ligações tendem a recorrer à resistência e capacidade dos outros materiais envolvidos, como forma de compensar as debilidades do bambu; tais ligações são utilizadas de forma crescente.

3.2.6 Ligação Interior em Madeira

Correia (2014) argumenta que que essa ligação consiste em inserir um cilindro de madeira no interior de um dos colmos do bambu (Figura 18), conferindo resistência adicional ao bambu, quando sujeito a esforços na direção tangencial, contudo, os colmos do bambu raramente apresentam, no seu estado natural, circunferência perfeita e diâmetro regular ao longo da sua extensão e, para resolver tal problema, é necessário realizar duas ranhuras nos colmos, facultando certa flexibilidade na articulação, o que deverá ser feito enquanto o colmo ainda é verde e flexível.

Figura 18 – Ligação Interior em Madeira
Fonte: Correia (2014, p. 74)

Após as ranhuras, a parte interior do colmo deverá ser limpa e lixada para regularizar a superfície a qual permita o deslizamento e encaixe de uma inserção de madeira de medidas pré-estabelecidas e padronizadas; contudo, tal ligação não é uma solução perfeita, ainda que a produção em grande escala signifique não recorrer a grandes meios tecnológicos (CORREIA, 2014).

3.2.7 Pino Conector

Nesse método são ligadas aos colmos pequenas faixas metálicas e interligadas através dos pinos metálicos conectados, tal solução permite a união de múltiplos colmos em um único ponto; entretanto, possui a desvantagem de transportar os momentos para as extremidades que necessitarão, em certas ocasiões, ser reforçadas para evitar a fissuração do bambu (CORREIA, 2014). Segundo Correia (2014), tal ligação é um exemplo de ligação moderna entre o bambu e outros materiais.

3.2.8 Juntas Expansíveis

Segundo Correia (2014) essas juntas (Figura 19) são consideradas por muitas pessoas o futuro dos conectores para bambu; tais juntas são utilizadas para encaixar internamente os colmos, e têm a vantagem de se ajustarem a uma vasta gama de diâmetros; do ponto de vista teórico, esta solução se assenta em fundamentos e princípios que comprovam a sua exequibilidade, contudo na prática, a produção de uma junta expansível simples e eficaz é apenas possível através do investimento em meios tecnológicos avançados os quais, perante alternativas mais econômicas existentes, não é viável; além disso convém destacar que outra desvantagem é a abertura do bambu perante eventuais pressões excessivas das juntas.

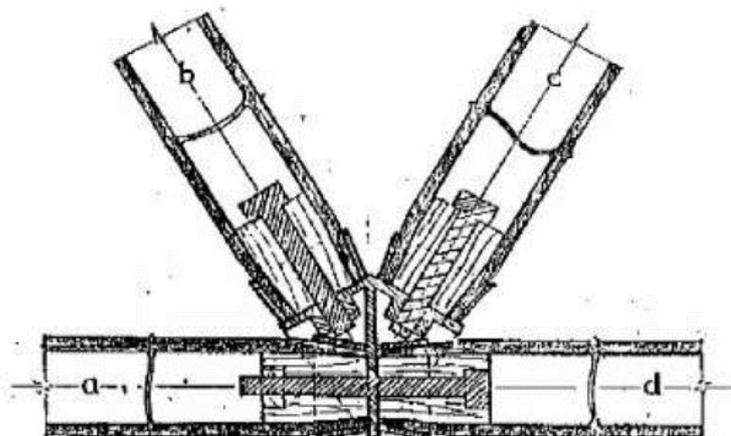
Figura 19 – Junta expansível de plástico
Fonte: Correia (2014, p. 75)

3.2.9 Junta de Inserção em Aço

Tal técnica foi sugerida pela primeira vez em 1941 (Figura 20 e 21), permite que haja a conexão de múltiplos colmos num único ponto sem prejuízo o funcionamento do nó de ligação, providenciando assim proteção da zona inferior do bambu; apesar de a longínqua data de invenção, esta solução é, correntemente, uma das favoritas dos arquitetos pela sua aparência moderna e facilidade de emprego (CORREIA, 2014).

Figura 20 – Junta de aço moderna
Fonte: Correia (2014, p. 76)

Figura 21 – Esquema da primeira junta de inserção em aço



Fonte: Correia (2014, p. 76)

3.2.10 Ligações Tubulares Pré-moldadas

Segundo Correia (2014), nessas ligações os colmos são encaixados nos conectores de forma interior ou exterior, ou seja, podem ser sobrepostos ao tubo ou o oposto. Se o tubo for encaixado internamente, a extremidade do colmo deverá ser cortada no sentido das fibras, para haja o aumento do diâmetro do colmo do bambu, até que se ajuste ao diâmetro do tubo; são usadas abraçadeiras metálicas para segurar os colmos até que atinja as dimensões desejadas (CORREIA, 2014).

A adição da abraçadeira permitirá que o bambu não fissure e se divida em dois; para tal ligação é vantajoso utilizar bambus verdes, já que estes até sua secagem total apresentam variações de diâmetro consideráveis, assim, ajustam-se melhor aos tubos desta ligação (CORREIA, 2014).

3.2.11 Talas de União

Tais talas normalmente são utilizadas em madeiras e fixadas com parafusos e, nelas, são ligadas a parte interior dos colmos (Figura 22); tal técnica pode ser facilmente feita em execução e produção em massa, já que as talas podem ser utilizadas em diâmetros e espessuras diferentes; a preparação para utilização dessas talas exige a preparação de perfuração, corte e posteriormente de colagem, as quais podem reduzir as características de resistência mecânica dos colmos (CORREIA, 2014).

Sua instalação não requer ferramentas elaboradas, contudo, nessas talas as extremidades dos colmos permanecem abertas e expostas aos elementos naturais, o que pode acelerar a degradação do colmo (CORREIA,2014).

Figura 22 – Tala de união em madeira
Fonte: Correia (2014, p. 77)

Segundo Marçal (2008); Effting (2017) e Padovan (2010), outros exemplos de ligações são as conexões por braçadeiras metálicas e a ligação Simon Velez.

Padovan (2010) comenta que a conexão por abraçadeiras metálicas (Figura 22) foi concebida pela escola de engenharia Bhagalpur na Índia; a conexão ocorre por meio do uso de abraçadeiras de aço com parafusos, a qual é posicionada em torno das secções de bambu.

Figura 23 – Conexão por abraçadeiras metálicas
Fonte: Padovan (2010, p. 135)

Exemplo de construção que faz uso das abraçadeiras metálicas é o Centro Cultural Max Feffer (Figura 24), localizado na cidade de Pardinho – SP, construído em 2008 e projetado pela arquiteta Leiko Motomura, a qual buscou trazer a cultura e sustentabilidade para o projeto, por meio de espaços para atividades culturais e técnicas sustentáveis (CENTRO MAX FEFFER, 2021).

Segundo Souza, Meirelles e Rimi (2022), as abraçadeiras metálicas são utilizadas para envolver o colmo do bambu, servindo para conectá-los com as longarinas da cobertura (Figura 25 e 26). Belleste (2017), ainda ressalta que tais abraçadeiras contribuem para que não ocorra o cisalhamento das dos colmos do bambu.

Figura 24 – Centro Cultural Max Feffer
Fonte: Elaborado pela autora (2022)

Figura 25 – Abraçadeiras metálicas
Fonte: Belleste (2017, p. 169)

Figura 26 – Abraçadeiras metálicas 2
Fonte: Belleste (2017, p. 169)

Já a conexão Simon Velez, segundo Marçal (2008), foi desenvolvida pelo arquiteto colombiano o qual nomeou o sistema; nela ele utiliza o concreto para preencher os colmos os quais receberão as ferragens e os esforços mais atuantes da construção (Figura 27).

Segundo Eftting (2017), a injeção do concreto nos locais que receberão a ferragem aumenta a resistência da conexão, diminuindo as chances de patologias, que podem aparecer na união das peças.

Figura 27 – Conexão Simon Velez 45
Fonte: Marçal (2008, p. 32)

Há diversas obras as quais Simon Velez utiliza tal técnica, um exemplo segundo Marquez e Meirelles (2006) é a Casa no condomínio do Frase (Figura 28), o projeto está localizado em Angra dos Reis; sua estrutura é formada por três pórticos granas, os quais vencem o vão das salas, há outros três pórticos menores, onde ficam a cozinha e área de serviço, e dois anexos laterais, sendo um deles onde ficam os quartos.

Figura 28 – Casa no condomínio do Frase
Fonte: Betram Imóveis (2022, p.n)

Marquez e Meirelles (2006) ainda comenta que a espécie de bambu utilizada foi a *Dendrocalamus giganteus* e as ligações utilizadas foram as Simon Velez, ou seja, injetarem concreto nos colmos.

Segundo Quintero (2015), para a utilização do bambu como material construtivo, além das ligações deve-se atentar ao tipo de corte que será feito para realizar a ligações; sendo os cortes mais utilizados são os retos, boca de peixe e o bico de flauta (Figura 29).

Figura 29 – (1) Corte reto. (2) Corte boca de peixe. (3) Corte bico de flauta
Fonte: Quintero (2015, p. 32)

Quintero (2015, p. 31), ainda ressalta sobre os encaixes: “Esses cortes permitem fazer encaixes entre colmos, ao mesmo tempo que suportam elementos e são complementados com amarrações, parafusos ou outros sistemas de ligação”.

3.3 COMPONENTES CONSTRUTIVOS FEITOS DE BAMBU

O bambu apresenta características físicas, químicas e mecânicas favoráveis, ainda possui baixo preço e é abundante no Brasil, sendo fácil de ser encontrado. Segundo Teixeira (2006), na América Latina e nos países Asiáticos se empregam o bambu em qualquer tipo de construção devido ao seu baixo custo e fácil

disponibilidade. Como já mencionado, o bambu pode ser empregado em diversos elementos de uma construção, dentre esses elementos que compõem a construção os principais serão descritos nos tópicos seguintes.

3.3.1 Fundação

Sobre o uso de bambu como elemento para fundação, segundo Noia (2012) o bambu deve ser isolado do contato com o solo, para evitar umidade nas peças; a qual pode fazer com que o bambu perca sua resistência e durabilidade; dessa forma o autor recomenda utilizar fundações em pedras, tijolos, concreto (Figura 30), aço ou outro material que possa isolar o contato direto do bambu com o solo. Marçal (2008) ainda comenta, que uma distância recomendada e segura do bambu ao solo seria entorno de 50 cm.

Figura 30 – Base de concreto
Fonte: Marçal (2008, p.25)

3.3.2 Piso

Os bambus podem ser utilizados em pisos, contudo segundo Noia (2012), estes devem ser mantidos afastados do solo, evitando seu contato com a umidade. Segundo Padovan (2010), os pisos em bambu podem ser compostos de colmos cortados ao meio, colmos inteiros, ripas de bambu tiras de bambu trançadas ou madeiras locais. Eftting (2017), ainda ressalta que os pisos podem ser feitos de forma industrializada, como por exemplo o bambu laminado (Figura 31). Contudo, é importante ressaltar que se deve evitar o contato do bambu com a umidade, com isso é válido mantê-los afastados do solo

Figura 31 – Piso de Bambu
Fonte: Eco Casa (2010, n.p.)

3.3.3 Pilares

Os pilares de bambu (Figura 32), segundo Eftting (2017), são elementos estruturais verticais que recebem as ações das vigas ou lajes de pavimentos superiores e as transmitem para elementos inferiores ou a fundação; ele ainda ressalta que o bambu está apto a desempenhar tal papel devido as suas características, apresentando resistência suficiente para suportar as cargas de

edifícios com vários pavimentos, desde que seja colhido, tratado e armazenado corretamente.

Figura 32 – Pilares de Bambu
Fonte: Green Village (2022, n.p.)

Vale ressaltar que, para garantir sua resistência e durabilidade, a base do pilar não deve ter contato direto com o solo, sendo necessária a utilização de bloco de concreto ou outro material (TEIXEIRA, 2006).

Teixeira (2006) ainda ressalta que os pilares são feitos da parte média do bambu, a parte interior do colmo os quais são constituídos por nós internos que se alteram ao longo do comprimento dos colmos.

3.3.4 Vigas

Segundo Santana e Cantuária (2016), as vigas feitas em bambu (Figura 33) possuem alta resistência. Teixeira (2006), comenta que tais vigas além de serem altamente resistentes, possuem alto grau de eficiência em regiões que tem abalos sísmicos periódicos, os pilares também possuem tal grau de eficiência; o autor ainda afirma que a largura das vigas varia de acordo com seu comprimento.

Teixeira (2006) ainda comenta que há inúmeras possibilidades para a construção de vigas, contudo, o mais indicado são as peças com três metros, para que assim possam evitar deflexões em relação a sua altura.

Figura 33 – Vigas de Bambu
Fonte: Bambusa.es (2022, n.p.)

3.3.5 Vedação

A respeito dos painéis de vedação, Teixeira (2013) afirma que esses painéis feitos de bambu podem ser projetados e executados em diferentes maneiras, como por meio de esteiras entrelaçadas, de módulos pré-fabricados, rebocados ou não; o autor ainda ressalta que os tais painéis geralmente são classificados em duas categorias: a dos painéis de bambu artesanais e a dos pré-fabricados.

Os painéis de bambu artesanais geralmente são produzidos utilizando o bambu em sua forma natural ou na forma de esteiras as quais podem possuir trama ou traçados decorativos, também tem os painéis de bambu preenchido com terra sendo conhecido como “*bahareque*” na Guatemala e aqui no Brasil como “*pau a pique*”; esse sistema tem a estrutura construída em bambu e preenchidas ou rebocadas com barro ou argila (Figura 34) (TEIXEIRA, 2013, p. 24).

A respeito da técnica de “*Bahareque*”, Teixeira (2013, p. 42) comenta que os painéis feitos por essa técnica possuem uma trama de bambu inteiro no interior da estrutura, e nos seus lados internos e externos possuem ripas de madeira ou bambu fixadas na horizontam; depois disso, a estrutura é preenchida com barro.

Figura 34 – Painei Bahareque
Fonte: Hidalgo López (1981, p. 29)

A respeito dos painéis pré-fabricados, Padovan (2010) comenta que esses são feitos por meio de projetos arquitetônicos e são fabricados em indústrias, dessa forma, esses podem ser feitos de maneira seriada, após prontos são transportados e montados no local da obra (Figura 35); o autor ressalta que esse tipo de construção é muito utilizado nas construções de conjuntos habitacionais populares na Costa Rica, Colômbia e Equador.

Figura 35 – Sequência de uma construção residencial com painéis pré – moldados de bambu no equador
Fonte: Botero¹⁰ (2005 apud Padovan, 2010, p. 76)

3.3.6 Portas e Janelas

Segundo Padovan (2010) nas edificações tradicionais as portas e janelas são feitas com a montagem de colmos de pequeno diâmetro amarrados, formando painéis revestidos de tramas e tiras de bambu; ele ainda fala que atualmente as portas e janelas (Figura 36 e 37) tiveram seu acabamento melhorado devido ao aperfeiçoamento das máquinas e equipamentos; ainda ressalta que ao empregar vernizes e tintas como acabamento proporciona maior durabilidade.

¹⁰ BOTERO, L. F. CD-ROM: aplicações do bambu na Colômbia. Bogotá, 2005.

Figura 36 – Porta feita de Bambu



Fonte: Maiztegui (2020, n.p.)

Figura 37 – Janela feita de Bambu

Fonte: Ecoedicientes (2014, n.p.)

3.3.7 Tubulação

Segundo Pereira (1992, apud Pereira e Beraldo, 2016) os colmos do bambu da espécie gigante *Dendrocalamus giganteus* apresenta características físicas, mecânicas e hidráulicas que o permite ser utilizados como condutores de água para fins de irrigação suportando pressão da ordem de 5 atm (50mca).

Segundo Souza (2014) para utilização do bambu como condutor de água deve ser limpo e removido a parte interna dos nós, menos os dois últimos; para sua instalação este deve ficar enterrado no mínimo 30cm, para assim evitar sua exposição ao sol, para que assim não corram riscos de rachas.

Ainda a respeito da tubulação Santana e Cantuária (2016) comenta que há países que utilizam o bambu como encanamento hidráulico, ainda afirma que este material pode durar mais tempo quando tratado corretamente, contudo, comparado aos outros materiais utilizados para mesma finalidade, o bambu possui uma vida útil curta.

3.3.8 Forro

Os forros feitos em bambu contribuem na melhora da temperatura do ambiente, pois cria um colchão térmico entre as telhas da cobertura e o ambiente; normalmente esses forros são feitos com tiras de bambu trançadas, podendo formar diversos tipos de desenhos (Figura 38) (PADOVAN, 2010).

Segundo Padovan (2010), atualmente os forros são feitos com painéis de bambu pré-fabricados, e podem ser estruturados com régua de madeira ou metal e fixados com fios de arames de aço.

Figura 38 – Forro de bambu
Fonte: Bambu rei (2022, n.p.)

3.3.9 Cobertura

A cobertura divide-se em duas partes, a parte estrutural e a parte de telha; de acordo com Teixeira (2006) a diversas possibilidades de estruturas de telhados utilizando o bambu como material principal, seja de forma triangular, de arco, entre outras, podendo valorizar a construção atrelando-a a preocupações estéticas.

Teixeira (2006) comenta sobre o arquiteto Simón Vélez o qual o elemento que mais predomina na maioria das suas construções é a estrutura em bambu (Figura 39), mostrando que a aplicação do bambu em estruturas pode ter belas formas e soluções.

Agora em relação a cobertura do telhado ela apresenta-se como o componente mais importante de uma edificação, pois ela que vai caracterizá-la como abrigo, ele deve ter como objetivo oferecer proteção contra as intempéries (PADOVAN, 2010).

Segundo Teixeira (2006) as telhas devem ser amarradas umas às outras com arame galvanizado, para assim evitar que o vento as tire do lugar. Por mais que exista maneiras de se fazer a telha e tratamentos também, muitos autores não aconselham

sua utilização no material bambu, pelo menos motivo pelo qual não é aconselhado ter contato com o solo, pela umidade o que pode vir degradar o material.

Figura 39 – Cobertura Simón Vélez
Fonte: Simon Velez (2022, n.p)

3.3.10 Escada

O bambu é um material que também pode ser utilizado em escadas (Figura 40), devido a sua resistência e plasticidade, contudo, alguns cuidados se devem ser tomados, como por exemplo não as apoiar diretamente ao solo, mas sim em alguma estrutura de outro material como o concreto, para ter menor contato com o solo, pois a umidade pode diminuir sua vida útil (TEIXEIRA, 2006).

Figura 40 – Escada em Bambu
Fonte: Green Village (2022, n.p.)

3.3.11 Laminado

O bambu laminado (Figura 41) assim como a madeira, pode-se apresentar como uma alternativa de otimização do uso do material, ele possibilita a geração de novas formas e novas funções o que agrega maior valor à produção (NOIA, 2012). Noia (2012, p. 79) ainda ressalta que alguns dos subprodutos que esse material pode gerar são: “[...] vigotas, pisos, chapas, painéis, pranchas, movelaria, entre outros.”

Figura 41 – Bambu laminado
Fonte: Cao (2020, n.p.)

Segundo Moizés (2007), a fabricação desse material se resume em corte dos colmos na transversal e na longitudinal; tratamento imunizante; colagem das peças a qual é feita por meio do uso de um adesivo, e disposição das peças; processamento e por fim o acabamento na superfície.

Moizés (2007) ainda ressalta que o bambu já possui resistência a flexão, tração e compressão superior a outros materiais naturais, e com o uso do adesivo o qual é utilizado na colagem das peças, isso pode aumentar essas características.

Segundo Padovan (2010), os painéis podem ser divididos em painéis de laminado e ripas, painéis de lascas ou fatias finas, painéis de partículas ou flocos e painéis de bambu composto.

Como painéis de Lâmina e ripas encontra-se o Bambu Laminado Colado (BCL) (Figura 42) (MOIZÉS, 2007). Tal material é formado por lâminas de bambu, as quais são ligadas mediante um adesivo, que contribui para que se obtenha propriedades mecânicas altas (BORTOLUSSI, 2019).

Figura 42 – Bambu laminado colado
Fonte: Correia (2014, p. 43)

Souza (2014), ainda ressalta que devido às suas excelentes características mecânicas, ele se torna um material versátil e resistente, podendo ser aplicado em design de produtos, interiores e construção civil.

No caso dos painéis de lascas ou fatias finas, pode-se citar como exemplo as Esteiras de Bambu Colado (Figura 43) (MOIZÉS, 2007). Em sua produção, as tiras são classificadas por qualidade e, logo após, são organizadas e trançadas; depois desse processo, são mergulhadas em adesivo e prensadas a quente; posteriormente podem ser utilizadas de diversas formas (PADOVAN, 2010).

Figura 43 – Esteiras de Bambu Colado
Fonte: Moizés (2007, p. 54)

Dentre os Painéis de Partículas ou Flocos encontra-se o Painel Aglomerado de Partículas de Bambu (Figura 44), produzido por meio da trituração do colmo do bambu em partículas, as quais serão secas em estufas e, em seguida, misturadas com um adesivo prensado (MOIZÉS, 2007). O material segundo Moizés (2007), pode ser utilizado para diversas finalidades, como teto, forro, divisórias, painéis decorativos, contudo, ele deve ser coberto com algum revestimento.

Figura 44 – Painel Aglomerado de Partículas de Bambu
Fonte: Moizés (2007, p. 57)

Já como exemplo de Painel de Bambu Composto encontra-se o painel de revestimento com tiras de bambu e pó de coco colado e MDF (Figura 45); tal material é feito de acordo com recursos de cada região e neles se utilizam adesivos pouco agressivos ao meio ambiente (MOIZÉS, 2007). Segundo Moizés (2007, p. 60) tem-se como exemplo: “[...] painel de MDF revestido com ripas de bambu e pó de coco colado e painel com aplicação de tiras de bambu sobre papel de parede, muito utilizado internamente como forro.”

Figura 45 – Painel de revestimento com tiras de bambu e pó de coco colado e MDF
Fonte: Moizés (2007, .p.60)

3.3.12 Bambucreto

No bambucreto (Figura 46) se utiliza o bambu como material de reforço no concreto, substituindo o aço, o qual possui a vantagem de alta resistência à tração e o baixo preço (PADOVAN, 2010). Segundo Pereira (2018), o bambu pode ser empregado junto com o concreto de diferentes formas, seja roliça, em flocos ou em lâminas e a figura mostra sua aplicação em vigas de concreto.

Contudo, segundo Pereira e Beraldo (2016, p. 218) “[...] o bambu jamais poderá substituir o aço (na plena acepção da palavra) por uma razão muito simples: seu módulo de elasticidade é apenas 10% do metal [...]”.

Figura 46 – Viga de concreto armada com bambu
Fonte: Ferreira¹¹ (2007, apud, Pereira, 2018, p.28)

Entretanto, Pereira e Beraldo (2016) ressaltam que em obras secundárias, as quais o bambucreto não será submetido a grandes esforços ou quando for utilizado em pequenos vãos de até 3,5 metros, se torna viável a utilização desse material.

3.3.13 Biokreto

Segundo Padovan (2010), o biokreto é um concreto leve, formado por uma mistura de pasta de cimento e nele é feita a substituição do agregado graúdo, por partículas vegetais, o qual pode ser composto pelas partículas do bambu, após alguns processos.

A aplicação das partículas de bambu dá-se após a trituração e peneiramento, com posterior lavagem em água quente ou imersão em solução diluída de substâncias alcalinas, como soda ou cal, para obter-se a eliminação parcial

¹¹ FERREIRA, G. C. S. **Vigas de concreto armadas com taliscas de bambu *Dendrocalamus giganteus***. Tese (Doutorado em Engenharia Civil), Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

do amido, que inibe a pega com o cimento. Em seguida, essas partículas são secas e tratadas para serem adicionadas de cimento e água, dispostas em formas que darão o formato final das peças (PADOVAN, 2010, p. 101)..

Observa-se que o bambu pode ser utilizado para diversas finalidades, Sant'ana e Vaz Filho (2013) mostram algumas obras feitas com tal material, visando demonstrar sua plasticidade, sua adaptabilidade aos mais diversos tipos de construções e o seu potencial quanto a material arquitetônico, tais com: Kontum Indochine Café (Figura 46); Museu Nomadic Zócalo (Figuras 47 e 48) e Green Village (Figura 49 e 50).

Projetado pelo escritório de arquitetura VTN Architects, o Kontum Indochine Café foi feito como parte de um complexo hoteleiro ao longo do rio Dakbla em Kontum City; é composto pelo edifício principal com uma grande cobertura horizontal feita de estrutura de bambu puro (ARCHDAILY BRASIL, 2013).

Localizado na praça Zócalo, Cidade do México, o Museu Nomadic Zócalo foi projetado pelo arquiteto Simon Vélez; a obra recebeu a exposição da obra de Gregory Colbert "Cinzas e Neve" (ARCHDAILY HISPANOAMÉRICA, 2013).

Figura 47 – Kontum Indochine Café
Fonte: ArchDaily Brasil (2013, n.p.)

Figura 48 – Museu Nomadic Zócalo
Fonte: ArchDaily Hispanoamérica (2013, n.p.)

Figura 49 – Museu Nomadic Zócalo
Fonte: ArchDaily Brasil (2013, n.p.)

The Green Village (Figura 50 e 51) é um master plan localizado em Bali na Indonésia projetado pelo escritório de arquitetura IBUKU; localizado perto da Escola Verde e foi projetado e construído baseado em conceitos arquitetônicos de princípios sustentáveis (ARCHDAILY BRASIL, 2012).

Figura 50 – The Green Village
Fonte: ArchDaily Brasil (2012, n.p.)

Figura 51 – The Green Village
Fonte: ArchDaily Brasil (2012, n.p.)

Apesar de saber-se que o bambu possui inúmeras vantagens na construção, ainda no Brasil, observa-se que o uso de tal material como sistema construtivo, ainda é pouco aplicado; isso se dá pelo preconceito existente, já que associam essas construções como humildes, fazendo com que sejam associados a material de baixo valor; outro fator que influencia no pouco uso do material em sistemas construtivos no país é a falta de normas (MEDINA, 2019).

Contudo, Medina (2019) ressalta que mesmo com a falta de normatização do material há arquitetos que utilizam o bambu em construções, como o escritório Amima Arquitetura, responsável pelo projeto do Centro Max Feffer, localizado no município de Pardinho interior de São Paulo (Figura 52 e 53).

Figura 52 – Centro Max Feffer
Fonte: Elaborado pela autora (2022, n.p.)

Figura 53 – Centro Max Feffer
Fonte: Elaborado pela autora(2022, n.p.)

Bortolussi (2019) aponta para outra obra feita com bambu no país a Biblioteca Milton Santos, localizada no Distrito de Ravena, Sabará em Minas Gerais, projetado pelo arquiteto Eric Ferreira Crevels (Figura 54), mesmo sem uma norma específica para o material

Figura 54 – Biblioteca Milton Santos
Fonte: Gheller¹², (2015 *apud* BORTOLUSSI, 2019, p. 30)

Recentemente, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) representada pelo Comitê Brasileiro da Construção Civil (CB-002) apresentou duas normas brasileiras as quais apresentam os requisitos para o uso do colmo de bambu como material construtivo em estruturas (OLIVEIRA, 2021). A primeira norma é a NBR 16828-1 a qual estabelece requisitos básicos para o uso do colmo de bambu para projetos estruturais; e a segunda é a NBR 16828-2 que especifica métodos de ensaio para determinar as propriedades físico-mecânicas dos bambus (OLIVEIRA, 2021).

A criação dessas duas primeiras normas brasileiras, as quais especificam o uso estrutural de colmos de bambu, representa um grande avanço para a o crescimento do uso do bambu como material construtivo no país (OLIVEIRA, 2021).

3.4 NORMA

Um dos motivos pelo qual o bambu é pouco utilizado no Brasil segundo Effting (2017), é pela falta de normatização. Bortolussi (2019) ainda comenta que por não existir normatização brasileira a respeito de seu uso, se faz necessário consultar normas internacionais reconhecidas, para o dimensionamento estrutural e tratamento do material.

Segundo Lemos (2019, p.26), as normas internacionais mais utilizadas são:

¹² GHELLER, G. Biblioteca na cidade mineira de Sabará é construída com bambu. **Revista aU**, São Paulo, n. 258, p. 14-15, set. 2015.

[...] Norma Indiana (“Indian Standard 6874 – “Method of tests for bamboo”); Norma Internacional ISO (“ISO 22157 Bamboo — Determination of physical and mechanical properties”); Norma colombiana NSR-10 (“Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente: NSR-10”); Norma Peruana NTP E.100 (“Reglamento Nacional de Edificaciones: Norma NTE E.100”). Norma Equatoriana (“Norma Ecuatoriana de la Construcción: NEC - Estructuras de Guadúa (GaK)” (LE MOS, 2019, p.26).

Lemos (2019), ainda comenta que as mais utilizadas no Brasil para dimensionamento das estruturas são as NBR 7190, NSR 10, NTP E.100 e ISO 22157. Contudo, no final de 2020 foram criadas duas normas brasileiras com diretrizes para a utilização do bambu na construção civil sendo elas a ABNT NBR 16828-1 e ABNT NBR 16828-2.

A ABNT NBR 16828-1 (2020), apresenta diretrizes para a montagem de estruturas em bambu e informações de como deve ser feita sua escolha por meio da idade, corte, secagem, locais que devem ser evitados sua utilização, tipos de corte e ligações em bambu e os dimensionamentos que devem ser feitos para montagem das estruturas. Já a ABNT NBR 16828-2 (2020) apresenta instruções de como deve ser feito os ensaios para determinar as propriedades físicas e mecânicas do bambu.

3.5 HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL

Entende-se por habitação, de uma forma geral, sinônimo de abrigo; desde os primórdios o homem possui a necessidade de se abrigar e faziam uso de espaços naturais como cavernas e árvores para se abrigar (ABIKO,1995). Com o passar do tempo, os seres humanos foram desenvolvendo habilidades e começaram a empregar diversos materiais na construção de suas moradias, dessa forma, se tornavam cada vez mais elaboradas, mesmo com sua função básica de espaço que pudesse proteger o homem (ABIKO,1995).

As habitações de interesse social (HIS), surgiram como resposta às necessidades da população mais carente, que não possuíam lugar para morar; essa demanda por habitações foi inicialmente evidenciada nos centros urbanos, a partir do elevado crescimento demográfico após a Revolução Industrial, devido à migração das pessoas do campo para a cidade em busca de emprego (BENAVIDES,2012).

Segundo Balbim e Krause (2014), entre 1964 a 1986, pode-se evidenciar o primeiro período de construções de habitações promovidas pelo Banco Nacional de Habitações (BNH); após sua extinção houve a criação e aprovação da nova Política Nacional de Habitação (PNH) em 2003, e a implantação da Lei Federal 11.124/ responsável pela criação do Fundo Nacional de Habitação de Interesse Social (FNHIS) e o Sistema Nacional de Habitação de Interesse Social (SNHIS).

Criadas com o objetivo de democratizar o acesso à terra urbanizada e a habitações dignas, por meio de políticas e programas de investimentos, um dos principais resultados é o programa Minha Casa, Minha Vida (MCMV) criado em 2009 que pleiteando tornar acessível a habitação para famílias (MOREIRA, 2020).

Contudo, mesmo com programas como Minha casa Minha Vida que promovem construções de HIS em larga escala para população mais carente, ainda há grande parcela da população que não possui condições econômicas de acesso procurando soluções com autoconstruções (BENAVIDES, 2012).

3.5.1 Materiais Utilizados

Os primeiros materiais utilizados nas construções foram aqueles oferecidos pela natureza como: pedras, galhos, tronco de árvores, terra, entre outros; durante anos, o homem fez uso desses materiais até o aparecimento dos materiais industrializados ou materiais de construções convencionais (TEIXEIRA, 2013). Segundo Vitor e Librelotto (2019) os materiais convencionais que são utilizados nas construções atualmente não são renováveis e causam grandes impactos ambientais, desde sua fabricação até o seu descarte.

Nos últimos anos, os materiais utilizados nas construções e os impactos que causam ao meio ambiente vem ganhando destaque; na escolha de um produto e sistema construtivo a ser adotado começa-se levar em consideração não apenas o sistema e se é econômico, mas também se é ecológico (SANTOS; SANTANA, 2017).

Algumas técnicas milenares de construção como a terra crua, bambu e fibras vegetais apresentam-se como uma excelente alternativa em relação aos materiais industrializados, pois não são poluentes e não requerem grande consumo de energia e oxigênio no seu processo de preparo; além disso, são renováveis e apresentam baixo custo (FONSECA, 2012). Segundo Santos e Santana (2017) alguns outros materiais que possuem apelo sustentável é a madeira plástica, tijolo ecológico e agregados de resíduos da construção Civil.

A escolha por um material ecológico em construções e principalmente em HIS devem ser incorporadas não somente como uma alternativa ambiental, mas também como uma alternativa de baixo custo e baixa poluição (VITOR,2018).

3.5.2 Habitação em bambu

As construções de HIS possuem papel fundamental para atuar na dimensão social do desenvolvimento sustentável, a qual para que se caracterizem assim devem agir nas três dimensões da sustentabilidade, promovendo ações ambientalmente responsáveis, sociais e econômicas (SANTOS; SANTANA, 2017).

Segundo Vitor e Librelotto (2019), utilizar o bambu nas construções reduz a necessidade da utilização de materiais processados, os convencionais que são empregados nas construções civis; ademais, utilizar tal material elimina a necessidade dos tijolos de alvenaria para vedação, além de minimizar drasticamente a quantidade de aço, areia, cimento, que são hoje empregados, reduzindo a poluição causada por eles.

Alguns exemplos de habitações utilizando o bambu são: a Casas de Hogar de Cristo no Equador, o prédio habitacional resistente a desastres naturais na Índia; a habitação de interesse social em Tepetzintla, México e a moradia de bambu em Bauru.

As Casas de Hogar de Cristo (Figura 55) no Equador possuem um único espaço de 23 m² e são construídas com oito painéis de bambu e madeira nas paredes; para o chão são utilizadas tábuas de madeira, a cobertura é de zinco e a base de sustentação do piso é de madeira de teca (BENAVIDES, 2012)

Figura 55 – Casas de Hogar de Cristo
Fonte: Hogar de Cristo (2021, n.p.)

Os edifícios resistentes a desastres naturais (Figura 56) foram projetados pelo grupo de arquitetos Komal Gupta, Vasanth Packirisamy, Vikas Sharma, Sakshi Kumar e Siripurapu Monish Kumar, que tinham como objetivo a criação de uma comunidade ecológica com habitações, dois centros comunitários, instalações médicas, creche, mercado, uma biblioteca e um amplo espaço verde ao ar livre (BARATTO, 2013).

Os prédios foram feitos com três pavimentos construídos sobre palafitas e com um núcleo resistente a terremotos, ventanias e tempestades; além disso, o projeto conta com um sistema da coleta da água da chuva e sua reciclagem (BARATTO, 2013).

Figura 56 – Prédio habitacional resistente a desastres naturais
Fonte: Baratto (2013, n.p.)

Construída pelo grupo de arquitetos Comunal Taller de arquitectura em 2015, a proposta (Figuras 57 58) surgiu como resposta à necessidade de moradia da população; no projeto foram utilizadas duas espécies de bambu nativas da região; o projeto previa a construção de habitações com a integração de tecnologias e ecológicas de baixo custo, como a coleta e tratamento de água; além de princípios

bioclimáticos básicos adotados como a ventilação cruzada, altura interior, chaminés de saída de ar quente, deixando a casa mais confortável (ARCHDAILY BRASIL, 2019).

Tal construção foi realizada por meio de trabalho comunitário ao qual mulheres, homens adultos e jovens do ensino médio participavam; o terreno e o bambu foram doados pela comunidade (ARCHDAILY BRASIL, 2019).

Figura 57 – Habitação de interesse social em Tepetzintla, México
Fonte: Archdaily Brasil (2019, n.p.)

Figura 58 – Habitação de interesse social em Tepetzintla, México – vista 2
Fonte: Archdaily Brasil (2019, n.p.)

Em 1995, na cidade de Bauru – SP, foi construída uma moradia de bambu com elementos de vedação em painéis de bambu trançados (Figura 59 e 60), obtidos de lascas tiradas do colmo; tais painéis foram pré-moldados em camada dupla e sua parte externa recebeu uma camada de reboco e tinta (PEREIRA; BERALDO, 2016).

Figura 59 – Moradia de bambu em Bauru (SP)
Fonte: Elaborado pela autora (2022)

Figura 60 – Moradia de bambu em Bauru (SP) – Vista 02
Fonte: Elaborado pela autora (2022)

Os resultados obtidos mostram que o bambu é um material construtivo viável e que pode substituir com facilidade os convencionais já que apresenta características físicas e mecânicas com alta capacidade para resistir a esforços de tração e compressão (BORTOLUSSI, 2019). Contudo, vale ressaltar que essas características são influenciadas pela espécie, idade, tipo de solo, condições climáticas, época da colheita e teor de umidade das amostras e, por isso, destaca-se a importância do corte quando usado para construção que deve ocorrer após três anos de ter brotado do solo (MARÇAL, 2008).

O bambu além de apresentar excelentes características físicas e mecânicas é um material ecológico e de rápida produção, já que após os três anos já pode ser feita sua colheita para uso como material construtivo, não necessita de replantio e ainda consome gás carbônico, contribuindo para a retirada desse gás da atmosfera (EFFITING, 2017). Com tais características, o bambu pode vir a colaborar com a qualidade das habitações.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

É notório o elevado número de déficit habitacional no Brasil atualmente, mesmo com programas habitacionais; em partes este cenário se configura pelas técnicas construtivas convencionais utilizadas, que além de serem poluentes, levam muito tempo para a conclusão da obra.

Dessa forma, o bambu apresenta-se como um excelente material para substituir os convencionais, pois segundo pesquisas, a gramínea apresenta baixo custo, podendo reduzir significativamente o custo de uma edificação comparado a demais matérias. Além disso, apresenta propriedades estruturais favoráveis a tração, compressão e flexão, apresenta-se como um excelente sequestrador de carbono, possui resíduos que são poluentes além de permitir execuções mais rápidas que as técnicas utilizadas hoje.

Tal material ainda pode ser utilizado de diversas formas dentro da construção civil, como forros, pilares, pisos, vigas, esquadrias, cobertura, tubulação, vedação, escadas e laminados.

Ademais, segundo diversos autores ele poder ser utilizados na substituição de outros materiais, como o bambucreto, bambu como reforço do concreto, substituindo o aço, ou o biokreto, quando há a substituição do agregado graúdo na formação do concreto, por partículas vegetais, sendo uma opção o bambu.

Contudo, deve -se sempre atentar-se a sua espécie e idade para utilização em construção civil, devendo apresentar ao menos três anos ou mais; outros cuidados que devem ser tomados são referentes ao seu corte, para que não haja acúmulo de água, assim como seu tratamento, que poderá ser de forma natural ou química, realizados com o intuito de aumentar sua vida útil.

Ainda, é importante ressaltar o processo de secagem que deve ocorrer, seja de forma natural ou com a ajuda de máquinas, para que se possa eliminar a água contida nos colmos do bambu, e seu armazenamento deve ser feito em locais cobertos e mantidos distantes do solo.

A respeito de suas ligações, essas podem ser feitas de diversas maneiras desde que deem estabilidade à construção, sendo apenas contraindicado, segundo levantado, a utilização de pregos, já que estes podem causar o cisalhamento do bambu.

Apesar de possuir inúmeras vantagens, o bambu é pouco difundido no Brasil, tendo como motivo a falta de normatização, cenário que vem se reconfigurando desde o final de 2020, quando se deu a aprovação de duas normas a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 16828-1 e ABNT NBR 16825-2, o que poderá contribuir para que tal gramínea se consolide no Brasil, podendo, desta forma, ser utilizada em construções habitacionais, contribuindo com a redução do déficit habitacional.

REFERÊNCIAS

ABIKO, Alex Kenya. **Introdução à Gestão Habitacional**. 1995. 35 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Usp, São Paulo, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16828-1**: Estrutura de bambu Parte 1: Projeto. Rio de Janeiro, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16828-2**: Estrutura de bambu Parte 1: Determinação das propriedades físicas e mecânicas do bambu. Rio de Janeiro, 2020.

ALMEIDA, Marcílio de; ALMEIDA, Cristina Vieira de. **Morfologia da raiz de plantas com sementes**. São Paulo: Bdpi, 2014. 71 p.

ALVES, Amanda Altrão. **USO DO BAMBU NA CONSTRUÇÃO CIVIL**: aplicações estruturais e arquitetônicas para um desenvolvimento sustentável. 2019. 48 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil., Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2019.

ALVES, Ana L. *et al.* Uso sustentável de bambu em design estudo de caso de protótipos de *sousplat* com uso de resíduo de bambu. **Projética Revista Científica de Design**, Londrina, v. 6, n. 2, p.98-109, out. 2015

ARCHDAILY BRASIL **Kontum Indochine Café / Vo Trong Nghia Architects**" [Kontum Indochine Café / Vo Trong Nghia Architects] 07 Ago 2013. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/01-132554/kontum-indochine-cafe-slash-vo-trong-nghia-architects>. Acesso em: 6 Mar 2022.

ARCHDAILY BRASIL. **Produção de habitação social**: Exercício I / Pobladores de Tepetzintan + Comunal Taller de Arquitectura. 05 Out 2019 Curadoria de Clara Ott. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/922147/producao-de-habitacao-social-exercicio-i-pobladores-de-tepetzintan-plus-comunal-taller-de-arquitectura>. Acesso em: 6 Mar 2022.

ARCHDAILY BRASIL. **Terminal do Aeroporto de Madri-Barajas / Estudio Lamela & Rogers Stirk Harbour + Partners**. 2017. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/873425/terminal-do-aeroporto-de-madri-barajas-estudio-lamela-plus-richard-rogers-partnership>. Acesso em: 03 abr. 2021.

ARCHDAILY BRASIL. **The Green Village / PT Bambu" The Green Village / IBUKU** 17 Dez 2012. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/01-87276/the-green-village-slash-pt-bambu>. Acesso em: 6 Mar 2022.

ARCHDAILY HISPANOAMÉRICA **José Tomás Franco: Arquitectura en Bambú: la obra de Simón Vélez.** 2013. Disponível em: <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-265878/arquitectura-en-bambu-la-obra-de-simon-velez>. Acesso em: 08 fev. 2022.

ARENAS , Nádia Caren dos Santos; ARENAS, Marlene Valerio dos Santos. Casas de bambu, como uma solução de políticas públicas habitacional para região amazônica. II Encontro de Ensino e Pesquisa em Administração da Amazônia: Gestão e Sustentabilidade na Amazônia, **Anais [...]**, Porto Velho, 2016.

BALBIM, Renato; KRAUSE, Cleandro. Produção social da moradia: um olhar sobre o planejamento da habitação de interesse social no Brasil. **Revista Brasileira de Estudos Urbanísticos e Regionais**, [S.L.], v. 16, n. 1, p. 189-201, maio 2014.

BAMBU REI. **Forros.** [s.d]. Disponível em: <http://www.bamburei.com/forros-com-bambu/>. Acesso em: 22 Abr 2022.

BAMBUSA.ES (org.). **Treliças de bambu para coberturas pesadas.** 2010. Disponível em: https://bambusa.es/pt-pt/portfolio_page/trelicas-de-bambu-para-cobertura-pesada/. Acesso em: 18 abr. 2022.

BARATTO, Romullo. **Arquitetos indianos criam prédio de bambu resistente a terremotos.** ARCHDAILY BRASIL. 06 Jul 2013. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/01-125736/arquitetos-indianos-criam-predio-de-bambu-resistente-a-terremotos>. Acesso em: 6 Mar 2022.

BARBOZA, Aline; BARBIRATO, João; SILVA, Marcelle. **Avaliação do uso de bambu como material alternativo para a execução de habitação de interesse social.** **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 8, n. 1, p. 115-129, jan./mar. 2008.

BENAVIDES, Andrea Salomé Jaramillo. **PROPOSTA DE SISTEMA CONSTRUTIVO PARA HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL COM BAMBU GUADUA: UM ESTUDO DE CASO NO EQUADOR.** Orientador: Dr. Carlos Alberto Szücs. 2012. 144 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo da Universidade) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

BALLESTÉ, Joan Font. **Desempenho construtivo de estruturas de cobertura com colmos de bambu.** 2017. 218 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura, Universidade de São Paulo - Usp, São Paulo, 2017.

BERALDO, Antonio Ludovico. **Norma brasileira para estruturas de bambu.** 2017. APUAMA. Disponível em: <http://apuama.org/norma-brasileira-para-estruturas-de-bambu/>. Acesso em: 04 abr. 2021.

BERTRAM IMÓVEIS. **CASA EM CONDOMÍNIO: casa, em porto frade. CASA, EM PORTO FRADE.** Disponível em: <https://bertramimoveis.com.br/imovel/192/casa-em-condominio-4-quartos-porto-frade-angra-dos-reis/>. Acesso em: 25 jun. 2022

BORTOLUSSI, Juliana da Silva. **DIRETRIZES PARA O EMPREGO DE ELEMENTOS ESTRUTURAIS EM BAMBU NA CONSTRUÇÃO CIVIL**. 2019. 48 f. Monografia (Especialização) - Curso de Produção e Gestão do Ambiente Construído, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019

BORTOLUZZI, Camila. **Escola Verde / PT Bambu**. ArchDaily Brasil. 2012. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/01-51359/escola-verde-pt-bambu> Acesso em: 24 mar. 2021

BOTÃO, Paulino José Estache. **Caso de estudo do impacto do uso do bambu na construção de habitações verdes nas comunidades afetadas pelo ciclone Idai em Moçambique**. 2020. 79 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Instituto Universitário de Lisboa (Iscte - Iul), Lisboa, 2020.

CABONARI, Giberto; JUNIOR, Dr. Nelcon; PEDROSA, Nicolas; ABE, Camila; SCHOLTZ, Marcos; ACOSTA, Caio; CARBONARI, Luana. **Bambu - O Aço Vegetal. Mix Sustentável**, Santa Catarina, v. 3, n. 1, ed. 05, 2017.

CAEIRO, João Gabriel Boto de Matos. **Construção em bambu**. 2010. 141 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Arquitectura, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2010.

CAO, Lilly. **Quão eficiente é o Bambu para aplicações estruturais?** 2020. Archdaily Brasil Traduzido por Eduardo Souza. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/934550/quao-eficiente-e-o-bambu-para-aplicacoes-estruturais#:~:text=Comparado%20%C3%A0%20madeira%2C%20o%20bambu,trata do%20com%20os%20conservantes%20certos..> Acesso em: 05 Jul 2022

CENTRO MAX FEFFER ORG. Centro Max Feffer Cultura e Sustentabilidade. Disponível em: <https://centromaxfeffer.org.br/>. Acesso em: 23. Set. 2021.

CORREAL, Francisco F. Bamboo design and construction. In: HARRIES, Kent A.; SHARMA, Bhavna (ed.). **Nonconventional and Vernacular Construction Materials: characterisation, properties and applications**, second edition. S.L: Woodhead Publishing, 2020. p. 521-559.

CORREIA, Marcio A. P. **Utilização de Bambu na Construção**. 2014. 107f. Tese de Mestrado – Faculdade de Engenharia Universidade do Porto, Porto, 2014.

ECO CASA. **Piso de Bambu**. 2010. Disponível em: <http://www.ecocasa.com.br/piso-de-bambu>. Acesso em: 07 Jul 2022.

ECOEFICIENTES. **Réguas aparelhadas de bambu**. 2014. Disponível em: <http://ecoefficientes.com.br/guia-de-empresas/reguas-aparelhadas-de-bambu/>. Acesso em: 22 Jun. 2022.

EFFTING, Elisa da Fonseca. **CONSTRUÇÃO CIVIL SUSTENTÁVEL: UM ESTUDO SOBRE A UTILIZAÇÃO DO BAMBU**. 2017. 104 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2017.

FERREIRA, Norma Sandra de Almeida. AS PESQUISAS DENOMINADAS “ESTADO DA ARTE”. **Educação & Sociedade**: Revista de ciência e educação, Campinas, v. 79, n. 23, p. 257-272, ago. 2002. Bimestral.

FONSECA, Ana Paula. **O uso do bambu na construção de habitações de interesse social**. 2012. 60 f. Monografia (Especialização) – Programa de Pós-Graduação Lato Sensu da Escola de Engenharia, Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2012.

GHAVAMI, Khosrow; BARBOSA, Normando Perazzo; MOREIRA, Luís Eustáquio. Bambu como Material de Engenharia. In: BRITO, Adriana Camargo de et al. **Avaliação de Desempenho de Tecnologias Construtivas Inovadoras**: conforto ambiental, durabilidade e pós-ocupação. [S.L.]: Scienza, 2017. Cap. 12. p. 305-348. Disponível em: https://editorascienza.com.br/pdfs/usp/978_85_5953_029_2_completo.pdf. Acesso em: 05 mar. 2022.

GHAVAMI, Khosrow; MARINHO, Albanise B. **Propriedades físicas e mecânicas do colmo inteiro do bambu da espécie Guadua angustifolia**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, p. 107-114, 2005.

GREEN VILLAGE (Bali). **Casa da Folha**. Disponível em: <https://greenvillagebali.com/houses/leaf-house/>. Acesso em: 08 Jul 2022.

HAOULI, Jaminy Saad. **ESTUDO DA CONSTRUÇÃO SUSTENTAVÉL UTILIZANDO O BAMBU**. 2018. 60 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Unievangélica, Anápois/ Go, 2018.

HIDALGO LÓPEZ, O. **Manual de construcción con bambu**. Bogotá, Estúdios Técnicos Colombianos Ltda, Universidad Nacional de Colombia, 1981.

HONGAR DE CRISTO. Hongar de Cristo: Ayaudar hace bien. Hogardecristo.org,[s.l.]. Disponível em: <https://hogardecristo.org.ec/rumboalos50/>. Acesso em: 16 fev. 2022.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (Ipea). **Déficit habitacional brasileiro**. 2020. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_alphacontent&ordering=3&limit_start=7600&limit=10&Itemid=1. Acesso em: 18 mar. 2021

LIM, Jimmy, C.s. **Hand-Made School**: Rudrapur, Bangladesh. Rudrapur, Bangladesh: Award Cycle, 2005. 115 p.

LÓPEZ, Oscar Hidalgo. **Bamboo: the gift of the gods**. Colombia: D'Vinni Press Ltda, Bogotá, 2003. 525 p.

LEMONS, Silas Rocha. **ANÁLISE EXPERIMENTAL DA APLICAÇÃO DO BAMBU BAMBUSA VULGARIS VITTATA NA CONSTRUÇÃO CIVIL**. 2019. 47 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Unievangélica, Anápolis / Go, 2019.

MAIZTEGUI, Belén. **Soluções tradicionais em projetos contemporâneos: fechamentos móveis de bambu**. fechamentos móveis de bambu. 2020. ArchDaily Brasil. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/949217/solucoes-tradicionais-em-projetos-contemporaneos-fechamentos-moveis-de-bambu>. Acesso em: 05 jun. 2022

MARÇAL, Vitor Hugo Silva. **USO DO BAMBU NA CONSTRUÇÃO CIVIL**. 2008. 60 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

MARÇAL, Vitor Hugo Silva. **USO DO BAMBU NA CONSTRUÇÃO CIVIL**. 2011. 62 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília/ DF, 2011.

MARQUES, Sara Corrêa; LUIZ, Gabriel Andrade; SILVA, Thalles Gumieri da. **EMPREGO DO BAMBU NA CONSTRUÇÃO CIVIL**. Revista Portos: por um mundo mais sustentável, [S.L.], v. 1, n. 2, p. 72-81, 02 dez. 2020. EPITAYA.

MARQUEZ, Fábio Lanfer; MEIRELLES, Célia Regina Moretti. A VIABILIDADE DAS CONSTRUÇÕES EM BAMBU: ANÁLISE DE OBRAS REFERENCIAIS. **Anais [...]** Iniciação Científica Pibic Mackenzie, São Paulo, v. 4, p. 1-12, jan. 2006. Anual.

MATTONE, Roberto. Solo reforçado com fibra de sisal com cimento ou polpa de cacto na técnica bahareque. **Cement And Concrete Composites**, Torino, Itália, n. 27, p. 611-616, 2005

MEDINA, Franchesca. **CADEIA PRODUTIVA DO BAMBU PARA CONSTRUÇÃO DE HABITAÇÕES**. Orientador: Prof. Dr. Lisiane Ilha Librelotto. 2018. 66 f. Projeto de Pesquisa: PIBIC/2018-2019 RELATÓRIO FINAL DE ATIVIDADES (Arquitetura e Urbanismo) - UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA – UFSC/ CTC, Florianópolis, 2019.

MEIRELLES, Célia Regina Moretti; OSSE, Vera Cristina. A utilização do bambu na arquitetura: as questões de conforto ambiental e estrutura. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL ARQUITETURA, URBANISMO E DESIGN: PRODUTOS E MENSAGENS PARA AMBIENTES SUSTENTÁVEIS, 8., 2010, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: Fau-Usp | Nutau, 2010. p. 1-10.

MOIZÉS, Fábio Alexandre. **Painéis de Bambu, uso e aplicações**: uma experiência didática nos cursos de design em bauru, são paulo.. 2007. 116 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Design, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2007.

MOREIRA, Susanna. "**O que é Habitação de Interesse Social?**" ARCHDAILY BRASIL. 10 Out 2020. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/925932/o-que-e-habitacao-de-interesse-social>. Acesso em: 21 Mar 2022.

NOIA, P. R. da C. **Sustentabilidade Socioambiental**: Desenvolvimento do sistema construtivo em bambu no Vale do Ribeira. Dissertação (Mestrado) Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

NUNES, Ginete Cavalcante; NASCIMENTO, Maria Cristina Delmondes do; LUZ3, Maria Aparecida Carvalho Alencar. Pesquisa científica: conceitos básicos. **Id On Line: REVISTA DE PSICOLOGIA**, Jaboaão dos Guararapes, v. 10, n. 29, p. 144-151, fev. 2016. Quadrimestral

OLIVEIRA, Alexandre. Associação Catarinense do Bambu (Bambusc). **Primeira Norma Brasileira de Estruturas de Bambu**. 2021. Disponível em: <http://bambusc.org.br/primeira-norma-brasileira-de-estruturas-de-bambu/#:~:text=No%20dia%2021%2F12%2F2020,como%20material%20construtivo%20em%20estruturas..> Acesso em: 25 jan. 2022.

OLIVEIRA, Thaisa Francis César Sampaio de. **Sustentabilidade e Arquitetura**: uma reflexão sobre o uso do bambu na construção civil. 2006. 136 f. Dissertação (Mestrado) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2006.

PADOVAN, Roberval Bráz. **O BAMBU NA ARQUITETURA: DESIGN DE CONEXÕES ESTRUTURAIS**. 2010. 187 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Design, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2010.

PEREIRA, Beatriz Oliveira. **ESTUDO DE CONCRETOS COM ADIÇÃO DE BAMBU**. 2018. 67 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2018.

PEREIRA, Marco Antonio dos Reis *et al.* Projeto de Produção e Processo de Pré fabricação de Componentes de Bambu. **Floresta e Ambiente**, v. 19, n. 2, p. 200-209, 2012.

PEREIRA, Marco Antonio dos Reis; BERALDO, Antonio Ludovico. **Bambu de Corpo de Alma**. 2. ed. Bauru - Sp: Canal 6, 2016. 348 p.

QUINTERO, Carlos Andrés Sánchez. **DESENVOLVIMENTO DE UMA LIGAÇÃO ESTRUTURAL PARA CONSTRUÇÃO COM BAMBU GUADUA**. 2015. 118 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo., Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.

SANTANA, Rogério Ribeiro de; VAZ FILHO, Hélio Ferreira. BAMBU NA ARQUITETURA: potencial construtivo e suas vantagens econômicas. **E-Rac**, Uberlândia, v. 3, n. 1, p. 1-24, dez. 2013.

SANTANA, Isadora de Roure Aguiar; CANTUÁRIA, Gustavo. APLICAÇÃO DO BAMBU NA ARQUITETURA DE BRASÍLIA: obtendo a maior eficiência para a elaboração de um projeto com qualidade construtiva e ambiental. In: PROGRAMA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 2., 2016, Brasília. **Iniciação Científica**. [S.L.]Brasília: Pic/Uniceub, 2016. p. 1-44.

SANTOS, Rafaela Lima dos; SANTANA, Júlio Cesar Oliveira. MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEIS EM EMPREENDIMENTOS DE HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL FINANCIADOS PELO PMCMV. **Mix Sustentável**, [S.L.], v. 3, n. 3, p. 49-58, 2017.

SENA JÚNIOR, Carlos Alberto Silva; CARMO, Laila Roberta Sousa do. **ESTUDO COMPARATIVO EM HABITAÇÕES SOCIAIS**: alvenaria convencional x light steel frame. 2015. 85 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia do Instituto Doctum de Educação e Tecnologia, Doctum – Mg, 2015.

SIMON VELEZ. **Projetos**. [s.d]. Disponível em: <http://www.simonvelez.net/projects.html>. Acesso em: 22 Abr 2022.

SOUZA, Andressa Martinelli de. **OS DIVERSOS USOS DO BAMBU NA CONSTRUÇÃO CIVIL**. 2014. 101 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2014.

SOUZA, Rhonan Lima; BOURSCHEID, José Antônio. A utilização do bambu em casas populares. **Caderno de Publicações Acadêmicas 2**, Florianópolis - SC, ano 2010, v. 2, n. 1, 30 maio 2011.

SOUZA, Vanessa Carolina de; MEIRELLES, Célia Regina Moretti; RIMI, Paula Mendes Thomaz. A arquitetura e as técnicas construtivas em bambu: Aplicação no Centro Cultural Max Feffer. **5% Arquitetura + Arte**, São Paulo, ano 17, v. 01, n.23, e185, p. 1-17, jan. jun/2022. Disponível em: <http://revista5.arquitonica.com/index.php/periodico/ciencias-sociais-aplicadas/391-a-arquitetura-e-as-tecnicas-construtivas-em-bambu-aplicacao-no-centro-cultural-max-feffe>

SUARGA SUSTAINABLE BOUTIQUE RESORT. **SUARGA PADANG PADANG**. Suarga Pandag Pandag Resort, 2018. Disponível em: <https://www.suargapadangpadang.com/resort/>. Acesso em: 24 mar. 2021

TEIXEIRA JUNIOR, Alfredo; KENUPP, Leonardo; CAMPOS, Rodrigo. **UTILIZAÇÃO DE BAMBU NA CONSTRUÇÃO CIVIL – UMA ALTERNATIVA AO USO DE MADEIRA**. Revista Ciências do Ambiente, v. 5, n. 1, jul. 2009.

TEIXEIRA, Anelizabeth Alves. **PAINÉIS DE BAMBU PARA HABITAÇÕES ECONÔMICAS**: avaliação do desempenho de painéis revestidos com argamassa. 2006. 179 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Tecnologia, Universidade de Brasília - Unb, Brasília / Df, 2006.

TEIXEIRA, E. A. **Desempenho de painéis de bambus argamassados para habitações econômicas**: aplicação na arquitetura e ensaios de durabilidade. Brasília, 2013. 223 f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

TOMAZELLO, Mario; AZZINI, Anisio. **ESTRUTURA ANATÔMICA, DIMENSÕES DAS FIBRAS E DENSIDADE BÁSICA DE COLMOS DE Bambusa vulgaris** SCHRAD. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, [s. l.], ed. 36, p. 43-50, 1987

UEDA, Beatriz Emi; MEIRELLES, Célia Regina Moretti. A ARQUITETURA VERNACULAR E AS TÉCNICAS CONSTRUTIVAS EM BAMBU. In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 15., 2019, São Paulo. **Iniciação Científica**. São Paulo: IPM 2019. v. 15, p. 1-20

VITOR, Alexandre Oliveira. **PROPOSTA DE HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL (HIS) EM ESTRUTURA DE BAMBU**: projeto e construção de um protótipo experimental. 2018. 104 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.

VITOR, Alexandre Oliveira; LIBRELOTTO, Lisiane Ilha. **Habitação de Interesse Social (HIS) em Bambu**: Projeto e Construção de um Protótipo Experimental. In: ENSUS – ENCONTRO DE SUSTENTABILIDADE EM PROJETO, VII, 2019, **Anais [..]** Florianópolis. VII ENSUS – p. 442-459.

ANEXO



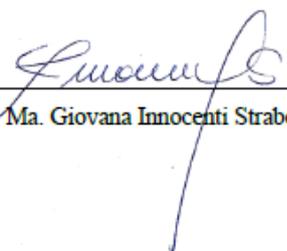
CARTA DE DISPENSA DE APRESENTAÇÃO AO CEP OU CEUA

À COORDENADORIA DO PROGRAMA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNISAGRADO

Informo que não é necessária a submissão do projeto de pesquisa intitulado

“O BAMBU: ESTADO DA ARTE COM VISTAS À HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL”,
ao Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos (CEP) ou à Comissão de Ética no Uso de Animais
(CEUA) devido à ausência de pesquisa em contato direto com pessoas.

Atenciosamente,



Prof. Ma. Giovana Innocenti Strabeli

Bauru, 04 de abril de 2021