



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**  
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**CARLOS ROGÉRIO BOA ESPERANÇA DOS SANTOS**

**A POTENCIALIDADE DO BAMBU COMO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO CIVIL**

**FORTALEZA**

**2021**

CARLOS ROGÉRIO BOA ESPERANÇA DOS SANTOS

A POTENCIALIDADE DO BAMBU COMO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO CIVIL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Civil do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. António Paulo de Hollanda Cavalcante

FORTALEZA

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- S234p Santos, Carlos Rogério Boa Esperança dos.  
Potencialidade do bambu como material de construção civil / Carlos Rogério Boa Esperança dos Santos. –  
2021.  
61 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia,  
Curso de Engenharia Civil, Fortaleza, 2021.  
Orientação: Prof. Dr. Antônio Paulo de Hollanda Cavalcante.
1. Construção civil. 2. Bambu. 3. Propriedades físicas, químicas e mecânicas. 4. Material de construção. I.  
Título.

CDD 620

---

CARLOS ROGÉRIO BOA ESPERANÇA DOS SANTOS

A POTENCIALIDADE DO BAMBU COMO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO CIVIL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Civil do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de bacharel em Engenharia Civil.

Aprovada em: 09/04/2021

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. António Paulo de Hollanda  
Cavalcante (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Alexandre Miranda Mont'Alverne  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Mestre Davi Teixeira Pinheiro  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia  
(IFCE)

À minha família, por sua capacidade de acreditar em mim e investir em mim. Mãe, seu cuidado e dedicação foi que deram, em alguns momentos, a esperança para seguir. Pai, sua presença significou segurança e certeza de que não estou sozinho nessa caminhada.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus pela minha vida e pelas oportunidades a mim proporcionadas. Por me tranquilizar nas horas de desespero, por me amparar nas horas que precisei, por me escutar nas horas de angústia e por ter guiado meu caminho para que eu conseguisse chegar até aqui.

Em especial aos meus pais Danilo Neves dos Santos e Maria Cristina dos Santos por acreditarem e confiarem em mim, me proporcionando condições para que meu sonho pudesse ser realizado, por me apoiarem nas horas que precisei e pelo amor a mim ofertado.

Ao meu Professor orientador Dr. António Paulo de Hollanda, que me acompanhou nesta reta final na Universidade, oferecendo muitas oportunidades que contribuíram para meu crescimento pessoal, profissional e para minha formação. Agradeço de coração toda ajuda proporcionada e por ser como um pai quando precisei. Sou muito grato em ser seu orientando, por toda paciência e conhecimento a mim repassados.

A todos os professores que colaboraram para minha formação.

A todos que contribuíram de uma forma ou de outra para minha formação.

“O sonho é que leva a gente para frente. Se a gente for seguir a razão, fica aquietado, acomodado.”

(Ariano Suassuna)

## RESUMO

O bambu, devido a sua morfologia, apresenta característica proveitosa para a engenharia civil em complementação ou substituição de diversos materiais atualmente empregados, como madeiras, concreto, aço, tijolos e outros, que por sua vez impactam o meio ambiente devido a geração de entulhos não biodegradáveis e devido aos processos de obtenção desses materiais. O questionamento de como reduzir parte das externalidades negativas provocadas pela utilização de materiais na construção impulsionou a pesquisa e fez do bambu o tema de foco. O presente trabalho tem como o principal objetivo avaliar a potencialidade do bambu como material de construção, através de uma boa análise das suas propriedades físicas, químicas e mecânicas, as principais espécies usadas na construção civil, buscando assim ampliar sua utilização como material de construção. Em vista disso, a presente pesquisa assume o método quali-quantitativo, cuja metodologia empregará estudos bibliográficos. O Bambu mostrou-se ter um grande potencial, podendo ser aplicado aos mais diferentes sistemas construtivos, sendo o mesmo uma alternativa viável, comparado com outros materiais convencionais utilizado hoje em dia.

**Palavras-chave:** Construção civil. Bambu. Propriedades físicas, químicas e mecânicas. Material de construção.



## ABSTRACT

Bamboo, due to its morphology, has a useful characteristic for civil engineering in complementing or replacing its own material materials, such as wood, concrete, steel, bricks and others, which in turn impact the environment due to the generation of non-debris biodegradable and due to the processes of obtaining materials. The question of how to reduce part of the negative externalities caused by the use of materials in construction boosted the research and made bamboo the theme of focus. The main objective of this work is to evaluate the potential of bamboo as a building material, through a good analysis of its physical, composite and mechanical properties, the main species used in civil construction, thus seeking to expand its use as a building material. In view of this, the present research assumes the qualitative and quantitative method, methodology will employ bibliographic studies. The Bamboo showed to have a great potential, being able to be applied to the most different constructive systems, being the same a viable alternative, in comparison with other conventional materials used nowadays.

**Keywords:** Construction. Bamboo. Physical, chemical and mechanical properties. Construction material.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Aplicação do Bambu na construção civil. ....	16
Figura 2 – Centro comunitário Anandaloy.....	21
Figura 3 – Partes do bambu. ....	22
Figura 4 – Distribuição geográfica.....	23
Figura 5 – Crescimento do bambu tipo Guadua. ....	24
Figura 6 – Sistema Radicular.....	24
Figura 7 – Plantio Bambu.....	25
Figura 8 – Bamboosa Balcooa.....	27
Figura 9 – Bamboosa Spinosa. ....	28
Figura 10 – Dendrocalamus Giganteus.....	28
Figura 11 – Guadua Angustifolia.....	29
Figura 12 – Guadua Aculeata. ....	30
Figura 13 – Bambusa Vulgaris. ....	30
Figura 14 – Bambusa Polymorpha.....	31
Figura 15 – Bambusa Tulda.....	32
Figura 16 – Denrocalamus Asper .....	32
Figura 17 – Dendrocalamus strictus.....	33
Figura 18 – Gigantochloa Apus.....	34
Figura 19 – Gigantochloa Levis.....	34
Figura 20 – Phillostachys Pubescens. ....	35
Figura 21 – Diferentes cortes aplicados a técnica de construção com bambu.....	36
Figura 22 – Conexão C. H. Duff.....	37
Figura 23 – Conexão ARCE.....	37
Figura 24 – Conexão Clavijo-Trujillo.....	38
Figura 25 – Conexão Obermann.....	39
Figura 26 – Pilares mistos bambu-concreto .....	40
Figura 27 – Fundação com Bambu .....	41
Figura 28 – Pannel de bambu do tipo Quincha com ripas trançadas verticalmente. ....	42
Figura 29 – Pannel de bambu do tipo Quincha com ripas trançadas horizontalmente. ....	42
Figura 30 – Pannel tipo Bahareque com esteiras duplas.....	43
Figura 31 – Telha de bambu. ....	44

Figura 32 – Escada de bambu.....	44
Figura 33 – Corpo de prova após a realização do ensaio. ....	46
Figura 34 – Corpo de prova de bambu utilizado nos ensaios de tração axial paralela às fibras e Prensa utilizada para a realização do ensaio.....	47
Figura 35 – Razão entre tensão de tração e a massa específica de alguns materiais.....	47
Figura 36 – Ensaio de flexão na máquina universal de ensaios mecânicos.....	48
Figura 37 – Composição química do bambu.....	52
Figura 38 – Restaurante na ilha do Príncipe.....	57
Figura 39 – Restaurante na ilha do Príncipe.....	57

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resistência das fibras.....	49
--	----



## SUMÁRIO

1	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	16
1.1	<b>Justificativa</b> .....	17
1.2	<b>Problema de Pesquisa</b> .....	18
1.3	<b>Objetivos</b> .....	18
1.3.1	<i>Objetivo Geral</i> .....	18
1.3.2	<i>Objetivos Específicos</i> .....	18
1.4	<b>Metodologia</b> .....	19
2	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	20
2.1	<b>Histórico do Bambu</b> .....	20
2.2	<b>Morfologia e Taxonomia do Bambu</b> .....	20
2.3	<b>Distribuição geográfica do Bambu</b> .....	22
2.4	<b>Crescimento do Bambu</b> .....	23
2.5	<b>Plantação do Bambu</b> .....	23
2.6	<b>Floração do bambu</b> .....	24
2.7	<b>Bambu como material de construção civil</b> .....	25
2.7.1	<i>Algumas espécies usadas na construção a nível mundial</i> .....	26
2.7.1.1	<i>Bamboosa balcooa e Dendrocalamus balcooa</i> .....	26
2.7.1.2	<i>Bambusa bambos b. Arundinacea e b.spinosa</i> .....	27
2.7.1.3	<i>Dendrocalamus giganteus e B. Gigantea</i> .....	27
2.7.1.4	<i>Guadua Angustifolia</i> .....	28
2.7.1.5	<i>Guadua Aculeata</i> .....	29
2.7.1.6	<i>Bambusa Vulgaris</i> .....	29
2.7.1.7	<i>Bambusa Polymorpha</i> .....	29
2.7.1.8	<i>Bambusa Tulda</i> .....	31
2.7.1.9	<i>Denrocalamus Asper</i> .....	31
2.7.1.10	<i>Dendrocalamus strictus</i> .....	31
2.7.1.11	<i>Gigantochloa Apus</i> .....	33
2.7.1.12	<i>Gigantochloa Levis</i> .....	33
2.7.1.13	<i>Phillostachys Pubescens</i> .....	33
2.7.2	<b>Conexões</b> .....	35

2.7.2.1	<i>Conexão C. H. Duff</i> .....	36
2.7.2.2	<i>Conexão ARCE</i> .....	36
2.7.2.3	<i>Conexão Clavijo-Trujillo</i> .....	37
2.7.2.4	<i>Conexão de Simon Velez</i> .....	38
2.7.2.5	<i>Conexão Obermann</i> .....	38
<b>2.7.3</b>	<b><i>Pilares</i></b> .....	<b>39</b>
<b>2.7.4</b>	<b><i>Fundação</i></b> .....	<b>40</b>
<b>2.7.5</b>	<b><i>Painéis de vedação</i></b> .....	<b>41</b>
<b>2.7.6</b>	<b><i>Telhas e escadas</i></b> .....	<b>43</b>
<b>2.8</b>	<b>Propriedades do Bambu</b> .....	<b>44</b>
<b>2.8.1</b>	<b><i>Propriedades mecânicas</i></b> .....	<b>44</b>
2.8.1.1	<i>Compressão</i> .....	45
2.8.1.2	<i>Tração</i> .....	46
2.8.1.3	<i>Flexão</i> .....	47
2.8.1.4	<i>Torção</i> .....	48
2.8.1.5	<i>Cisalhamento</i> .....	48
2.8.1.6	<i>Resistência das fibras</i> .....	49
<b>2.8.2</b>	<b><i>Propriedades físicas</i></b> .....	<b>49</b>
2.8.2.1	<i>Densidade</i> .....	49
2.8.2.2	<i>Umidade</i> .....	50
2.8.2.3	<i>Variações Dimensionais</i> .....	50
<b>2.8.3</b>	<b><i>Propriedades químicas</i></b> .....	<b>51</b>
<b>2.8.4</b>	<b><i>Métodos de tratamento</i></b> .....	<b>51</b>
2.8.4.1	<i>1º Imersão</i> .....	52
2.8.4.2	<i>2º Difusão</i> .....	52
2.8.4.3	<i>3º Boucherie</i> .....	53
2.8.4.4	<i>4º Cura pela ação de fumaça</i> .....	53
<b>2.8.5</b>	<b><i>Vantagens e Desvantagens</i></b> .....	<b>53</b>
2.8.5.1	<i>Vantagens</i> .....	53
2.8.5.2	<i>Desvantagens</i> .....	54
<b>3</b>	<b>APLICAÇÃO DO BAMBU</b> .....	<b>56</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>58</b>

<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO E SUGESTÃO DE PESQUISA .....</b>	<b>59</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>60</b>



## 1 INTRODUÇÃO

A construção civil é uma das atividades mais importantes para o desenvolvimento econômico e social no mundo, desde dos tempos primordiais esta importante atividade tem como objetivo melhorar as condições de vida do homem na sociedade. Com o decorrer do tempo, no seu processo de evolução, a construção civil não demonstrou muita inquietação para com os prejuízos causados ao meio ambiente. De acordo com Azevedo *et al.* (2006), a indústria da construção civil é uma das que mais consome os recursos naturais e também a que mais causa impactos ao meio ambiente.

A construção sustentável é um grande desafio para um equilíbrio harmônico entre meio ambiente e a indústria da construção. Este conceito de sustentabilidade deve estar presente em todas as etapas do projeto construtivo.

Nos dias de hoje, constata-se que a maioria das construções feitas levam em conta o conceito de sustentabilidade (materiais sustentáveis) e viabilidade econômica, remetendo a um período de transição no processo de construção.

Dentre alguns materiais sustentáveis usados na construção (tijolo ecológico, madeira plástica, Concreto reciclado, Blocos de adobe e bambu), o bambu mostra-se viável para solucionar o problema de impacto ao meio ambiente, pelo fato de ser um material de fácil manuseio, com excelentes características mecânicas e físicas, além de ser um material renovável, de baixo custo e não poluente (SANTOS; SANTANA, 2017).

Figura 1 – Aplicação do Bambu na construção civil.



Fonte: Adaptado de (UGREEN, 2019; AVILA, 2019).

Diversos estudos relacionados ao potencial uso do bambu na construção civil vem sendo desenvolvidos ao longo dos anos. Segundo Carbonari Gilberto e Junior (2017), foram realizados testes com nove espécies de bambu em Londrina, provenientes da china na qual o

bambu apresentou altas propriedades mecânicas, e constatou-se que dividindo as resistências à tração e à compressão pela densidade de cada material, todas as espécies estudadas se mostraram mais eficientes que o concreto e o aço, conferindo ao bambu a designação de “aço vegetal”.

Assim sendo, o presente trabalho tem como tema a potencialidade do bambu como material de construção civil, bem como as suas características construtivas, buscando minimizar o impacto ambiental causado pelas construções.

## 1.1 Justificativa

O bambu é uma planta com qualidades atrativas para construção civil, a sua morfologia permite diversas aplicações em ambientes construtivos e garante ótimos resultados, porém, no Brasil, ainda é pequena a sua utilização nessa área, apesar de o país conter mais de 250 espécies nativas (DRUMOND; WIEDMAN, 2017).

Sendo a construção civil uma atividade que demanda grandes quantidades de materiais, muitos deles não renováveis e que dispõem grandes gastos energéticos, o bambu, em vista das suas qualidades e apresentar diversos usos na construção civil, permite substituir diversos desses materiais no processo construtivo de uma edificação, como por exemplo: madeiras, concreto, aço, tijolos de alvenaria e estrutural, e outros.

Estudos anteriores sobre a aplicação do bambu in natura na construção, como o regido pelas pesquisadoras Paula Regina e Erica Yukiko do Laboratório de Culturas Construtivas da USP, presente no livro *Bambus no Brasil* de 2017, abordam o uso do material pouco processado na estrutura e vedação de uma casa de pequeno porte, porém não esclarecem as técnicas de aplicação do material e nem as suas limitações, impedindo futuras reproduções. Além disso, a falta de profissionais com experiência em bambus in natura torna dificultosa a sua utilização nesse estado, sendo necessária ampliação do conhecimento e execução de técnicas com bambu. Além disso, a deficiência de estudos e normas para utilização de bambus como material estrutural em obras apresenta-se como outro obstáculo na sua disseminação.

Em vista disso, o estudo a ser feito não visa solucionar por completo tal problema, mas testar técnicas que abordam essa utilização e, mediante comprovação de suas qualidades, difundir o conhecimento construtivo para obras de pequeno risco e que não venham a prejudicar nenhum indivíduo ou o meio ambiente no processo de criação ou uso da edificação.

## 1.2 Problema de Pesquisa

Quando se pensa em construção civil, os primeiros pensamentos que se tende a ter, são das grandes estruturas verticais e horizontais que rodeiam toda a humanidade.

A construção civil é uma atividade que gera impactos ambientais, desde o momento da produção dos materiais até o descarte dos rejeitos da obra. Por isso, a tendência no mercado é rever técnicas e impulsionar a busca por escolhas de uma construções sustentáveis.

Com os métodos construtivos empregados no decorrer das obras até a fase de finalização, quantidades exorbitante de resíduos (sólidos, líquidos e gasosos) são descartados sem os devidos cuidados no meio ambiente, causando impactos ao nosso ecossistema. Diante disso, surge a necessidade de incorporar o uso de materiais mais sustentáveis e capazes de oferecer boas características resistentes igual ou superior aos convencionais para amenizar tal problema.

Com isso, dentre os materiais sustentáveis aplicados na construção civil, o bambu se mostra uma opção viável, com potencial construtivo ecologicamente menos agressivo que os materiais construtivos tradicionais, por diversos motivos, tais como: seu crescimento rápido, alta produção, esteticamente agradável e com boas propriedades construtivas (físicas, mecânicas, etc.).

## 1.3 Objetivos

### 1.3.1 *Objetivo Geral*

Este trabalho tem como objetivo principal investigar o potencial do bambu como material de construção civil por meio de uma revisão bibliográfica, buscando ampliar sua utilização como material de construção.

### 1.3.2 *Objetivos Específicos*

- Avaliar o desempenho do Bambu ;
- Avaliar a eficiência ambiental do Bambu;
- Avaliar a sustentabilidade do Bambu;
- Avaliar a sua inovação.

## 1.4 Metodologia

Esta pesquisa irá tratar inicialmente das qualidades do bambu como material de construção e das externalidades que o seu uso impacta na sociedade e meio-ambiente. Em seguida, será realizada uma pesquisa exploratória e quali/quantitativa sobre estes tópicos: a morfologia do bambu; o bambu como material de construção civil; as propriedades físicas, químicas e mecânicas do bambu; o processo de tratamento; as vantagens e desvantagens do bambu. O desenvolvimento dessa etapa da pesquisa se dará por análise e interpretação de estudos científicos. Como base para os objetivos do projeto de pesquisa destaca-se como literatura principal o livro *Bambus no Brasil: da biologia à tecnologia* (DRUMOND; WIEDMAN, 2017). Tal escolha, dentre vários outros autores, se dará por causa do grande nível de detalhamento e abrangência da obra, passando desde a produção até utilização do bambu em diversas áreas da ciência, além de possuir uma base nacional que auxilia no estudo do seu conteúdo. Ademais, como fonte de inspiração, vale citar a dissertação "Construção em Bambu" Caeiro (2010) que foi o documento que despertou o interesse pelo estudo do bambu.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 Histórico do Bambu**

Conforme Effting (2017), o surgimento do bambu se deu no final do período cretáceo (período da era mesozoica) e no início do período terciário (período da era cenozoica) há 65 milhões de anos atrás. Sendo assim uma planta usada desde os nossos antepassados para inúmeras finalidades.

Na china, a relação entre o homem e o bambu é uma relação que vem dos anos pré-históricos, uma vez que um dos primeiros radicais da ideologia chinesa que existiu foi um desenho de bambu denominado "CHU "que era composto por dois talos com folhas, e também porque pelo fato de considerarem o bambu com uma planta sagrada, eles usavam a planta para cerimônias de nascimento, morte, casamento e não só (RIBAS, 2010).

Conforme Ribas (2010), em 1906, o Alberto Santos Dumont, que era um brasileiro, realizou um voo 220m em paris com a sua aeronave 14-Bis, aonde a estrutura era de bambu com juntas de alumínio.

De acordo com SustentArqui (2020), foi construído um centro comunitário denominado de Anandaloy, que significa lugar de profunda alegria no dialeto local, feito de bambu e terra onde o mesmo foi projetado pela Anna Heringer que é uma arquiteta alemã e foi nomeado como segundo vencedor do prêmio Obel, que é concedido anualmente pela Fundação Henrik Frode Obel para homenagear “contribuições arquitetônicas recentes e notáveis para o desenvolvimento humano em todo mundo".

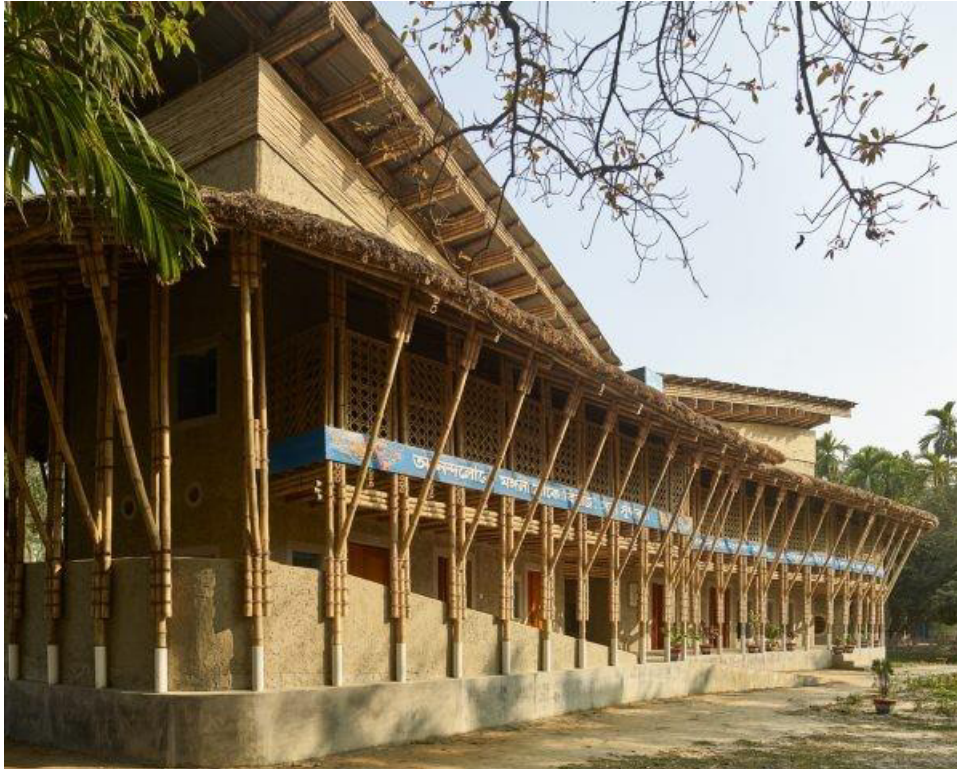
### **2.2 Morfologia e Taxonomia do Bambu**

Nesta seção do trabalho, apresenta-se as bases teóricas da pesquisa sobre o uso do bambu na construção civil. De fato, o material citado se diferencia dos demais materiais de construção civil, sendo ele menos utilizado e menos conhecido no ramo da construção. Com isso, ao observar a necessidade de tratar sobre seus benefícios, faz-se importante um estudo sobre sua forma e seu comportamento como material de construção civil.

Segundo Haouli (2018), a utilização do bambu em construções tanto residenciais como de pontes já vem sendo usada desde o tempo pré-histórico.

O bambu é uma planta da família das gramíneas e pode ser dividido em raiz, caule,

Figura 2 – Centro comunitário Anandaloy.



Fonte: (CICLOVIVO, 2020)

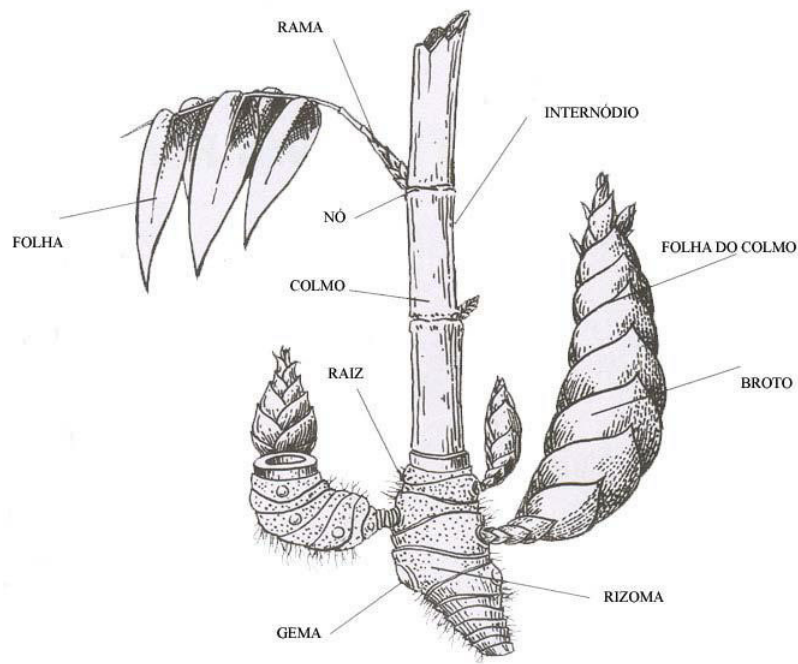
folhas e inflorescências. A parte subterrânea do caule, designado rizoma( aonde armazenam os nutrientes para o desenvolvimento do bambu), pode ser do tipo paquimorfo ou leptomorfo e a parte aérea do caule, como em todas as gramíneas, é chamado de colmo. Os colmos são constituídos por nós, entrenós e gemas e demonstra uma rica diversidade de forma, podendo ser sólidos, fistulosos,etc. As folhas dos bambus são, como em quase todas as gramíneas, compostas por bainha e lâmina, com uma lígula na região de transição e tendo elas grande culpa pelo rápido crescimento do bambu, por meio da fotossíntese, felizmente apesar de haver muitas quedas em sua folhagem, tem uma considerável capacidade de reposição foliar (DRUMOND; WIEDMAN, 2017).

Conforme Barboza *et al.* (2008), é grande importante salientar que os colmos são altamente resistentes aos esforços de compressão, e por causa disto, o colmo pode ter inúmeras utilidades em sistemas estruturais: pilares, vigas, painéis de vedação, esqueletos de estruturas, coberturas; ou como substituto da armadura em elementos estruturais de concreto armado.

Segundo Drumond e Wiedman (2017), as raízes dos bambus divergem dos colmos e rizomas em sua estrutura, pois não são segmentadas em nós e entrenós. Em bambus, a maior parte do sistema radicular é composto por raízes adventícias, que se desenvolvem a partir dos nós encontrados nos rizomas e nas bases dos colmos.

Referente ao sistema radicular, os bambus classificam-se em Paquimorfos, também denominado entouceirante ou simpodial e Alastrantes, não-entouceirante ou também monopodial. Os primeiros possuem rizomas curtos e grossos com gemas laterais, e o segundo grupo possui rizomas que se desenvolvem no solo de forma a ocupar grandes áreas e ainda existem os Anfipodiais ou semi-entouceirantes, que combinam características dos dois citados acima (OLIVEIRA *et al.*, 2012).

Figura 3 – Partes do bambu.



Fonte: (RESEARCHGATE, 2004)

### 2.3 Distribuição geográfica do Bambu

Oliveira (2013) diz que o número atual de espécies de bambu presente na terra ainda é uma incógnita, por causa da sua grande dispersão nos vários continentes da Terra. Existem sempre novas espécies e variedades sendo descobertas, entretanto existem cerca de 1.200 espécies de bambu conhecidas e catalogadas cientificamente, separadas em mais de 90 gêneros, espalhadas por todos os continentes da Terra, com a exceção da Antártida e Europa, onde não existe nenhuma espécie nativa conhecida.

No Brasil tem 258 espécies de bambus nativos, subdivididos em duas tribos, Olyreae e Bambuseae, A tribo Olyreae é composta por bambus herbáceos e tem 17 gêneros e 93 espécies ,enquanto Bambuseae é composta por bambus lenhosos e apresenta 18 gêneros e 165 espécies



Figura 4 – Distribuição geográfica



Fonte: (MANHÃES, 2008)

(DRUMOND; WIEDMAN, 2017).

## 2.4 Crescimento do Bambu

Cairo (2010) afirma que o material em estudo tem um crescimento diferente das árvores, uma vez que cresce rapidamente podendo atingir até um metro por dia, sabendo-se que o seu desenvolvimento é mais repentino durante a noite. À medida que vai crescendo, as fibras vão se tornando cada vez mais duras e resistentes as tensões laterais do vento até chegar a um máximo entre os 3 e os 5 anos, idade apropriada para seu emprego na construção.

O bambu cresce 30% mais rápido do que qualquer outra espécie de árvore, e graças a esse crescimento vigoroso, seu rendimento em peso por hectare ao ano é 25 vezes maior que o da madeira. Não há nenhuma outra espécie florestal que possa competir com o bambu em velocidade de crescimento e o bambu necessita em média de 3 a 6 meses para atingir sua altura máxima, de até 30 m (OLIVEIRA *et al.*, 2012).

Haouli (2018), o crescimento dos bambus podem ser classificados em três categorias, os entouceirantes (simpodial), os não-entouceirantes (monopodial) e os semi-entouceirantes (anfipodiais).

## 2.5 Plantação do Bambu

Cairo (2010), o sistema de plantação do material a ser disseminado pode ser feita de três formas, a primeira típico da Costa Rica: coloca-se a vara de bambu verde horizontalmente, fazendo um pequeno orifício em cada gomo, enche-se de água e cobre-se com terra a uma profundidade de 30 a 50cm; passadas 2 a 3 semanas começam a despontar os brotos de bambu.

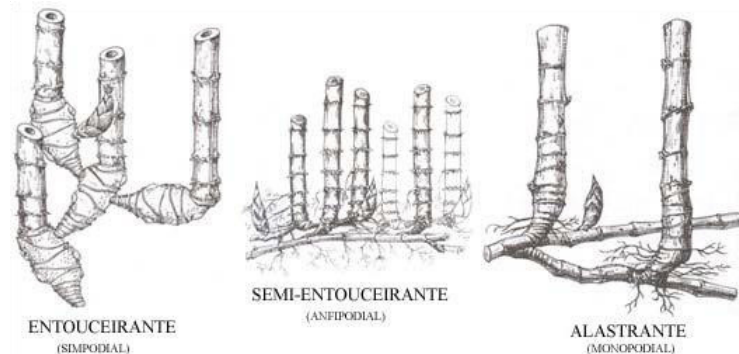


Figura 5 – Crescimento do bambu tipo Guadua.



Fonte: (BAMBUSA.ES, 2018)

Figura 6 – Sistema Radicular.



Fonte: (SILVA, 2005)

Na Ásia cortam pedaços de bambu com 2 ou 3 nós e plantam verticalmente, com um nó plantado a 1 metro de profundidade, tendo em atenção não deixar copo na extremidade de cima para que a água não se acumule e disso advenha apodrecimento da planta. A última e muito vulgar na América Latina: cortam-se os nós de cada gomo e dispersam-se pelo terreno.

## 2.6 Floração do bambu

A floração do bambu é diferente das demais árvores ao redor do mundo, pois florescem ciclicamente e depois de uma floração o bambu morre, uma vez que requer um grande esforço para formar as inúmeras sementes. Este fenômeno que acontece nos bambus é conhecido como monocarpia, sendo que este acontecimento, em maioria das vezes ocorrem em muitas das

Figura 7 – Plantio Bambu.



Fonte: (MIX, 2012)

espécies da tribo Bambuseae (DRUMOND; WIEDMAN, 2017).

De acordo com Silva (2005) nem todos os bambus morrem ao florescer, os bambus herbáceos fogem a esta regra uma vez que florescem com frequência.

Existem três tipos de florações: esporádica, que quando ocorrida, mata a planta ou uma parte dela, contudo ela acontece apenas em certas espécies; sincrônica, que mata toda a planta ou parte dela, infelizmente ela pode atingir grande parte das espécies; e a floração de “stress”, que ocorre devido a uma forte agressão ou adversidade ambiental, podendo haver florescimento apenas em uma das partes do bambu. Esses florescimentos podem gerar três tipos de frutos: baga, noz e cariopse (HAOULI, 2018).

## **2.7 Bambu como material de construção civil**

Dentre os materiais de construção disponíveis na maioria das propriedades rurais, o bambu se destaca desde que seja estudado e que se conheçam suas características básicas. No ramo da construção civil, o uso do bambu é muito bem disseminado na Ásia e em outros países da América Latina, como Peru, Equador, Costa Rica e Colômbia, onde vários exemplos de edificações confirmam sua potencialidade. Para o uso do bambu em grande escala como material de engenharia economicamente viável é necessário fazer estudo científico sistemático.

Nem todos os bambus estão aptos para ser utilizados como material de construção, e conforme o Caeiro (2010), o bambu para aplicações estruturais devem seguir os seguintes critérios:

- colmos erectos e direitos;
- varas esbeltas com diâmetro variável entre 5 e 25cm;
- espessura superior a 1 cm;
- gomos curtos e bem revestidos de sílica;
- varas maduras depois de cortadas deixadas 2 semanas verticalmente na mata para reduzir a quantidade de amido;
- boa resposta ao tratamento de preservação;
- alta densidade de matéria lenhosa;
- alto número de vasos vasculares.

### ***2.7.1 Algumas espécies usadas na construção a nível mundial***

A matéria prima "Bambu" é uma gramínea de grande versatilidade, uma vez que todas as partes que compõem o bambu é de grande utilidade. No Brasil tem várias espécies nativas conhecidas como taquara, taboca, taboca-açu, taquaraçu, entre outras, contudo não são essas as mais utilizadas no mundo em que vivemos mas sim as asiáticas que os portugueses trouxeram para o Brasil nos tempos primordiais da colonização (BARBOZA *et al.*, 2008).

Nem todas as espécies do bambu ao redor do mundo são usadas como material de construção civil, abaixo são descritos alguns tipos de bambu mais utilizados a nível mundial como mostra o (CAEIRO, 2010).

#### ***2.7.1.1 Bamboosa balcooa e Dendrocalamus balcooa***

Se refere a uma espécie que atinge alturas muito elevadas próximo aos 30 metros, que se desenvolve em terrenos argilosos e compactos, com diâmetro que varia entre 8-15cm e com uma potente estrutura de parede que alcança os 2,5cm.

Pensa-se que esta espécie é originária da zona Nordeste da Índia, sendo hoje cultivada em vários lugares Asiáticos e na Austrália.

É usada com fins estruturais de média resistência, pequenas pontes, mobiliário de boa qualidade, brotos comestíveis, sendo as folhas usadas como comida para animais, papel e tecidos.



Figura 8 – Bamboosa Balcooa.



Fonte: (PLANTEDROOTS, 2019)

#### 2.7.1.2 *Bambusa bambos* b. *Arundinacea* e *b.spinosa*

Trata-se de uma espécie de bambu espinhoso que cresce em grupos de arbustos muito densos, com um diâmetro que varia entre 15 a 18cm e com parede pode atingir 1,4 cm de espessura.

Esta espécie de bambu é cultivado na Índia, Bengala, sul da China, é a espécie mais comercializada na Tailândia, Nepal, Indonésia, Vietname, Filipinas, etc. O clima adequado para o seu crescimento é em zonas úmidas, com clima equatorial e tropical não muito seco.

Geralmente é utilizado como material de construção, papel (devido ao comprimento das fibras), móveis de qualidade.

#### 2.7.1.3 *Dendrocalamus giganteus* e *B. Gigantea*

É a maior espécie conhecida no mundo, podendo chegar aos incríveis 60m de altura, com diâmetro até 25cm e com espessura rondando os 2.5 a 3cm. Proveniente da zona Noroeste da Tailândia, pode ser encontrado na Índia, Sri Lanka, Bangladesh, Nepal, Vietname, China, Indonésia, Malásia, Filipinas e algumas pequenas plantações introduzidas no Brasil.

Por causa da sua ótima resistência é solicitada para colunas e traves estruturais, produção de papel, mobiliário, aglomerados e derivados, e como alimento extremamente nutritivo.

Figura 9 – Bamboosa Spinosa.



Fonte: (SEMENTES, 2020)

Figura 10 – Dendrocalamus Giganteus.



Fonte: (MATA, 2017a)

#### 2.7.1.4 *Guadua Angustifolia*

Trata-se de uma espécie que é considerada a melhor e a mais estudada do mundo em relação a demais espécies para construção e também a mais resistente, proveniente do sul e centro da América. Distribui-se por países como Colômbia, Equador, Costa Rica, floresta Amazônica e Mato Grosso no Brasil, Panamá e, recentemente, no México.

Amplamente utilizado na construção de casas e infra-estruturas, reforço de paredes de terra e concreto.

Figura 11 – *Guadua Angustifolia*.



Fonte: (MATA, 2017b)

#### 2.7.1.5 *Guadua Aculeata*

Refere-se a uma espécie usada na construção rural, com um diâmetro de 20 a 25cm, com uma resistência superior a maioria dos bambu por causa do comprimento do seu intergomos, com uma espessura da parede 1,8 a 3cm sendo assim um dos mais grossos do mundo.

Originário do México é considerado um dos mais aptos à construção, as populações pré-hispânicas (adjectivo que se utiliza em referência àquilo que existia na América antes da chegada dos Espanhóis) utilizavam este bambu na construção de casas. É uma espécie pouco estudada por causa do subdesenvolvimento mexicano na área do Bambu.

#### 2.7.1.6 *Bambusa Vulgaris*

Trata-se da espécie do bambu mais propagado a nível mundial, com um diâmetro que varia entre 5cm a 12cm e com uma espessura da parede que varia em torno de 0.7cm a 1,6cm, com origem desconhecida. É mais utilizado em construção rural, mobiliário, artesanato, produção de papel, produtos medicinais, etc.

#### 2.7.1.7 *Bambusa Polymorpha*

É uma espécie que pode chegar os 25m de altura, com um diâmetro que supera os 15cm e com uma espessura interna da parede de 2cm. Oriundo do Bangladesh ( país localizado



Figura 12 – *Guadua Aculeata*.



Fonte: (NATURALISTA, 2016)

Figura 13 – *Bambusa Vulgaris*.



Fonte: (PIXELS, 2020)

no sul da asia ), também é encontrada com certa facilidade na Índia, Tailândia. È utilizado especialmente como material de construção, sendo a sua qualidade de resistência media.

Figura 14 – *Bambusa Polymorpha*.



Fonte: (BAMBOO, 2007a)

#### 2.7.1.8 *Bambusa Tulda*

É uma espécie com o diâmetro que oscila entre 5cm a 10cm e com paredes finas em relação a outras espécies mais usadas na construção que varia de 0,4cm a 0,7cm. Proveniente da Índia mas também pode ser encontrada nos países como, Bangladesh e Tailândia. É geralmente usado para mobiliário, produção de papel e como alimento.

#### 2.7.1.9 *Denrocalamus Asper*

Se trata de uma espécie com um diâmetro pode atingir uma tamanho de 20cm, com uma espessura de parede interna que varia entre 1-2cm. Bem distribuída e claramente explorada e usada na Tailândia, Vietnã, Malásia, Indonésia e Filipinas. Comercialmente é muito demandado nos países sul asiáticos.

É utilizado em maioria das vezes como material estrutural de ótima qualidade. É um dos materiais utilizados para a construção de grandes estruturas comunitárias em zonas rurais, devido a sua alta capacidade resistiva e durabilidade.

#### 2.7.1.10 *Dendrocalamus strictus*

*Dendrocalamus strictus*, também conhecido como Bambu maciço, trata-se de uma espécie de bambu com um diâmetro estreito que oscila entre 2,5-8cm. É originário da Índia ,



Figura 15 – Bambusa Tulda.



Fonte: (PLANTS, 2014)

Figura 16 – Denrocalamus Asper.



Fonte: (ZHú, 2017)

Nepal e Bangladesh, é bastante cultivado em todos os países do sul do continente asiático. É bastante utilizado na construção de moveis e para a produção de papel.

Figura 17 – *Dendrocalamus strictus*.



Fonte: (BAMBU, 2018)

#### 2.7.1.11 *Gigantochloa Apus*

Mais conhecido como Bambu Tali, se refere a uma espécie de bambu com diâmetros que oscilam entre 4 e 13cm e com espessura das paredes internas em torno de 1,5cm. É uma espécie bastante flexível e por causa disso é permitido fazer arcos e curvaturas.

É muito utilizado especialmente para artesanato e como elemento secundário em assentamento de coberturas e paredes.

#### 2.7.1.12 *Gigantochloa Levis*

Uma espécie com diâmetros entre 5 e 6cm e com uma espessura de parede interna de 1,2 cm, de origem desconhecida, contudo muito cultivada nas Filipinas, Malásia, região Este da Indonésia, na ilha de Kalimantan, na China e no Vietnã.

Um ótimo material para a construção de estruturas, instrumentos de cozinha, mobiliário e os brotos são comestíveis e de ótima qualidade.

#### 2.7.1.13 *Phillostachys Pubescens*

*Phillostachys Pubescens*, mais conhecido como Bambu mossô, é uma espécie de bambu que atinge os 20 metros de altura, com um diâmetro de 18cm. Esta espécie de bambu é proveniente da China é bastante cultivada na Coreia e Vietnã. Geralmente usado em estruturas

Figura 18 – *Gigantochloa Apus*.



Fonte: (BAMBOO, 2007b)

Figura 19 – *Gigantochloa Levis*.



Fonte: (LAND, 2014)

pesadas na construção e utensílios domésticos.



Figura 20 – *Phillostachys Pubescens*.



Fonte: (HEARTWOOD, 2020)

### 2.7.2 *Conexões*

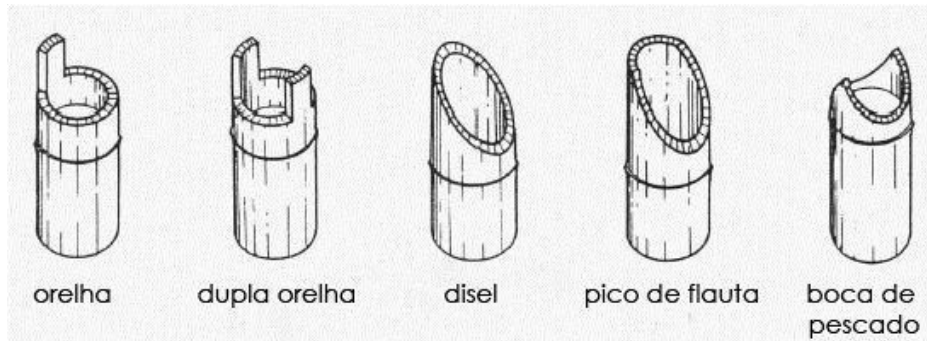
As tecnologias das construções convencionais tiveram grandes avanços depois a Revolução Industrial, a partir do século XVIII, criando e aperfeiçoando materiais, máquinas, equipamentos e mão-de-obra própria para cada metodologia de construção desenvolvida (PADOVAN, 2010).

Apesar da antiguidade das construções com bambu, o desenvolvimento de tecnologia própria para o material vem acontecendo apenas nos últimos trinta anos, carecendo de pesquisas para seu pleno emprego como material de construção de qualidade (PADOVAN, 2010).

Segundo Marçal e Ambiental (2008), o bambu é utilizado como material de construção a mais de mil anos, as conexões antigas usavam corda ou fibras naturais para unir as varas na estrutura. O próprio bambu pode receber vários cortes de modo a haver conexão perfeita entre as varas, agindo assim como ponto conectivo o contato entre elas e é necessário realçar também que os cortes devem ser feitos nas proximidades dos nós, que são zonas mais resistente do bambu.

Mediante Padovan (2010), uma das maiores dificuldades da utilização do bambu como material de construção são suas conexões, uma vez que a sua forma não é perfeitamente circular, cônica, oca, com diversas dimensões em seu comprimento, diâmetro e espessura de paredes.

Figura 21 – Diferentes cortes aplicados a técnica de construção com bambu.



Fonte: (CAEIRO, 2010)

Com o passar do tempo e o aumento de pesquisas nesta área e conhecimento acerca das propriedades do bambu, foram criados novas conexões que são as mais usadas para as estruturas atuais e é necessário enfatizar que as conexões podem ser feitas dos mais diversos tipos e materiais, o importante é saber como as forças estão atuando e se a resistência é adequada (MARÇAL; AMBIENTAL, 2008).

No secção a seguir trata-se de algumas espécies de conexões mais eficazes no ramo de construção civil.

#### 2.7.2.1 Conexão C. H. Duff

Mediante Quintero e Silveira (2016), trata-se de uma ligação que aproveita a resistência à tração do bambu economizando o uso de pregos e parafusos, aonde a ligação consiste em fazer cônicos os extremos do colmo por meio de cortes de forma triangular colocando um elemento tipo barra no sentido longitudinal do colmo. A ponta do bambu é fechada com arame deixando um elemento de madeira no interior que vai fixar a barra.

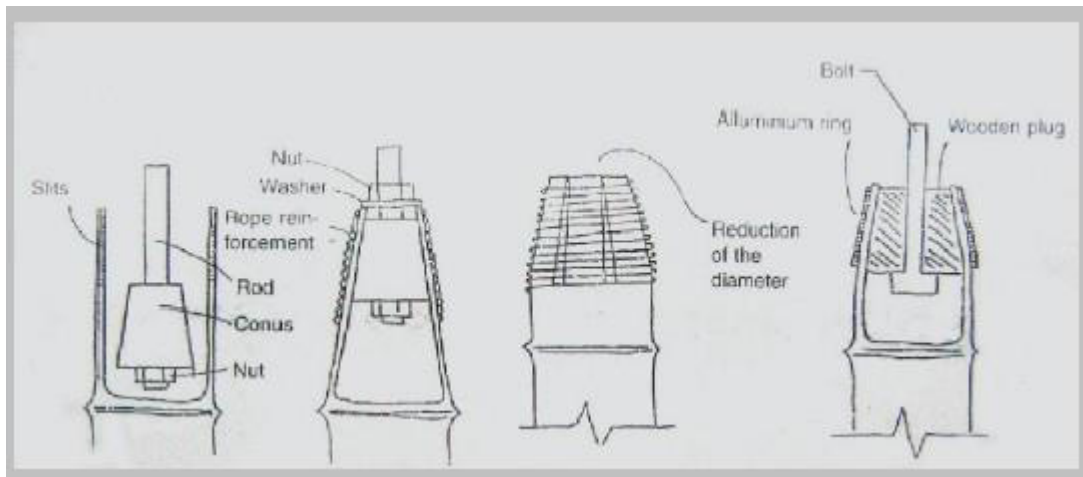
Conforme Caeiro (2010), a única desvantagem deste tipo de conexão reside no tempo de execução das uniões.

#### 2.7.2.2 Conexão ARCE

De acordo com Caeiro (2010), refere-se a uma união com madeira maciça como conexões entre os colmos, desenvolvida pelo Oscar Arce, onde a madeira é reforçada com metal e aparafusada às varas de bambu. Como penetra no interior das varas não permite que os insectos nidifiquem nos seus extremos.

Esta técnica, apesar de utilizar elementos simples como madeira e bambu, é de difícil execução, em razão da grande variação de diâmetros dos colmos, necessitando realizar-se um

Figura 22 – Conexão C. H. Duff.



Fonte: (CAEIRO, 2010)

enchimento específico para cada colmo (PADOVAN, 2010).

Figura 23 – Conexão ARCE.



Fonte: (CAEIRO, 2010)

### 2.7.2.3 Conexão Clavijo-Trujillo

Mediante Caeiro (2010), em 1998 dois estudantes de engenharia civil da Universidade da Colômbia, Sandra Clavijo Ortiz e David Trujillo Chetale, dedicaram parte dos seus estudos a estruturas reticuladas de Guadua, que necessitavam de uniões de alta resistência. Procuraram projetar uma transição eficiente entre a barra transversal e as paredes do bambu sendo a sequência de transmissão de forças da barra de metal ao cimento, do cimento ao diafragma e deste último às paredes do colmo.

Figura 24 – Conexão Clavijo-Trujillo .



Fonte: (CAEIRO, 2010)

#### 2.7.2.4 *Conexão de Simon Velez*

Na Colômbia dada a necessidade de criar uma união onde a barra de metal não causasse problemas nas paredes do bambu surgiu a alternativa de encher de cimento (proporção de 1:2 ou 1:3) os gomos onde esta se encontrava de modo a conduzir as forças da barra para o cimento - diafragma - paredes do colmo melhorando assim a sua capacidade de resistência à rotura e tração. Esta invenção deve-se ao arquitecto Simon Velez, conhecido pelo arquitecto do bambu (CAEIRO, 2010).

A união que desenvolveu pode aceitar resistências de 35KN por gomo preenchido de cimento, podendo ser melhorada se utilizarmos uma tira de metal exterior como no método de Clavijo-Trujillo, com um aumento de resistência na ordem dos 30% (CAEIRO, 2010).

#### 2.7.2.5 *Conexão Obermann*

Conforme Caeiro (2010), Tim Obermann no ano de 2004 realizou uma pequena estrutura temporal desenvolvendo uma união espacial onde os elementos de bambu funcionam sob esforço axial. Um elemento de aço entra no extremo do colmo, outro numa barra rosca com um diâmetro de 9cm, largura 30cm, dos quais 20 internos, a vara, que se conecta a uma esfera de metal de 10cm, que oferece até 16 contra roscas de união.

Os testes realizados confirmam que uma barra rosca nesta experiência resiste 10KN tanto à tração como a compressão, sendo que o total da união aguenta 30KN, considerando factores de segurança. É uma união que pressupõe uma seleção de varas muito detalhada e

rigorosa e bastante prefabricação de peças (CAEIRO, 2010).

Figura 25 – Conexão Obermann .



Fonte: (CAEIRO, 2010)

### 2.7.3 Pilares

Os pilares são elementos estruturais verticais que recebem as ações das vigas, ou lajes, dos pavimentos superiores e as transmitem para os elementos inferiores ou fundações. O mau dimensionamento e posicionamento destes elementos pode ocasionar vários problemas, como a desestabilidade da estrutura no ponto de vista global. Necessita-se também da escolha certa dos materiais e do cuidado na execução (EFFTING, 2017).

Mediante Effting (2017), as estruturas tradicionais de pilares feitos com o bambu, utilizam os colmos com diversos tipos de encaixes, entalhes e cortes. As conexões são geralmente encaixadas ou unidas por cordas feitas também com o mesmo material, fazendo com que o sistema estrutural seja leve e flexível com grande absorção de energia sísmica.

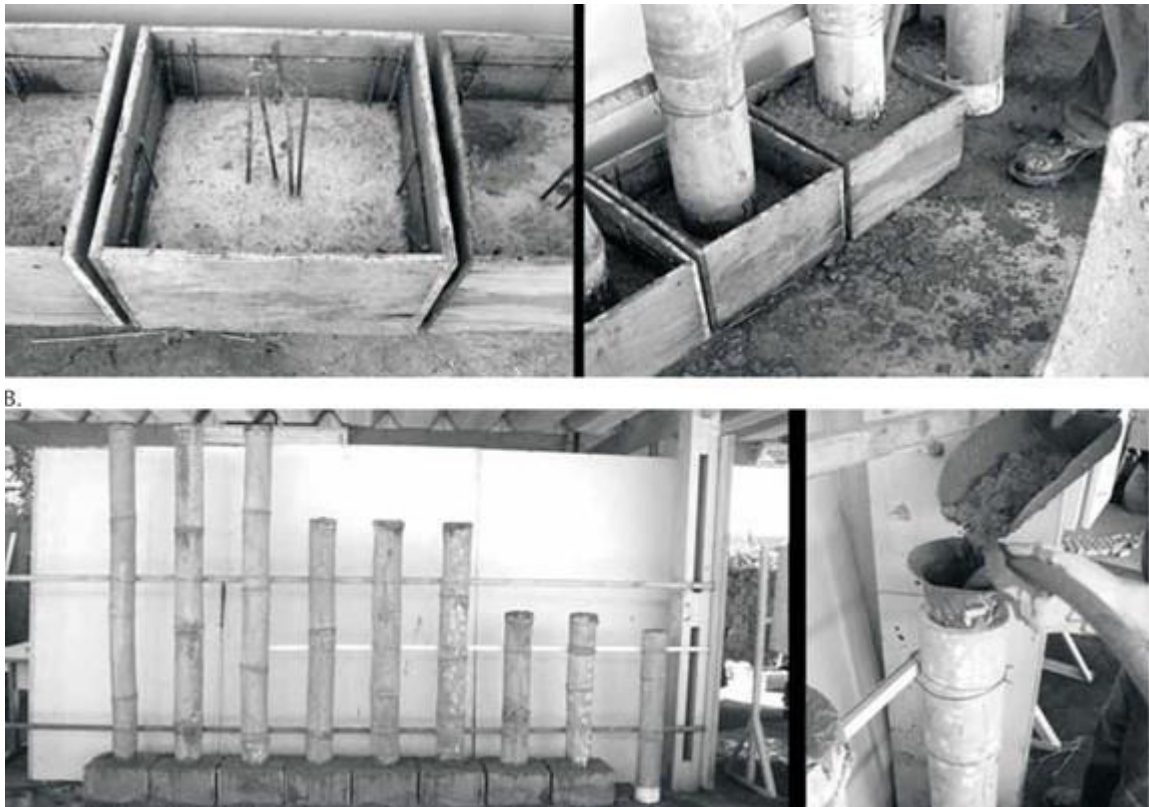
De acordo com Maia (2012), o bambu deve sempre manter uma distância do solo, a fim de se evitar o contato direto das peças com a umidade do terreno, que pode causar o aparecimento de fungos, aumentar a umidade interna e diminuir a resistência do material.

Effting (2017), comenta que os pilares precisam ser feitos da melhor parte da planta, ou seja, da parte média à parte inferior do colmo, pois nessa região os nós conferem maior



resistência estrutural. Para ela, os bambus utilizados em pilares costumam ter capacidade de absorver alta energia, tornando-se seguro para zonas com frequentes abalos sísmicos. Ainda segundo a autora, é necessário proteger a planta contra a umidade do solo e dos pisos, portanto, o pilar não deve ser colocado diretamente em contato com o solo. A durabilidade do elemento pode ser diminuída caso esta regra não seja obedecida. Os pilares podem ser apoiados em bases feitas de concreto ou outro material, distanciando o bambu do chão.

Figura 26 – Pilares mistos bambu-concreto .



Fonte: (EFFTING, 2017)

#### 2.7.4 Fundação

No que diz respeito às fundações, de acordo com Maia (2012), a ligação das varas com a fundação pode ser feita de várias maneiras. A mais usada é o preenchimento do colmo com concreto (Figura 26), feito através de uma abertura circular acima do nível de massa a ser usado.

Para uma interação ideal entre vara e fundação deve-se usar uma barra de ferro chumbada pelo menos a 30 cm na fundação e 30 cm dentro da vara. Sempre observando a aderência entre a barra de ferro e o concreto (MAIA, 2012).

Figura 27 – Fundação com Bambu .



Fonte: (MAIA, 2012)

### 2.7.5 *Painéis de vedação*

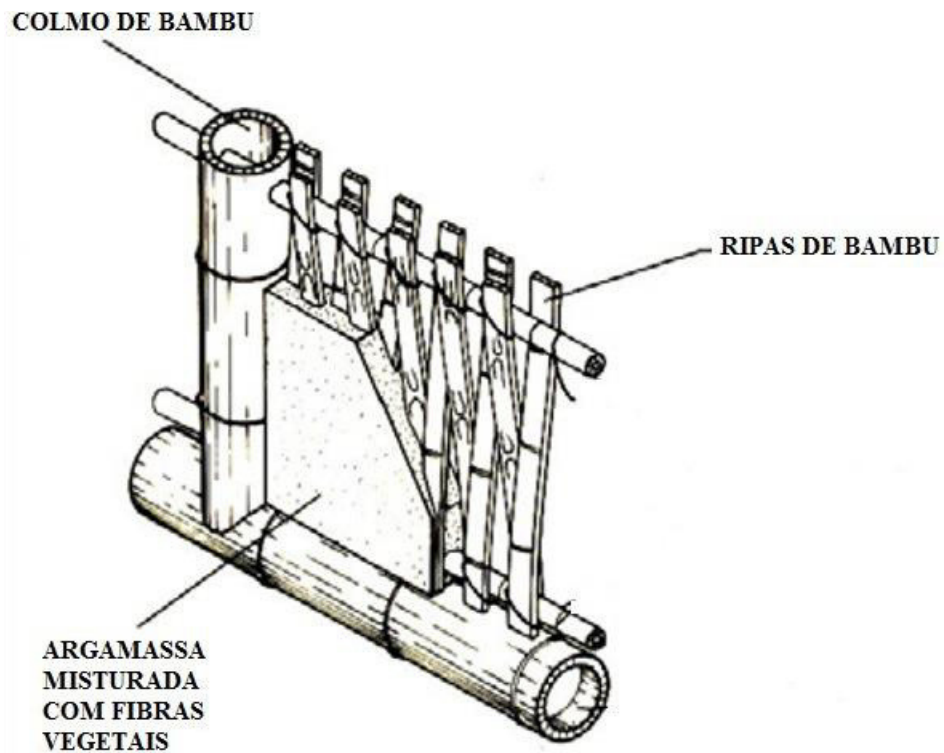
Um dos principais componentes construtivos com bambu é o painel para vedação. Eles podem ser executados de diversas formas, que variam de região para região e também do clima onde são construídas as edificações, determinando assim a necessidade total ou parcial do fechamento. As vedações podem ser feitas de diversas maneiras, com tecnologias e técnicas distintas (EFFTING, 2017).

Além disso, os painéis de vedação feitos de bambu podem ser preenchidos com barro ou argamassa. Estes painéis são de grande flexibilidade, de fácil execução e passíveis de futuras ampliações (MAIA, 2012).

Mediante Effting (2017), Existe um painel denominado de Quincha, comuns no Peru, Chile e partes da Índia. Consiste basicamente em ripas de bambu trançadas na horizontal ou vertical, entre pequenos colmos, como mostram as Figuras 27 e 28. Após a montagem dos quadros, é aplicada uma argamassa de revestimento, feita de barro e fibras vegetais, como palha de arroz, e em seguida é feito o acabamento da superfície. Esse pode ser realizado com a própria argamassa de revestimento ou com uma camada de argamassa de regularização aplicada sobre a

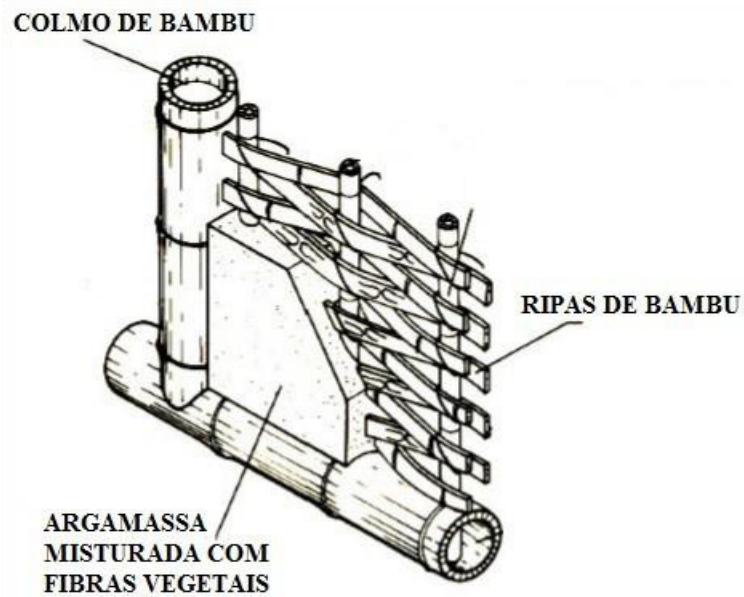
anterior.

Figura 28 – Pannel de bambu do tipo Quincha com ripas trançadas verticalmente.



Fonte: (EFFTING, 2017)

Figura 29 – Pannel de bambu do tipo Quincha com ripas trançadas horizontalmente.

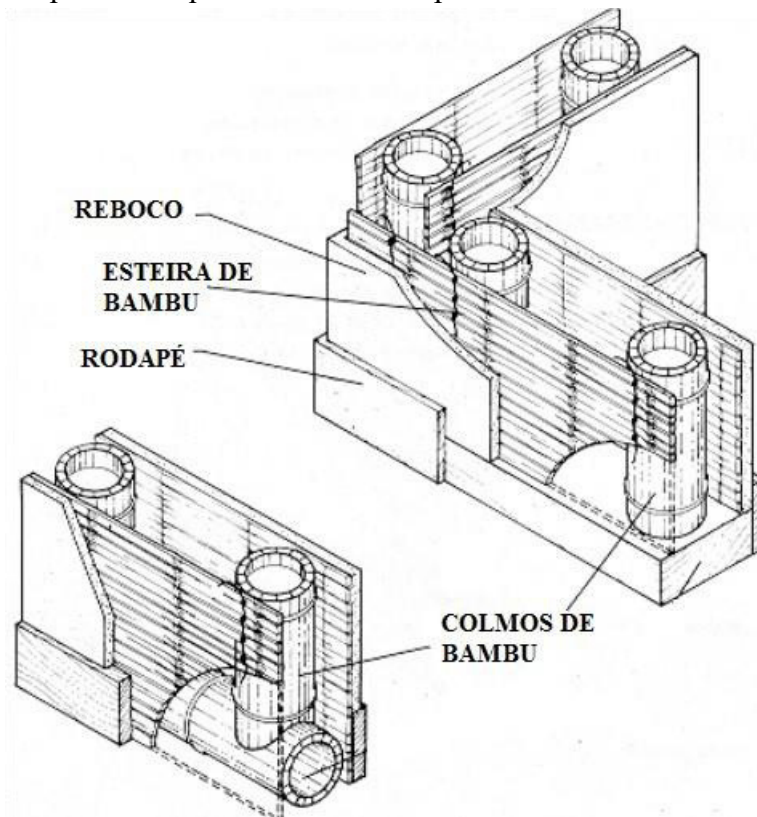


Fonte: (EFFTING, 2017)

Ainda conforme o Effting (2017), o tipo de painel Bahareque é muito utilizado em países da América Latina, principalmente na Colômbia. O método consiste basicamente em

bambus dispostos horizontalmente em duas camadas, formando esteiras, envolvendo a estrutura de sustentação, como mostra a Figura 29. Os painéis são argamassados, revestidos e alisados, conforme figura a seguir, podendo receber posterior pintura.

Figura 30 – Paineis tipo Bahareque com esteiras duplas.



Fonte: (EFFTING, 2017)

### 2.7.6 Telhas e escadas

Segundo Maia (2012), na construção de telhas de bambus, estas devem ser amarradas umas às outras com arame galvanizado, evitando que o vento as tire do lugar. As escadas feitas de bambu são apoiadas em estruturas de outros materiais, geralmente de concreto, propiciando um menor contato com o solo, visto que a umidade pode diminuir significativamente a sua vida útil. Na junção dos degraus podem ser utilizados elementos metálicos, fibras naturais, etc., que contribuem com a ligação e estruturação das escadas de bambu.



Figura 31 – Telha de bambu.



Fonte: (EFFTING, 2017)

Figura 32 – Escada de bambu.



Fonte: (MAIA, 2012)

## 2.8 Propriedades do Bambu

### 2.8.1 Propriedades mecânicas

As propriedades mecânicas do bambu tem a ver com a sua resistência quando for submetido a esforços solicitantes. Elas são influenciadas principalmente pelos seguintes aspectos: espécie, idade, tipo de solo, condições climáticas, época da colheita, (MAIA, 2012).

Mediante Maia (2012), o bambu é um material de fácil trabalhabilidade e que exibe características mecânicas específicas que o tornam adequado para o uso em construções. O bambu tem uma boa resistência quanto à compressão, torção, flexão e, principalmente quanto à tração, por causa da sua forma tubular e das suas fibras que são distribuídas longitudinalmente, formando feixes de micro tubos. O módulo de elasticidade e a tensão ou módulo de ruptura depende do comprimento das fibras, que por serem todas no mesmo sentido, confere ao bambu sua grande resistência.

Para se ter uma ideia, as peças curtas de bambu podem suportar tensões de compressão superiores a 50 MPa, superando a resistência de alguns concretos convencionais. Outro fator importante é o fato de que o concreto tem densidade superior a 2 Kg/dm<sup>3</sup> e o bambu apresenta 1/3 desse valor. Desse modo, quando se considerada a resistência em relação à densidade (resistência específica), o bambu mostra-se mais eficiente do que o concreto (CAEIRO, 2010).

Ensaio feitos com bambu mostram que o seu módulo de elasticidade situa-se em torno de 20.000 MPa, cerca de 1/10 do valor alcançado pelo aço. Cabos de bambus trançados oferecem resistência análoga ao aço CA-25 (2.500 kgf./cm<sup>2</sup>). O peso, no entanto, é 90% menor. O bambu apresenta grande rigidez, podendo ser usado em estruturas secundárias, na forma de treliças e vigas (HAOULI, 2018).

### 2.8.1.1 *Compressão*

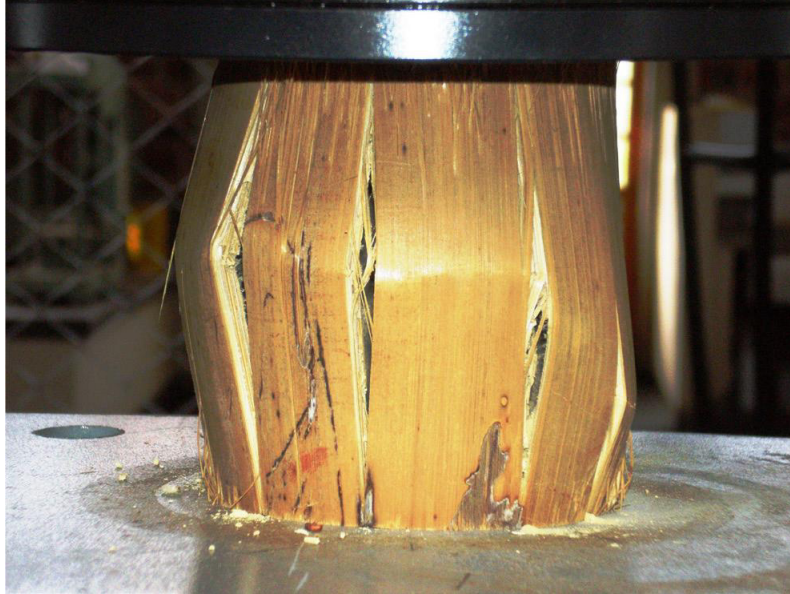
Os testes de compressão normalmente são considerados testes de execução, sendo exemplo, com uma secção de madeira bastará colocá-lo entre dois discos de metal e aplicar força até à rotura do material. Para caso da secção oca de bambu temos uma vez mais de considerar outros elementos para as provas. As amostras deverão ter uma altura 1 a 2 vezes o diâmetro, de modo a conseguirmos os valores efetivos do material sem efeitos secundários como a instabilidade de carga de ponta. Os extremos devem ser lisos e com uma desvio máximo de 0.2mm. Para determinar o módulo de elasticidade E devem aplicar-se os valores de tensão, pelo menos 2 por prova (CAEIRO, 2010).

Conforme Maia (2012) alguns pesquisadores estudaram a resistência do bambu a compressão e constataram que para corpos-de-prova de 30 cm de altura e 3 cm de diâmetro, a tensão de ruptura é de 80 MPa e um módulo de elasticidade em torno de 20 GPa.

De acordo com Janssen, apud Schniewind (1989) citados em MAIA (2012), o bambu, como a madeira, apresenta uma dependência estreita entre propriedades mecânicas e massa

específica. A resistência à compressão (em MPa) pode ser estimada como igual ao produto da massa específica (em Kg/m<sup>3</sup>) por um fator 0,094. Segundo o autor o valor da resistência depende fortemente da proporção de fibras existentes no corpo-de-prova.

Figura 33 – Corpo de prova após a realização do ensaio.



Fonte: (CARBONARI GILBERTO E JUNIOR, 2017)

#### 2.8.1.2 Tração

A prova de tração é o teste mais comum realizado em materiais, no caso do bambu temos de ter algumas considerações, dado as extremidades serem frágeis, temos de garantir que a pressão exercida não danifique as amostras. Assim deveremos raspar a parte intermédia para facilitar a fixação da prova nas suas extremidades, de acordo com as recomendações de *INBAR STANDARD FOR DETERMINATION OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF BAMBOO*, instituição que desde 1999 homologa os testes sobre este material (CAEIRO, 2010).

No que tange aos esforços de tração, o bambu apresenta uma boa resistência e, em algumas espécies, pode atingir até 370 MPa. A resistência à tração é de 2,5 a 3,5 vezes aquela obtida em ensaios de compressão. Com isso, o bambu pode ser usado como um substituto para o aço, principalmente quando for considerada a razão entre sua resistência à tração e sua massa específica. Em geral, a resistência à tração do bambu, com ou sem nó, situa-se entre 40 MPa e 215 MPa, e o seu módulo de elasticidade varia entre 5,5 GPa e 18 GPa (MARÇAL; AMBIENTAL, 2008).

Figura 34 – Corpo de prova de bambu utilizado nos ensaios de tração axial paralela às fibras e Prensa utilizada para a realização do ensaio.



Fonte: (CARBONARI GILBERTO E JUNIOR, 2017)

Figura 35 – Razão entre tensão de tração e a massa específica de alguns materiais.

Tipo de Material	Resistência à tração (MPa)	Peso específico $\gamma$ (N/mm <sup>3</sup> x 10 <sup>-2</sup> )	$R = \frac{\sigma}{\gamma} \times 10^2$	$\frac{R}{Raço}$
Aço CA 50	500	7,83	0,64	1,00
Alumínio	300	2,79	1,07	1,67
Ferro Fundido	280	7,70	0,39	0,61
Bambu	120	0,8	1,5	2,34

Fonte: (CARBONARI GILBERTO E JUNIOR, 2017)

### 2.8.1.3 Flexão

Estudos já realizados em relação à resistência do bambu a flexão mostraram um resultado em torno 30 MPa e 170 MPa e essa variação se deve não apenas à sua própria resistência à flexão, mas também pode ser causada pelo tipo de teste de flexão e pelo tamanho da amostra usada na execução destes testes (MAIA, 2012).

Marçal e Ambiental (2008), em ensaios de flexão realizados com bambu, constatou que o módulo de elasticidade dos colmos, usando segmentos de bambu, variou entre 6 GPa e 14 GPa, e sua resistência à flexão variou de 57 MPa a 133 MPa. Ele constatou também que o módulo de elasticidade é da ordem daquele observado em madeiras de boa resistência.

O Caeiro (2010), em testes realizados com bambu observou que o material em estudo



tem alta resistência mecânica à flexão; o detalhe surge nos apoios e uniões que por vezes não aguentam a pressão exercida estilhaçando o bambu.

Figura 36 – Ensaio de flexão na máquina universal de ensaios mecânicos.



Fonte: (BOOGAARD, 2016)

#### 2.8.1.4 Torção

Mediante o Marçal e Ambiental (2008), por causa da forma cilíndrica do bambu, o mesmo apresenta bons resultados quando submetido a forças de torção. No entanto, as fibras do bambu são facilmente descoladas e esse deslocamento pode ser muito prejudicial ao sistema de tensão, causando uma descontinuidade no mesmo. Essa descontinuidade tende a diminuir a resistência à torção da vara.

#### 2.8.1.5 Cisalhamento

A força de cisalhamento no bambu é paralela ao sentido das fibras. Esse é o ponto fraco do bambu, os menores valores obtidos em testes de laboratório para resistência são para cisalhamento. Isto se deve ao fato das fibras serem unidas umas as outras unicamente por elementos naturais colantes e o descolamento das fibras serem iniciados com baixos valores de tensões (MARÇAL; AMBIENTAL, 2008).

De acordo com Maia (2012), um dos problemas que as forças de cisalhamento podem causar é o surgimento de fissuras, pois estas provocam quedas na resistência, e servem como local de entrada de água e facilita ação dos insetos, diminuindo assim a vida útil do bambu e ela também diz que em geral, quanto maior o teor de umidade do bambu, menor será sua

resistência ao cisalhamento. A resistência ao cisalhamento perpendicular às fibras do bambu situa-se em torno de 30% de sua resistência à flexão, ou seja, em torno de 32 MPa (variação entre 20 MPa e 65 MPa). A resistência ao cisalhamento longitudinal às fibras é de, aproximadamente, 15% de sua resistência à compressão, ou seja, em torno de 6 MPa, com variação de 4 MPa a 10MPa.

#### 2.8.1.6 Resistência das fibras

Segundo Benetti et al (2009), citado por Maia (2012), a resistência das fibras varia de acordo com a sua posição na parede do bambu, sendo mais fortes as fibras da parte externa que as da parte interna.

Tabela 1 – Resistência das fibras.

	<b>PARTE EXTERNA</b>	<b>PARTE INTERNA</b>
<b>TENSÃO</b>	3.200 kg / cm <sup>2</sup>	1.550 kg/cm <sup>2</sup>
<b>FLEXÃO</b>	2.531 kg/cm <sup>2</sup>	949 kg/cm <sup>2</sup>

Fonte: (MAIA, 2012)

### 2.8.2 Propriedades físicas

#### 2.8.2.1 Densidade

A densidade dos bambus varia entre 500 a 800 Kg/m<sup>3</sup>, dependendo principalmente do tamanho, quantidade e da distribuição dos aglomerados de fibras ao redor dos feixes vasculares (MAIA, 2012).

Essa propriedade depende acentuadamente da região da parede do colmo da qual foi retirada a amostra. Mediante Souza (2014), no sentido transversal os valores de densidade básica foram crescentes das camadas internas para as camadas externas dos colmos de bambu, para todas as alturas amostradas. No sentido longitudinal os valores foram crescentes da base para o topo, com tendências a se igualarem nas posições terminais. Nas camadas mais internas há uma quantidade maior de tecido parenquimatoso em relação às fibras e tecidos condutores, a porcentagem de parênquima diminui nas camadas mais externas dos colmos, aumentando o teor de fibras. Com o aumento do teor de fibras das camadas internas para as camadas externas há um aumento da densidade básica das camadas do colmo nesse sentido.

Essas diferenças entre as camadas internas e externas da parede são maiores na parte

basal do colmo e menores quanto mais perto do ápice, devido ao aumento da densidade de fibras na parte interna e na redução na espessura da parede, que apresenta internamente menos parênquima e mais fibras (SOUZA, 2014).

#### 2.8.2.2 *Umidade*

De acordo com o Beraldo (2012) citado por Maia (2012), o teor de umidade do bambu no momento do corte pode ser muito elevado, dependendo da época do ano, da espécie e da posição da amostra (base, meio ou ponta). A região da base apresenta maior umidade do que as demais. De uma forma geral, o bambu demora mais a secar do que madeiras com a mesma densidade, pois a perda de umidade na direção transversal às fibras é muito limitada.

Com um ano de idade brotos tem um alto teor de umidade relativa, cerca de 120 a 130%, tanto na parte inferior como na superior. Os nós, no entanto apresentam valores menores do que os entrenós, estas diferenças podem elevar-se a 25% do teor de água e são maiores na base do que no topo. Em colmos de 3 a 4 anos, a base tem teor de umidade mais elevado do que o topo. A umidade através da parede do colmo é maior na parte interna do que na externa (SOUZA, 2014).

Através do método de perda de peso por secagem podemos determinar a quantidade de umidade das amostras para poder realizar os testes físicos e mecânicos. Este tipo de teste tem uma precisão de 1 centésima de grama, e realiza-se num forno a temperaturas de 100C a 105C durante 24 horas o peso é registado a cada 2h para obtermos o comportamento evolutivo (CAEIRO, 2010).

#### 2.8.2.3 *Variações Dimensionais*

Conhecer a estabilidade dimensional é importante para os produtos à base de madeira para evitar deformações indesejáveis. O bambu apresenta variações dimensionais acentuadas quando é sujeito a variação em seu teor de umidade abaixo do ponto de saturação das fibras do ar (em torno de 20%). O bambu começa a se retrair desde o início da secagem, e a higroscopicidade dos extrativos presentes nas células de parênquima é a principal responsável pela absorção de água pelo colmo seco (SOUZA, 2014).

As variações dimensionais do bambu na direção longitudinal-axial são praticamente desprezíveis (inferior a 1%). Entretanto, ao contrário das madeiras, a deformação na direção tangencial (paralela à casca) nem sempre é inferior à deformação na direção radial (centro para a

casca). Essa propriedade também depende da espécie, da idade do colmo e da posição (base, meio e ponta) (MAIA, 2012).

### **2.8.3 Propriedades químicas**

Segundo Souza (2014), a principal característica química do bambu é a presença do amido nas células parenquimatosas. O amido, fórmula  $(C_6H_{10}O_5)_n$ , forma-se como produto da atividade celular dos vegetais clorofilados e serve de reserva alimentar, ele atinge seu máximo nos meses mais secos antes da estação chuvosa e é um grande atrativo a organismos xilófagos.

De maneira semelhante às madeiras, os principais constituintes dos colmos são a celulose, a hemicelulose e a lignina e em quantidades menores as resinas, taninos, ceras e sais inorgânicos. A composição varia de acordo com a espécie, as condições de crescimento, a idade do bambu e a parte do colmo (topo, meio ou base) (MAIA, 2012).

A figura 37 apresenta comparativamente a composição química do bambu com diferentes idades e partes distintas dos seus colmos, conforme ensaio realizado por Xiaobo (2004) citado por Souza (2014), os extrativos solúveis em água quente no bambu incluem os taninos, gomas, açúcares matéria corante e amidos. A idade teve alguns efeitos sobre o teor de extrativos solúveis em água quente, com três anos o bambu teve o maior valor, não houve diferença significativa entre bambu de um e cinco anos. Isso indica que esses extrativos aumentaram de um ano para o ano três e depois diminuiu gradualmente. A altura também influenciou nessa variação, os topos tinham um teor de extrativos significativamente maiores do que a média e base.

### **2.8.4 Métodos de tratamento**

O bambu é uma das matérias-primas mais importantes para países em vias de desenvolvimento. No entanto, a exemplo de outros materiais lignocelulósicos, o bambu, por ser muito vulnerável ao ataque de fungos e insetos, deve receber tratamentos preservativos, que prolonguem sua vida útil (SOUZA, 2014).

De acordo com Caeiro (2010), a eficiência do bambu como material de construção depende principalmente de sua capacidade de resistir a intempéries. A baixa resistência biológica dos colmos é a principal limitação na utilização do bambu como elemento estrutural na construção civil. Os bambus, como as madeiras, estão sujeitos à ação do tempo: sol, água e umidade do ar. Por esse motivo são necessários métodos adequados de tratamento e conservação das varas a

Figura 37 – Composição química do bambu.

Idade (anos)	Parte do colmo	Cinza (%)	Solúveis em água quente (%)	Solúveis em álcool benzeno (%)	Lignina (%)	Holo-celulose (%)	$\alpha$ – celulose (%)
Um	Base	1.82	5.83	3.32	21.98	68.92	46.52
	Meio	1.94	5.07	2.86	22.11	70.84	47.30
	Topo	1.95	5.14	3.48	21.26	71.95	47.51
Três	Base	1.30	6.33	4.17	23.21	68.58	46.21
	Meio	1.36	6.91	4.38	23.95	72.69	46.82
	Topo	1.41	7.43	5.21	23.71	73.82	46.99
Cinco	Base	1.26	4.89	6.61	22.93	69.94	46.08
	Meio	1.30	5.19	6.81	22.97	72.50	47.65
	Topo	1.35	5.84	7.34	23.02	73.65	47.91
Três <sup>1</sup>	Epiderme	4.09	9.19	5.99	22.41	63.14	41.71
	Exterior	0.54	5.26	3.15	24.30	69.94	49.02
	Meio	0.65	7.25	4.25	21.79	65.84	45.08
	Interior	0.88	9.33	5.78	22.57	64.54	42.84

Três<sup>1</sup> a porção inferior do bambu com três anos de idade foi utilizada para determinar o efeito da camada horizontal sobre a composição química do bambu.

Fonte: (SOUZA, 2014)

serem utilizadas.

#### 2.8.4.1 1ª Imersão

Mediante Caeiro (2010), colmos frescos são colocados verticalmente em recipientes com uma solução concentrada de 5 a 10% de preservante à base de água. Neste processo é usual ver gotas nos nós quando a solução chega à sua saturação, este tratamento varia entre 7 a 14 dias dependendo da altura e espessuras das paredes da planta. A absorção dos líquidos é notória nos primeiros dias e deve ser repostos de modo que a planta tenha sempre material para absorver. É um método econômico e sem tecnologia relevante.

#### 2.8.4.2 2ª Difusão

os colmos recentemente cortados, contêm uma elevada quantidade de umidade (considere-se quase um 80 a 90%), são submergidos numa solução de água com preservante durante um período suficiente para alcançarem uma absorção adequada das fibras linfáticas.

Oscila entre 10 a 20 dias e é considerado por muitos produtores e consumidores com resultados satisfatórios. Como a capa de sílica que protege o bambu na sua extremidade dificulta muito a penetração da solução, opta-se por fazer pequenos buracos junto do diafragma para que o líquido possa impregnar o bambu desde o seu interior; nos bambus cortados pode-se também furar os diafragmas utilizando uma vara de metal por uma extremidade Caeiro (2010).

#### 2.8.4.3 3º *Boucherie*

Criado pelo francês M.A. Boucherie, o bambu acabado de cortar com folhas e ramagens em alguns casos é sujeito a uma saturação de solução preservante por injeção no interior das varas, realiza-se por gravidade colocando um recipiente mais alto que o bambu a tratar, conectado por mangueiras ao extremo do bambu e colocando um receptáculo para a recuperação do líquido, na extremidade oposta (CAEIRO, 2010).

Conforme Souza (2014), este método evoluiu para pressão por bomba, desde a mais simples como uma pedaleira de bicicleta que reduz o tempo de cura, a processos industriais com bombas eléctricas e a gasolina. Estas melhorias permitem acelerar o processo de dias para horas, com pressões de 2kg/cm<sup>2</sup>. Primeiramente injecta-se uma solução espessa que passa pelas fibras e sai na outra extremidade e seguidamente outra mais diluída para limpeza e para garantir uma correcta imunização. Tem resultados muito eficazes, contudo ainda é uma método caro de utilizar.

#### 2.8.4.4 4º *Cura pela ação de fumaça*

Nesse tipo de tratamento os colmos de bambu são expostos a fumaça, tornando-os enegrecidos. Devido a ação do calor e da fumaça, provavelmente se formem substancias tóxicas nas superfícies externas dos colmos, além da degradação do amido, tornando os colmos menos atraentes aos carunchos. O inconveniente desse tipo de tratamento é a maior tendência de ocorrer rachaduras nos colmos (MARÇAL; AMBIENTAL, 2008).

### 2.8.5 *Vantagens e Desvantagens*

#### 2.8.5.1 *Vantagens*

Segundo Lemos (2019), o bambu possui várias vantagens que o tornam uma ótima alternativa para ser utilizada na construção civil como os exemplos listados a seguir:

- É leve, forte e versátil;
- Alta resistência a tração e compressão;
- Resistência à tração: O bambu tem maior resistência à tração do que o aço, porque suas fibras são executadas axialmente;
- Resistência ao Fogo: A capacidade do bambu para resistir ao fogo é muito alta e pode suportar temperaturas de até 4000C. Isso se deve à presença de alto valor de ácido silicato e água;
- Elasticidade: O bambu é amplamente preferido em regiões propensas a terremotos devido às suas características elásticas;
- Ao contrário de outros materiais de construção como cimento e amianto, o bambu não representa perigo para a saúde;
- Eles são econômicos e fáceis de usar;
- Peso do bambu: Os bambus, devido ao seu baixo peso, são facilmente deslocados ou instalados, facilitando muito o transporte e a construção;
- É um excelente isolante térmico e acústico;
- É mais barato que materiais convencionais;
- É um material natural renovável de rápido crescimento;
- É um material disponível e ecológico;
- É uma alternativa viável para o aço, concreto e alvenaria;
- É rentável e fácil de trabalhar;
- Pode ser facilmente curvado para adquirir a forma desejada;
- Sua enorme elasticidade o torna um material de construção muito útil em áreas com riscos muito altos de terremotos.

#### 2.8.5.2 *Desvantagens*

Mediante Lemos (2019), apesar de suas diversas vantagens, ainda sim existe desvantagens em seu uso na construção civil, algumas podem ser resolvidas através de tratamentos ou formas alternativas, a seguir segue algumas desvantagens:

- Baixa resistência a forças cortantes;
- Não possui norma brasileira;
- Encolhimento - O bambu encolhe muito mais do que qualquer outro tipo de madeira, especialmente quando perde água;

- Durabilidade - bambu é submetido a ataque de fungos, insetos; Por esse motivo, estruturas de bambu não tratadas são vistas como temporárias com uma expectativa de vida não superior a 5 anos;
- Ligações - embora existam muitas técnicas de ligações, sua eficiência estrutural é questionável;
- Propenso a pegar fogo muito rápido pelo atrito entre o colmo;
- A grande variação de formas e resistências.



### 3 APLICAÇÃO DO BAMBU

Por causa das várias características já mencionadas anteriormente no presente trabalho, o bambu mostra-se um material de grande versatilidade. O bambu é de fácil trabalhabilidade, é econômico e pode ter várias aplicações nas mais inúmeras áreas da construção.

O bambu pode ser usado na indústria do álcool, onde é aproveitado o corte do talo; indústria de celulose, na fabricação de papel; indústria alimentícia, usando brotos de várias espécies de bambu; construção civil, como material de construção tanto de uso estrutural como não estrutural; conservação de ecossistemas, utilizando quebra-ventos; ajudando no aumento de água de nascentes, pela capacidade de retenção das raízes ou rizomas e o combate à erosão, com o plantio em encostas de espécies de grande crescimento; no artesanato, na fabricação de cestos, esteiras, varas de pescar, bijuterias e objetos decorativos; na movelaria; na irrigação e drenagem; em embarcações; uso medicinal, utilizado como febrífugo, anti-hemorragico, calmante e para problemas digestivos. Pode ser usado também para ornamentação e paisagismo (MAIA, 2012).

O bambu tem muitas aplicações tanto no meio urbano como no meio rural. No que diz respeito ao uso do bambu como material de construção nas cidades, têm vários exemplos importantes espalhados pelo Brasil e restante do mundo. Mas gostaria de ressaltar um restaurante feito só com bambu na minha terra natal ( São Tomé e Príncipe ).

Dentro de um hotel de luxo, no golfo da Guiné, está um restaurante feito de bambu que ressalta, mais uma vez, a riqueza deste material. Construído pelo escritório de arquitetura francês *D.L.2.A (Didier Lefort Architectes Associés)*, chama atenção pela beleza e ainda mais pela rapidez da obra: a estrutura foi montada à mão e apenas cinco semanas foram necessárias para que tudo ficasse pronto e é importante salientar que muitas técnicas acima citadas foram utilizadas no decorrer da obra.

Não bastasse os materiais serem de baixo impacto ambiental, a inspiração para a arquitetura é também bastante peculiar. Isso porque o restaurante foi construído em forma de peixe com uma espinha ondulante, o desenho vai desde a cabeça (com os dentes à mostra) até a cauda. Toda a estrutura é composta por arcos de bambu de várias dimensões e fixados com laços naturais e presos com parafusos. A extensão do espaço é de 24 metros e pode acomodar até 100 pessoas.

Com tanto primor na construção, o design interior não poderia deixar a desejar. Quase toda a área interna é decorada com o artesanato local, como os móveis e lustres trançados de bambu. A escolha evidencia mais um exemplo da beleza do material natural aplicado na

construção civil.

Figura 38 – Restaurante na ilha do Príncipe.



Fonte: (CICLOVIVO, 2019)

Figura 39 – Restaurante na ilha do Príncipe.



Fonte: (CICLOVIVO, 2019)

#### **4 RESULTADOS**

Na necessidade de encontrar materiais que causassem menos prejuízos ao meio ambiente, pensou-se no bambu como alternativa, uma vez que o material em estudo é renovável, de baixo custo, apresenta uma boa resistência, se mostrando uma ótima alternativa para uso em obras de construção civil, podendo ser aplicado aos mais diferentes sistemas construtivos, sendo o mesmo uma alternativa viável, comparado com outros materiais de construção por ser renovável, de rápido crescimento, baixo custo de produção, baixo peso próprio e alta resistência mecânica, sendo que essas características o torna um material sustentável.

## 5 CONCLUSÃO E SUGESTÃO DE PESQUISA

Tendo por base todas as vantagens que o bambu pode trazer para construção civil, é de extrema importância que continuem as pesquisas neste ramo, agregando tecnologia, novas técnicas construtivas ao uso deste material, aumentando assim a sua eficácia e eficiência.

No quesito ao desempenho, o bambu apresentou ótima resistência mecânicas e físicas podendo ser utilizado em várias etapas do processo construtivo, na eficiência ambiental, o bambu mostrou-se viável para solucionar o problema de impacto ao meio ambiente porque é um material não poluente, na sustentabilidade, o bambu por ser um material renovável, o mesmo pode manter a harmonia entre a construção e o meio ambiente e na inovação, com o avanço da tecnologia é sempre bom incorporar o uso de novos materiais de construção civil.

E é devido a essa ampla aplicação que os estudos com este material têm ganhado maior importância na atualidade e com isso surge a necessidade de incentivar mais estudos, pesquisas e trabalhos como este.

Pode ser visto que o bambu possui um grande potencial, porém sua cultura, sua utilização e o desenvolvimento de pesquisas são encontrados na maioria em países orientais, embora mais recentemente no Ocidente uma maior atenção venha sendo dedicada. Nesse sentido a bibliografia nacional é muito escassa, se restringindo muitas vezes em teses universitárias e pouquíssimos livros. Portanto, espera-se que o presente trabalho possa contribuir positivamente com futuras pesquisas ou informações sobre esta gramínea.

O intuito desse trabalho foi investigar a potencialidade do bambu como material de construção civil, sendo que o bambu mostrou-se ter um grande potencial a ser explorado, necessitando de mais pesquisas e incentivos tanto para sua utilização como natural ou processado.

## REFERÊNCIAS

- AVILA, M. A. **Tipos de Bambu Ornamental: Para jardins, Vasos e Construção-TC**. 2019. (acessado em: 18.08.2020). Disponível em: <<https://www.totalconstrucao.com.br/tipos-de-bambu/>>.
- AZEVEDO, G. O. D. d.; KIPERSTOK, A.; MORAES, L. R. S. Resíduos da construção civil em salvador: os caminhos para uma gestão sustentável. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, SciELO Brasil, v. 11, n. 1, p. 65–72, 2006.
- BAMBOO, G. **Bambusa polymorpha - Guadua Bamboo**. 2007. (acessado em: 21.09.2020). Disponível em: <<https://www.guadubamboo.com/blog/bambusa-polymorpha>>.
- BAMBOO, G. **Gigantochloa Apus - Guadua Bamboo**. 2007. (acessado em: 22.09.2020). Disponível em: <<https://www.guadubamboo.com/blog/gigantochloa-apus>>.
- BAMBU, C. . **Dendrocalamus strictus ou Bambu Ferro | Casa e Bambu**. 2018. (acessado em: 22.09.2020). Disponível em: <<https://blog.casaebambu.com/dendrocalamus-strictus-ou-bambu-ferro+279187>>.
- BAMBUSA.ES. **Características do Bambu**. 2018. (acessado em: 01.09.2020). Disponível em: <<https://bambusa.es/pt-pt/caracteristicas-do-bambu/>>.
- BARBOZA, A. d. S. R.; BARBIRATO, J. C. C.; SILVA, M. M. C. P. Avaliação do uso de bambu como material alternativo para a execução de habitação de interesse social. **Ambiente Construído**, v. 8, n. 1, p. 115–129, 2008.
- BOOGAARD, R. V. d. **Estudo da viabilidade técnica do uso do bambu laminado colado na construção civil**. Dissertação (B.S. thesis) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2016.
- CAEIRO, J. G. d. M. **Construção em bambu**. Tese (Doutorado) — Faculdade de Arquitectura de Lisboa, 2010.
- CARBONARI GILBERTO E JUNIOR, N. S. e. P. N. H. e. A. C. H. e. S. M. F. e. A. C. C. V. e. o. **Bambu - o aço vegetal**. **Mix Sustent 'a vel**, v. 3, n. 1, p. 17–25, 2017.
- CICLOVIVO. **Restaurante de bambu é construído em 5 semanas na ilha do Príncipe**. 2019. (acessado em: 31.03.2021). Disponível em: <<https://ciclovivo.com.br/arq-urb/arquitetura/restaurante-bambu-construido-5-semanas/>>.
- CICLOVIVO. **Com bambu e barro, mulheres constroem centro para pessoas com deficiência**. 2020. (acessado em: 20.11.2020). Disponível em: <<https://ciclovivo.com.br/arq-urb/arquitetura/bambu-barro-mulheres-centro-deficiencia/>>.
- DRUMOND, P. M.; WIEDMAN, G. **Bambus no brasil: da biologia à tecnologia**. **Embrapa Acre-Livro técnico (INFOTECA-E)**, Rio de Janeiro: Instituto Ciência Hoje, 2017., 2017.
- EFFTING, E. d. F. **Construção civil sustentável: um estudo sobre a utilização do bambu**. **Engenharia Civil-Pedra Branca**, 2017.
- HAOULI, J. S. **Estudo da construção sustentável utilizando o bambu**. 2018.



- HEARTWOOD. **Phyllostachys pubescens(Syn.Edulis) Moso Bamboo**. 2020. (acesado em: 24.09.2020). Disponível em: <<https://heartwoodseeds.co.uk/products/phyllostachys-pubescens-edulis-moso-bamboo-20-seeds>>.
- LAND, B. **Gigantochloa levis | Bamboo Land**. 2014. (acesado em: 22.09.2020). Disponível em: <<https://www.bambooland.com.au/gigantochloa-levis>>.
- LEMOS, S. R. Análise experimental da aplicação do bambu bambusa vulgaris vittata na construção civil. 2019.
- MAIA, C. L. Uso do bambu como material de construção. 2012.
- MANHÃES, A. P. Caracterização da cadeia produtiva do bambu no brasil: abordagem preliminar. 2008.
- MARÇAL, V. H. S.; AMBIENTAL, C. E. Uso do bambu na construção civil. **Projeto final em Engenharia Civil e Ambiental. Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília. Brasília**, 2008.
- MATA, S. da. **Bambu Gigante (Dendrocalamus Giganteus)**. 2017. (acesado em: 19.09.2020). Disponível em: <<https://www.sitiodamata.com.br/bambu-gigante-d-giganteus-1>>.
- MATA, S. da. **Bambu Guadua (Guadua angustifolia)**. 2017. (acesado em: 19.09.2020). Disponível em: <<https://www.sitiodamata.com.br/bambuparapaisagismo-bambu-guadua-angustifolia>>.
- MIX, C. **Como Plantar Bambu**. 2012. (acesado em: 01.09.2020). Disponível em: <<https://flores.culturamix.com/dicas/como-plantar-bambu>>.
- NATURALISTA. **Bambú (Guadua aculeata).NaturaLista**. 2016. (acesado em: 19.09.2020). Disponível em: <<https://www.naturalista.mx/taxa/287909-Guadua-aculeata>>.
- OLIVEIRA, L. F. A. de. Conhecendo bambus e suas potencialidades para uso na construção civil. UFMG, 2013.
- OLIVEIRA, M. F. A. d. *et al.* Propriedades físico-mecânicas das espécies de bambu phyllostachys aurea e bambusa tuldoides termorretrificadas. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2012.
- PADOVAN, R. B. O bambu na arquitetura: desing de conexões estruturais. Universidade Estadual Paulista (UNESP), 2010.
- PIXELS. **Bambusa vulgaris**. 2020. (acesado em: 21.09.2020). Disponível em: <<https://pixels.com/featured/bambusa-vulgaris-vittata-nicole-riley.html?product=greeting-card>>.
- PLANTEDROOTS. **Bambusa Balcooa | Árvore de Bambu**. 2019. (acesado em: 13.09.2020). Disponível em: <<https://plantedroots.co.za/shop/bamboo-trees/bambusa-balcooa/>>.
- PLANTS, U. T. **Bambusa Tulda -Plantas tropicais úteis**. 2014. (acesado em: 21.09.2020). Disponível em: <<http://tropical.theferns.info/viewtropical.php?id=Bambusa+tulda>>.
- QUINTERO, C. A. S.; SILVEIRA, W. J. da C. Desenvolvimento de uma ligação estrutural para construção com bambu guadua. **MIX Sustentável**, v. 2, n. 1, p. 98–106, 2016.

- RESEARCHGATE. **Estrutura do Bambu**. 2004. (acessado em: 31.08.2020). Disponível em: <[https://www.researchgate.net/figure/Figura-4-Estrutura-do-Bambu-Fonte-NMBA-2004\\_fig20\\_331260302](https://www.researchgate.net/figure/Figura-4-Estrutura-do-Bambu-Fonte-NMBA-2004_fig20_331260302)>.
- RIBAS, R. P. **Bambu: planta de grande potencial no desenvolvimento sustentável**. 2010.
- SANTOS, R. L. dos; SANTANA, J. C. O. Materiais de construção sustentáveis em empreendimentos de habitação de interesse social financiados pelo pmcmv. **Mix Sustentável**, v. 3, n. 3, p. 53–62, 2017.
- SEMENTES, A. **Giant Thorny Bamboo Seeds, Bambusa arundinacea**. 2020. (acessado em: 13.09.2020). Disponível em: <<https://www.asklepios-seeds.de/gb/bambusa-arundinacea-seeds.html>>.
- SILVA, R. d. C. O bambu no brasil e no mundo. **Goiânia: Embambu**, 2005.
- SOUZA, A. M. d. **Os diversos usos do bambu na construção civil**. Dissertação (B.S. thesis) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2014.
- SUSTENTARQUI. **Centro comunitário de bambu e terra em Bangladesh ganha premio obel 2020**. 2020. (acessado em: 20.11.2020). Disponível em: <<https://sustentarqui.com.br/centro-comunitario-de-bambu-e-taipa-de-pilao-em-bangladesh-ganha-premio-obel-2020/>>.
- UGREEN. **O Bambu e o seu uso em construções sustentáveis pelo mundo**. 2019. (acessado em: 18.08.2020). Disponível em: <<https://www.ugreen.com.br/bambu/>>.
- ZHÚ, B. **Espécies de bambu | Soluções em bambu | Bambu Zhú**. 2017. (acessado em: 22.09.2020). Disponível em: <<http://bambuzhu.com/bambu-suas-especies-e-potencial/especies-bambu/>>.