UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE ARQUITETURA E URBANISMO – IAU/USP
GRUPO DE PESQUISA EM HABITAÇÃO E SUSTENTABILIDADE – HABIS

CARLOS EDUARDO RADAIAK

Cadeia produtiva do bambu como material construtivo e sua aplicação:
Estudo de caso no Estado de São Paulo

SÃO CARLOS
2018

CADEIA PRODUTIVA DO BAMBU COMO MATERIAL CONSTRUTIVO E SUA APLICAÇÃO:

ESTUDO DE CASO NO ESTADO DE SÃO PAULO

CARLOS EDUARDO RADAIK

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo do Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo – USP para a obtenção do título de mestre em Arquitetura e Urbanismo

Área de concentração
Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia

Orientador
João Marcos de Almeida Lopes

VERSÃO CORRIGIDA

Versão original encontra-se na unidade
que aloja o Programa de Pós-graduação

São Carlos, agosto de 2018

AUTORIZO A REPRODUCAO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO,
POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRONICO, PARA FINS
DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca do Instituto de Arquitetura e Urbanismo
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

R124c Radaik, Carlos Eduardo
 Cadeia produtiva do bambu como material
 construtivo e sua aplicação: Estudo de caso no Estado
 de São Paulo / Carlos Eduardo Radaik; orientador
 João Marcos Almeida Lopes. -- São Carlos, 2018.
 186 p.

 Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação
 em Arquitetura e Urbanismo, Arquitetura, Urbanismo e
 Tecnologia -- Instituto de Arquitetura e Urbanismo,
 Universidade de São Paulo, 2018.

 1. bambu. 2. cadeia produtiva. 3. material
 construtivo. I. Almeida Lopes, João Marcos, orient.
 II. Título.

Bibliotecária responsável pela estrutura de catalogação da publicação de acordo com a AACR2:
Brianda de Oliveira Ordonho Sígolo - CRB - 8/8229

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidato(a): Carlos Eduardo Radaik

Título da dissertação: "Cadeia produtiva do bambu como material construtivo e sua aplicação: estudo de caso no estado de São Paulo".

Data da defesa: 28/05/2018

Orientador: Prof. Dr. João Marcos de Almeida Lopes

Comissão Julgadora:

Resultado:

Prof. Dr. João Marcos de Almeida Lopes
(IAU/USP)

Não votante

Profa. Dra. Akemi Ino
(IAU/USP)

APROVADO

Prof. Dr. Antônio Ludovico Beraldo
(UNICAMP)

APROVADO

Profa. Dra. Juliana Cortez Barbosa
(FEIM/UNESP)

APROVADO

Coordenadora e Presidente da Comissão de Pós-Graduação do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo: Profa. Dra. Cibeles Saliba Rizek.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a DEUS, o Grande Engenheiro e Arquiteto do Universo.

À minha família, que sempre me apoiou, meus pais e meus irmãos.

À minha companheira Agnes, pela sua compreensão e carinho.

Ao Prof. João Marcos de Almeida Lopes, que nos anos de convivência muito me ensinou e me proporcionou a oportunidade da realização deste trabalho.

Aos companheiros do Grupo de Pesquisa HABIS.

Ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo do Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa concedida.

Aos colegas do IAU e da EESC.

A todos aqueles que de alguma forma contribuíram com essa pesquisa, muito obrigado.

“Nós podemos viver sem carne;
Nós não vivemos sem bambu”

Confúcio

RESUMO

RADAIK, Carlos Eduardo. **Cadeia produtiva do bambu como material construtivo e sua aplicação: Estudo de caso no Estado de São Paulo**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2018.

O foco desta pesquisa é o estudo da cadeia produtiva do bambu como material construtivo, investigando atores, atividades e processos. A arquitetura do futuro necessita de novos modelos e materiais construtivos para possibilitar o desenvolvimento sustentável do planeta. A atual demanda habitacional, no Brasil e no mundo, exige do setor da construção civil maior consumo de matérias-primas e, por conseguinte, implicando na elevação da emissão de CO₂ e do consumo de energia. Novos materiais que demandam uma quantidade menor de energia em sua produção e uma menor geração de resíduos estão começando a ocupar posição de destaque na cadeia produtiva da construção civil. Neste contexto, o bambu no formato roliço, entre os materiais construtivos do futuro, por suas qualidades físico-mecânicas, além das ambientais, econômicas e sociais, poderia contribuir de maneira positiva. Arquitetos e construtores, no Brasil e em outras partes do mundo, tem de forma significativa ampliado os usos do bambu, aplicando-o em residências, pavilhões, e até em grandes estruturas. Porém, ainda existe um desconhecimento bastante generalizado sobre seu uso na construção civil. Esta lacuna é ainda maior quando se procura entender a sua cadeia produtiva. A compreensão dos atores, processos e da utilização dos materiais não convencionais, como o bambu, para a concepção projetual, é fundamental para o desenvolvimento do estudante e do profissional, seja ele engenheiro ou arquiteto. O trabalho de campo, juntamente ao referencial teórico estudado, permitiu a compreensão de que a cadeia produtiva do bambu como material construtivo além de não seguir o “padrão” estabelecido na literatura, principalmente com relação aos atores e processos envolvidos diretamente na transformação da matéria-prima, se apresenta de forma desorganizada e frágil, com a concentração de processos em poucos atores, resultando pouca eficiência e dificultando o seu desenvolvimento.

Palavras-chave: bambu, material construtivo, cadeia produtiva.

ABSTRACT

RADAIK, Carlos Eduardo. **Productive chain of bamboo as constructive material and its application: Case study in the State of São Paulo.** Dissertation (Master in Architecture and Urbanism) – Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2018.

The focus of this research is the study of the bamboo productive chain as constructive material, investigating agents, activities and its processes. The architecture of the future needs new models and constructive materials to enable the sustainable development of the planet. The actual housing demand in Brazil and in the world, require from the civil construction sector a larger consumption of raw material and therefore producing a larger emission of CO₂ and energy consumption. New materials that demand a smaller amount of energy and its production and a smaller residual generator are beginning to occupy a prominent position in the productive chain of the civil construction. In this context, the bamboo *in natura* shape is included in the construction materials of the future, because its physical-mechanical component, also environmental, economic and social component that could contribute in a positive manner. Architects and constructors, in Brazil and in other parts of the world, have considerably increased the use of bamboo; using it in residences, warehouses and even in large structures, although there is a widespread ignorance about its use in the civil construction. This gap is even larger when one seeks to understand its productive chain. The comprehension of its agents, processes and the use of non-conventional materials, such as bamboo, for a project conception is fundamental for the student and the professional development, whether an engineer or architect. The fieldwork, along with the theoretical referential studied, allowed the comprehension of the bamboo productive chain as a constructive material, besides to not follow the established “standard” in the literature, mainly with the relationship between agents and its processes involved directly in the transformation of the raw material, it presents in a unorganized and frail form, with a concentration of processes within few agents, resulting in little efficiency and hindering its development.

Keywords: bamboo, constructive material, productive chain

RESUMEN

RADAIK, Carlos Eduardo. **Cadena productiva del bambú como material constructivo y su aplicación: Estudio de caso en el Estado de São Paulo**. Disertación (Maestría en Arquitectura y Urbanismo) – Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2018.

El enfoque de esta investigación es el estudio de la cadena productiva del bambú como material constructivo, investigando actores, actividades y procesos de la misma. La arquitectura del futuro necesita nuevos modelos y materiales constructivos para posibilitar el desarrollo sostenible del planeta. La actual demanda habitacional, en Brasil y en el mundo, exige del sector de la construcción mayor consumo de materias primas y, por consiguiente, generando mayor emisión de CO₂ y consumo de energía. Nuevos materiales que demandan una menor cantidad de energía en su producción y una menor generación de residuos están empezando a ocupar una posición destacada en la cadena productiva de la construcción civil. En este contexto, el bambú rollizo, entre los materiales constructivos del futuro, por sus calidades físico-mecánicas, además de las ambientales, económicas y sociales, podría contribuir de manera positiva. Arquitectos y constructores, en Brasil y en otras partes del mundo, han ampliado de forma significativa los usos del bambú, aplicándolo en residencias, pabellones, inclusive en grandes estructuras. Sin embargo, todavía existe un desconocimiento bastante generalizado sobre su uso en la construcción civil. Esta vacía es aún más grande cuando se intenta entender su cadena productiva. La comprensión de los actores, procesos y la utilización de los materiales no convencionales, como el bambú, para la concepción del proyecto, es fundamental para el desarrollo del estudiante y del profesional, ya sea ingeniero o arquitecto. El trabajo de campo, junto al referencial teórico estudiado, permitió la comprensión de que la cadena productiva del bambú como material constructivo además de no seguir el "patrón" establecido en la literatura, principalmente con relación a los actores y procesos involucrados directamente en la transformación de la materia prima, se presenta de forma desorganizada y frágil, con la concentración de procesos en pocos actores, resultando poco eficiente y dificultando su desarrollo.

Palabras clave: bambú, material constructivo, cadena productiva.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01	Distribuição geográfica dos bambus lenhosos no mundo	29
Figura 02	Partes do bambu	32
Figura 03	Partes do colmo	33
Figura 04	Representação do broto e do colmo adulto em corte	33
Figura 05	Broto de bambu inteiro e em corte	34
Figura 06	Rizoma do tipo paquimorfo	35
Figura 07	Moita ou touceira	35
Figura 08	Rizoma do tipo paquimorfo alongado	36
Figura 09	<i>Guadua angustifolia</i> bicolor	36
Figura 10	Rizoma do tipo leptomorfo	37
Figura 11	<i>Phyllostachys pubescens</i>	37
Figura 12	Contenção de bambu alastrante com manta divisória	38
Figura 13	Vala para contenção de bambu alastrante na China	39
Figura 14	Seção transversal de um colmo – Variação da concentração das fibras	40
Figura 15	Modelo geral de Cadeia Produtiva	44
Figura 16	Modelo de Cadeia Produtiva do bambu como material construtivo	48
Figura 17	Viveiro de mudas	50
Figura 18	Campo de propagação	51
Figura 19	Reprodução por rizoma – bambus paquimorfos ou entouceirantes	52
Figura 20	Pedaco de colmo com rizoma – <i>Bambusa tuldoidea</i>	52
Figura 21	Muda plantada – <i>Bambusa tuldoidea</i>	53
Figura 22	Retirada de ramo lateral – <i>Dendrocalamus</i> sp. – UNESP Bauru	54
Figura 23	Ramos laterais – <i>Dendrocalamus</i> sp.	54
Figura 24	Mudas de ramos laterais em sacos plásticos – <i>Dendrocalamus</i> sp.	54
Figura 25	Mudas de ramos laterais em berço de propagação – <i>Dendrocalamus</i> sp.	54
Figura 26	Pedaco de colmo com ramo lateral – <i>Dendrocalamus</i> sp.	55
Figura 27	Pedaco de colmo com ramo lateral – <i>Bambusa vulgaris</i> var. <i>vittata</i>	55
Figura 28	Mudas de segmento de colmo em sacos plásticos – <i>Dendrocalamus</i> sp.	56
Figura 29	Mudas de segmentos de colmo em berço de propagação – <i>Dendrocalamus</i> sp.	56
Figura 30	Formação dos <i>chusquines</i>	57
Figura 31	Destorroamento da muda	57
Figura 21	Separação dos brotos ou <i>chusquines</i>	57
Figura 33	Plantio dos brotos em sacos plásticos	57
Figura 34	Torrões de mudas de <i>Phyllostachys pubescens</i> – Fazenda dos Bambus, Pardinho/SP	58
Figura 35	Poda de ramos laterais em muda de <i>Phyllostachys pubescens</i> – Fazenda dos Bambus	58
Figura 36	Plantio finalizado de mudas de <i>Phyllostachys pubescens</i> – Fazenda dos Bambus	59
Figura 37	Pesquisa em micropropagação de bambu – UFSC	60
Figura 38	Plantio consorciado <i>Guadua angustifolia</i> e Tambor – Colômbia	63
Figura 39	Abertura da cova	65
Figura 40	Mistura da terra de cima com a adubação	65
Figura 41	Plantio da muda e finalização	66
Figura 42	Registro da idade dos colmos através de marcação – <i>Dendrocalamus</i> sp. – UNESP Bauru	68
Figura 43	Touceira antes e depois do manejo – Fazenda dos Bambus, Pardinho/SP	69
Figura 44	Touceira manejada, coroamento e desrama – <i>Bambusa vulgaris</i> – Fazenda Ressacada – UFSC	70
Figura 45	Marcação dos colmos – <i>Dendrocalamus</i> sp.– UNESP Bauru	71
Figura 46	Trabalhador colombiano em guadual com EPI – Colômbia	74
Figura 47	Corte de colmo, certo e errado	75
Figura 48	Corte em bisel – 1º lado	76
Figura 49	Corte do colmo em bisel – 2º lado	76
Figura 50	Remoção de ramos laterais	78

Figura 51	Limpeza externa do colmo	78
Figura 52	Limpeza externa do colmo com uso de lavadora de alta pressão	78
Figura 53	Perfuração dos diafragmas do colmo	79
Figura 54	<i>Dinoderus minutus</i> - “caruncho do bambu” imagem do inseto (e) e pedaço de colmo atacado (d)	80
Figura 55	<i>Chlorophorus annularis</i> – “tigre asiático”	81
Figura 56	Tratamento de <i>Dendrocalamus</i> sp.	82
Figura 57	Tratamento de <i>Bambusa tuldooides</i>	82
Figura 58	Tanque escavado no terreno e revestido com manta PEAD	84
Figura 59	Tanque em alvenaria	84
Figura 60	Tanque feito de tambor metálico	85
Figura 61	Preparo da solução preservativa em água morna	86
Figura 62	Tratamento dos colmos imersos na solução aquecida	86
Figura 63	Método Boucherie modificado – <i>Dendrocalamus</i> sp	87
Figura 64	Método Boucherie modificado portátil	88
Figura 65	Tratamento de bambu em autoclave	90
Figura 66	Método de injeção nos entrenós	91
Figura 67	Teste colorimétrico para detecção de boro	93
Figura 68	Cavalete para secagem do bambu pós-tratamento – 1ª etapa	94
Figura 69	Secagem dos colmos gradeados – 2ª etapa	95
Figura 70	Uso efetivo do colmo de bambu	96
Figura 71	Partes de um colmo de <i>Guadua angustifolia</i>	97
Figura 72	Classificação dos colmos quanto a linearidade	98
Figura 73	Venda de <i>Guadua</i> em <i>home center</i> na Colômbia	100
Figura 74	Detalhe do apoio do pilar e beiral – Simón Vélez	102
Figura 75	Distribuição Geográfica de área cultivada e número de produtores, 2007/2008	105
Figura 76	Centro Max Feffer – Cultura e Sustentabilidade – Pardinho/SP	113
Figura 77	Chegada da primeira carga de bambus – Pardinho/SP	116
Figura 78	Elevação transversal	118
Figura 79	Croqui esquemático da mão francesa	118
Figura 80	Croquis cobertura – ligações colmos	119
Figura 81	Reforço de ligação resistente a fendilhamento	119
Figura 82	Execução da estrutura	120
Figura 83	Execução da estrutura	120
Figura 84	Fachada Oeste – Sinais de deterioração da casca do colmo	122
Figura 85	Espaço Casa Bela Buffet	125
Figura 86	Detalhe treliça em bambu	128
Figura 87	Detalhe ligação treliça (e), e extremidade inferior do pilar (d).	129
Figura 88	Espaço Casa Bela Buffet – montagem da estrutura de bambu	130
Figura 89	Pilar esmagado na região de apoio da diagonal	131
Figura 90	Pilar com colmos apresentando aberturas longitudinais e aplicação de abraçadeiras metálicas	13
Figura 91	Peças deformadas	132
Figura 92	Detalhe ponta do banzo deteriorada	133
Figura 93	Galpão oficina da Associação Agroecológica Viverde	135
Figura 94	Elevação pórtico	138
Figura 95	Ensaio das ligações: compressão (e) e tração (d)	139
Figura 96	Montagem das vigas triplas (banzos superiores)	140
Figura 97	Montagem dos pórticos em gabarito	141
Figura 98	Início da montagem dos pórticos	141
Figura 99	Aspecto da fachada antes (e) e depois (d)	142
Figura 100	Aspecto das peças do pilar (diagonais) de fachada	143
Figura 101	Aspecto das terças na fachada	144
Figura 102	Aspecto interno do galpão/oficina	145
Figura 103	Vista geral do Centro Comunitário de Cambury	147

Figura 104	Tanque de tratamento	149
Figura 105	Treliça de cobertura	150
Figura 106	Detalhe do enchimento do entrenó – Pré-fabricação das treliças	151
Figura 107	Montagem da estrutura – edificação principal	152
Figura 108	Montagem da estrutura – edificação lateral	153
Figura 109	Detalhe pilares após manutenção	154
Figura 110	Edificação principal – fachada Oeste	155
Figura 111	Detalhe diagonal de treliça rompida	155
Figura 112	Vista geral – fachada principal	157
Figura 113	Limpeza e pré-tratamento dos colmos	159
Figura 114	Furação e injeção da solução preservativa	160
Figura 115	Bambus em varal para secagem	160
Figura 116	Maquete de varetas de bambu	162
Figura 117	Estrutura em execução	162
Figura 118	Rachadura em colmo a partir de ligação do tipo “boca de pescado”	163
Figura 119	Ligação bambu-pilar com parafuso	164
Figura 120	Peça estrutural falhada	164
Figura 121	Vista interna da estrutura evidenciando o bom estado da mesma	165

LISTA DE SIGLAS

AIS	Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica
APROBAMBU	Associação Brasileira dos Produtores de Bambu
BambuSC	Associação Catarinense do Bambu
BLC	Bambu Laminado Colado
BTSBG	Bamboo Technical Support Group
CRBC	China Research Bamboo Center
CATI	Coordenadoria de Assistência Técnica Integral
CCT	Centro de Capacitação Tecnológica
CO ₂	Dióxido de carbono ou gás carbônico
CPAB	Centro de Pesquisa e Aplicação e Aplicação de Bambu e Fibras Naturais
CPFL	Companhia Paulista de Força e Luz
DECA	Departamento de Engenharia Civil e Ambiental
DEES	Departamento de Engenharia de Estruturas
DER	Departamento de Estradas de Rodagem
DIR	Difusão por Imersão Horizontal
EA	Escola de Agronomia
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EPI	Equipamentos de proteção individual
EESC	Escola de Engenharia de São Carlos
FAAC	Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação
FAU	Faculdade de Arquitetura e Urbanismo
FEAGRI	Faculdade de Engenharia Agrícola
FEB	Faculdade de Engenharia de Bauru
FEIM	Faculdade de Engenharia Industrial Madeireira
HABIS	Grupo de Pesquisa em Habitação e Sustentabilidade
GIEM	Grupo Interdisciplinar de Estudos da Madeira
GTT	Grupo Técnico de Trabalho
IAU	Instituto de Arquitetura e Urbanismo
INBAR	International Network for Bamboo and Rattan
KFRI	Kerala Forest Research Institute
LaMEM	Laboratório de Madeiras e de Estruturas de Madeira
MCTIC	Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações
NAP BioSMat	Núcleo de Pesquisa em Materiais para Biosistemas
NMBA	National Mission Bamboo Application
NSR	Norma Sismo Resistente
NR	Norma Regulamentadora
O ₂	Gás oxigênio

ONG	Organizações Não Governamentais
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
PNMCB	Política Nacional de Incentivo ao Manejo Sustentado e ao Cultivo do Bambu
PRONAF	Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar
PROEX	Pró-Reitoria de Extensão Universitária
PUC-Rio	Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro
SENAI	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
SENA	Servicio Nacional de Aprendizaje
TCBC	Tecnologias Construtivas de Baixo Carbono
UFAC	Universidade Federal do Acre
UFAL	Universidade Federal de Alagoas
UFG	Universidade Federal de Goiás
UFPB	Universidade Federal da Paraíba
UFLA	Universidade Federal de Lavras
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
UFRPE	Universidade Federal Rural de Pernambuco
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
UnB	Universidade de Brasília
UNESP	Universidade Estadual Paulista
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas
UNIDO	United Nations Industrial Development Organization
UNISOL	Universidade Solidária
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
USP	Universidade de São Paulo
VPU	Velocidade do Pulso Ultrassônico

SUMÁRIO

	APRESENTAÇÃO	21
1.	INTRODUÇÃO	23
1.1	Objetivo geral	25
1.1.1	Objetivos específicos	25
2.	O BAMBU: DA PLANTA AO MATERIAL CONSTRUTIVO	27
2.1	Bambu	27
2.1.1	A planta	29
	Colmo	30
	Rizomas e raízes	32
2.1.2	O material	37
2.1.3	Cultura construtiva com o bambu	39
2.2	Cadeia Produtiva	41
2.3	Cadeia produtiva do bambu como material construtivo	46
2.3.1	Fornecedores de insumos	46
	Adubos e fertilizantes	46
	Defensivos	47
	Corretivos	47
	Sementes e mudas	48
	Máquinas e equipamentos	58
2.3.2	Propriedade agrícola	59
	Plantio	59
	Manejo	64
	Colheita dos colmos	69
2.3.3	Agroindústria	74
	Pré-beneficiamento	75
	Beneficiamento	77
2.3.4	Comércio atacadista e varejista	
2.3.5	Mercado consumidor	
2.3.6	Transformação	99
2.3.7	Ambiente institucional	100

	Leis de incentivo	100
2.3.8	Ambiente organizacional	102
	Órgãos do Governo	102
	Agências de crédito e financiamento	104
	Universidades	104
	Centros de pesquisa	105
	Agências credenciadoras e/ou certificadoras	106
3.	METODOLOGIA	107
3.1	Materiais e métodos	107
3.1.1	Análise da cadeia produtiva	107
	Coleta de dados	107
	Análise dos dados	108
3.1.2	Entrevistas	108
	Coleta de dados	108
	Análise dos dados	108
4.	ESTUDO DE CASO	111
4.1	Centro Max Feffer – Cultura e Sustentabilidade	111
4.1.1	Dados da obra	112
4.1.2	Ficha técnica	112
4.1.3	Análise da estrutura principal	112
	O bambu	112
4.1.4	Concepção estrutural	115
4.1.5	Execução da estrutura	118
4.1.6	Patologias pós-ocupação	119
4.2	Espaço Casa Bela Buffet	123
4.2.1	Dados da obra	123
4.2.2	Ficha técnica	124
4.2.3	Análise da estrutura principal	124
	O bambu	124
4.2.4	Concepção estrutural	125
4.2.5	Execução da estrutura	127
4.2.6	Patologias pós-ocupação	128

4.3	Galpão Oficina da Associação Agroecológica Viverde – Assentamento Rural Horto de Aimorés	133
4.3.1	Dados da obra	133
4.3.2	Ficha técnica	134
4.3.3	Análise da estrutura principal	134
	O bambu	134
4.3.4	Concepção estrutural	135
4.3.5	Execução da estrutura	137
4.3.6	Patologias pós-ocupação	140
4.4	Centro Comunitário de Cambury	145
4.4.1	Dados da obra	146
4.4.2	Ficha técnica	146
4.4.3	Análise da estrutura principal	147
	O bambu	147
4.4.4	Concepção estrutural	148
4.4.5	Execução da estrutura	149
4.4.6	Patologias pós-ocupação	151
4.5	Casa do Artesão de Piracaia	155
4.5.1	Dados da obra	155
4.5.2	Ficha técnica	156
4.5.3	Análise da estrutura principal	156
	O bambu	156
4.5.4	Concepção estrutural	159
4.5.5	Execução da estrutura	159
4.5.6	Patologias pós-ocupação	161
4.6	Quadro Resumo – Estudos de caso	164
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	165
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	169
7.	ANEXOS	179

APRESENTAÇÃO

O presente texto é o resultado da pesquisa de mestrado intitulada “Cadeia produtiva do bambu como material construtivo e sua aplicação: estudo de caso no Estado de São Paulo”. Este projeto teve como objetivo principal investigar atores, processos e sistemas capazes de articular as diversas abordagens no estudo e na estruturação da cadeia produtiva do bambu como material construtivo.

O estudo insere-se ainda nas estratégias gerais de produção científica do Grupo de Pesquisa em Habitação e Sustentabilidade (HABIS), que vem trabalhando em propostas que buscam alternativas que utilizem Tecnologias Construtivas de Baixo Carbono (TCBC) com materiais considerados não convencionais.

Esta dissertação, que faz parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo, apresenta a seguinte estrutura:

- a) Introdução: visa, a partir de uma abordagem geral, contribuir para a atual reflexão em torno das diferentes leituras que vem sendo efetuadas sobre o uso do bambu como material construtivo, a partir da análise de sua cadeia produtiva, além de apresentar os questionamentos deste estudo, o objetivo geral e os específicos;
- b) Síntese da bibliografia fundamental: procura apresentar de forma resumida os conceitos e reflexões do memorial de qualificação, substanciada pela bibliografia acessada e pelas discussões do grupo HABIS;
- c) Metodologia: aponta o tipo de pesquisa que foi desenvolvida e os materiais e métodos planejados para a coleta e análise dos dados. Pretende-se, com isso, responder as questões do estudo, assim apresentar como os objetivos poderiam ser alcançados;
- d) Estudo de Caso: aborda as obras que foram estudadas no escopo desta dissertação, com a justificativa da escolha dos casos selecionados e dos atores envolvidos na cadeia produtiva do bambu como material construtivo;
- e) Considerações finais: são expostas as pretensões da pesquisa e as contribuições que esta pode trazer para o campo de estudos da arquitetura e da engenharia civil, no fomento das

discussões sobre a utilização do bambu como material construtivo, considerando o potencial que o Brasil possui para produção e utilização dessa matéria-prima.

1. INTRODUÇÃO

A arquitetura do futuro carece de novos modelos e materiais construtivos para possibilitar o desenvolvimento sustentável do planeta. A atual demanda habitacional, no Brasil e no mundo, exige do setor de construção civil maior consumo de matérias-primas e, por conseguinte, maior emissão de gás carbônico (CO₂) e consumo de energia de origem fóssil.

O crescimento populacional exige uma mudança cultural nas pessoas, seja pela conscientização com relação ao desperdício de recursos naturais, buscando um menor consumo, seja pela aceitação de novos materiais construtivos. Para que isso ocorra torna-se necessário o desenvolvimento de pesquisa e comprovação pelo meio científico e reconhecimento pelo meio técnico.

Esta é uma realidade para se alcançar o desenvolvimento de maneira sustentável, visto que o atual modelo de exploração dos recursos naturais é cada vez mais predatório, provocando a degradação do meio ambiente e a exclusão social. Novos materiais que consumam uma quantidade menor de energia em sua produção e que gerem um volume menor de resíduos estão começando a ocupar posição de destaque na cadeia produtiva da construção civil.

A produção de habitação pode ser considerada como um dos usos mais valorizados do plantio florestal e apresenta-se com grande potencial para, em muitas regiões do Brasil, se tornar como umas das atividades econômicas viáveis.

Nesse cenário, o bambu no formato roliço ou *in natura*, entre os materiais construtivos do futuro, por suas qualidades e características físico-mecânicas, além das ambientais, econômicas e sociais, poderia colaborar de maneira positiva.

Muitos profissionais da construção civil, entre eles arquitetos, engenheiros e construtores, na Ásia e América Latina tem de forma expressiva ampliado os usos do bambu nos últimos anos, e hoje já constroem estruturas como passarelas e pontes, algumas utilizadas até para a passagem de veículos leves. Impressionados com as possibilidades técnicas e estéticas, arquitetos de outras regiões como a Europa e Estados Unidos tem redescoberto o bambu para uma variedade de usos, desde residências e pavilhões, passando por coberturas leves até grandes estruturas.

O bambu roliço tem uma forma estrutural muito eficiente: possui seção circular oca com fibras na direção longitudinal, proporcionando a obtenção de peças estruturais mais leves do que outros materiais com seção maciça, como as madeiras. Sua seção circular acabada, como qualquer elemento estrutural tubular, permite uma melhor distribuição dos esforços solicitantes, ao contrário das seções usuais de outros materiais, como as retangulares ou mesmo de seção “I”. Suas propriedades físicas e mecânicas podem superar, do ponto de vista estrutural, a maioria das madeiras tropicais.

Além dessas características, é a espécie vegetal com a maior velocidade de crescimento, é uma cultura perene que demanda poucos cuidados no seu cultivo (manejo simples), protege o solo com suas raízes, pode servir de alimento para o homem e animais, pode ser utilizado para a confecção de utensílios domésticos e móveis, e como alternativa de renda ao agricultor familiar mesmo em pequenas propriedades.

Ghavami, do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), um renomado pesquisador do bambu como material construtivo, disse durante uma palestra proferida em Florianópolis, que “uma touceira de bambu é uma fábrica de material de construção, que além de não poluir, absorve CO₂ da atmosfera e libera oxigênio (O₂)” (informação verbal)¹.

Conforme foi relatado, a arquitetura do século XXI necessita de novos materiais e de novos modelos de produção para possibilitar o desenvolvimento sustentável do planeta; porém quando se fala sobre o uso do bambu como material construtivo, fica claro que existe um desconhecimento bastante generalizado sobre seu uso na construção civil. Esta lacuna é ainda maior quando se busca compreender a sua cadeia produtiva.

O entendimento dos atores, processos e da utilização dos materiais não convencionais, como o bambu, para a concepção projetual, é fundamental para o desenvolvimento do estudante e do profissional, seja ele engenheiro ou arquiteto. As principais referências sobre arquitetura no Brasil não destacam o uso do bambu como elemento estrutural e arquitetônico. Sendo assim, o material disponível sobre o assunto é escasso e tem obtido pouca repercussão dentro de cursos de arquitetura e quase nula em cursos de engenharia civil – alimentando novamente um círculo vicioso que promove mais

¹ Informação fornecida pelo Prof. Dr. Khosrow Ghavami, durante o ciclo de palestras “Conhecendo o Material Bambu: por 3 dos maiores pesquisadores do bambu no Brasil”, com organização do Grupo Interdisciplinar de Estudos da Madeira (GIEM)/Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e apoio da Associação Catarinense do Bambu (BambuSC), Florianópolis, 2009.

desconhecimento e poucas oportunidades de aplicação do material. O desenvolvimento desta pesquisa traz como principal questão a pouca expressividade da utilização do bambu como material construtivo, dentro do panorama da arquitetura brasileira, confrontada com as condições favoráveis do solo e clima brasileiros para o desenvolvimento de sua cultura.

A partir do conhecimento das características e das aplicações possíveis para o bambu, fica a questão do por que esse vegetal ainda é tão pouco utilizado como material construtivo no Brasil? Haveria lacunas ou setores não consolidados na sua cadeia produtiva? Quais são os setores e as atividades da cadeia produtiva que possuem maior desenvolvimento? Quais são as oportunidades de melhoria? De que maneira as obras e/ou estruturas construídas em bambu, foram viabilizadas?

1.1. Objetivo geral

O objetivo da dissertação é investigar atores, processos e sistemas capazes de articular as diversas abordagens no estudo da cadeia produtiva do bambu como material construtivo, contribuindo com a sua estruturação.

1.2. Objetivos específicos:

- a) analisar a cadeia produtiva do bambu, na condição natural ou roliço, para aplicação como material construtivo;
- b) identificar fatores que viabilizaram o sucesso da aplicação do bambu como material construtivo em obras no Estado de São Paulo;
- c) identificar os setores de maior desenvolvimento e de novas oportunidades dentro da cadeia produtiva do bambu como material construtivo;
- d) contribuir para a difusão do uso do bambu como material construtivo por meio da publicação dos resultados obtidos.

2. O BAMBU: DA PLANTA AO MATERIAL CONSTRUTIVO

Este capítulo não tem a pretensão de aprofundar a temática desta pesquisa, mas sim de apresentar resumidamente os conceitos e reflexões da dissertação, substanciada pela bibliografia consultada e pelos resultados das discussões ocorridas no grupo HABIS.

2.1. BAMBU

O bambu não é uma árvore como é erroneamente considerado por muitas pessoas, mas uma gramínea, assim como o arroz, o trigo, o milho e a cana-de-açúcar. Ele pertence à família Gramineae (Poaceae), subfamília Bambusoideae, com aproximadamente 50 gêneros e mais de 1300 espécies, ocorrendo bambus nativos em todos os continentes, entre as latitudes 46° N e 47 ° S, exceto na Europa, sendo 62% na Ásia, 34% na América e 4% na África e Oceania (HIDALGO – LÓPEZ, 2003) (Figura 01).

3436

FIGURA 01 – Distribuição geográfica dos bambus lenhosos no mundo
Fonte: Bamboo Biodiversity (2015)

O bambu pode ser encontrado nas regiões tropicais e subtropicais, com maior ocorrência nas regiões de clima quente e com alto índice pluviométrico, como algumas espécies do gênero *Guadua* no Estado do Acre – Brasil, mas também em ambientes inóspitos, como o semi-árido indiano, onde se encontra a espécie *Dendrocalamus strictus* (Roxb.) Nees – um bambu maciço. O bambu ocorre desde o nível do mar até cerca de 4000 m, demonstrando impressionante capacidade de adaptação aos diferentes

locais. Porém, sob cultivo, esses limites podem ser ultrapassados por algumas espécies (FILGUEIRAS; GONÇALVES, 2006). Na China e no Japão existem algumas espécies do gênero *Phyllostachys* que podem sobreviver a temperaturas extremamente baixas.

Estima-se que 37 milhões de hectares de terras no mundo são cobertos com bambu, sendo 6 milhões na China, 9 milhões na Índia e 10 milhões espalhados por cerca de 10 países da América Latina e do Sudeste Asiático (LOBOVIKOV et al., 2007). No Brasil, a maior área ocorre no Estado do Acre com cerca de 7 milhões de hectares (PEREIRA; BERALDO, 2008).

O bambu é uma planta ancestral, tendo seu uso descrito desde os anos 1600 a 1100 a.C. conforme consta em caracteres chineses. Possui crescente importância para a humanidade, sendo conhecido como “o amigo das pessoas”, na China, “o irmão”, no Vietnã e “a madeira dos pobres”, na Índia. Beraldo afirmou que o termo “a madeira dos pobres” é erroneamente interpretado como se o bambu fosse um material destinado apenas à classe inferior da sociedade, porém, o real significado desta frase é que a planta é tão acessível e com tantas qualidades que até as camadas economicamente menos favorecidas da população podem ter acesso a essa matéria-prima, ao contrário dos produtos à base de madeira, os quais, de uma forma geral, nem sempre são acessíveis à população de baixa renda (informação verbal)².

O bambu é o vegetal com maior velocidade de crescimento. Seus colmos, como são chamadas as varas, atingem seu comprimento final (que pode ultrapassar os 30 m) em até seis meses. Possui um poder de renovação muito grande, sendo que após o plantio, emite brotos anualmente, não sendo necessário replantá-lo. O corte seletivo dos colmos maduros, realizados anualmente, não prejudica a sanidade da planta, e ainda proporciona uma maior ventilação e insolação para a mesma, contribuindo de forma positiva com seu desenvolvimento.

Considerada a planta dos “mil usos” entre os orientais, a depender da espécie utilizada, o bambu pode fornecer alimento, abrigo, calor, utensílios domésticos, ferramentas agrícolas, artesanato e uma série de outros itens sendo vários com aplicação industrial tais como broto comestível em conserva, celulose e papel, material construtivo, móveis, produtos à base de bambu processado e laminado colado, entre outros. Como parte da história, sabe-se que o primeiro filamento utilizado em uma lâmpada por Thomas Edison era de bambu, e Santos Dumont utilizou-o em seus primeiros aviões, sendo o modelo

² Informação fornecida pelo Prof. Dr. Antonio Ludovico Beraldo, em Pirassununga, durante curso realizado no Núcleo de Pesquisa em Materiais para Biosistemas (NAP BioSMat) /Universidade de São Paulo (USP), em 2016.

Demoiselle o mais famoso dentre eles; e, por fim, que também foi utilizado para estruturar a cúpula do imponente palácio *Taj Mahal* na Índia.

No Ocidente, de maneira geral, ele é bem menos explorado, sendo muitas vezes associado a aplicações de menor importância, apresentando algumas exceções em países como a Colômbia, Equador e Costa Rica (PEREIRA; BERALDO, 2008). Na sua forma *in natura*, com o colmo roliço não processado, é empregado em estruturas leves como telhados (MORE, 2003; AZAMBUJA et al., 2012), pontes e passarelas; após o seu processamento industrial, nas mais variadas formas e aplicações, como estruturas, esquadrias, pisos, telhas, etc. (PEIXOTO, 2008; NOGUEIRA, 2013; AFFONSO, 2014).

No Brasil, de certa maneira, ele ainda é pouco utilizado, sendo que o maior volume de colmos produzidos é destinado à fabricação de celulose pelo Grupo Industrial João Santos na região Nordeste (PEREIRA; BERALDO, 2008).

O bambu, que não é considerado madeira, mas que também é um material lignocelulósico, mesmo não exigindo um processamento industrial mais sofisticado (laminação, colagem e prensagem), como no caso do Bambu Laminado Colado (BLC) (BARELLI, 2009), é pouco empregado em construções, quando comparado a outros tipos de materiais construtivos. Ainda assim, é utilizado em algumas obras de destaque espalhadas pelo Brasil e, principalmente, no Estado de São Paulo.

O uso do bambu como material construtivo é cada vez mais presente na construção civil principalmente na China, Colômbia e Índia, que são países que possuem a cultura e a cadeia produtiva do bambu melhor estabelecida. No Brasil, apesar de possuir em seu território a maior área de bambu nativo do mundo, situada no Estado do Acre, além de diversos fatores favoráveis (clima, espécies nativas, etc.) sua aplicação ainda é incipiente ou quase nula.

2.1.1. A planta

O bambu é uma planta pertencente à família das gramíneas ou Poaceae, e à subfamília Bambusoideae, que por sua vez, é dividida em dois grandes grupos (tribos): os bambus herbáceos (Olyreae) e os bambus lenhosos (Bambuseae). Os bambus herbáceos são de pequeno porte, com colmos não lignificados possuindo diâmetro de alguns milímetros e comprimento máximo em torno dos 2 m. Já os lenhosos possuem grande porte, colmos lignificados com grandes diâmetros, e comprimentos, que dependendo da espécie, podem ultrapassar os 30 m (NUNES, 2005). O foco desta pesquisa serão os bambus lenhosos.

Os bambus utilizados como material construtivo são os lenhosos, que são plantas monocotiledôneas, pertencentes ao grupo das angiospermas, com a maior velocidade de crescimento (HIDALGO-LÓPEZ, 2003). Ele possui uma parte aérea denominada colmo e uma parte subterrânea que é constituída pelos rizomas e raízes. Os colmos crescem diretamente do rizoma e atingem em poucos meses seu comprimento total.

Colmo

Os colmos do bambu, na maioria das espécies, se caracterizam por ter a forma cilíndrica e por apresentarem uma sequência de entrenós ocos separados transversalmente, uns dos outros, por diafragmas (septos) que aparecem externamente como nós e de onde saem os ramos e as folhas. Os diafragmas atuam como enrijecedores, conferindo ao colmo maior resistência à flambagem quando submetido a esforços de compressão (Figura 02).

FIGURA 02 – Partes do bambu

Fonte: Adaptado National Mission on Bamboo Application – NMBA (2004).

Poucas espécies de bambu possuem o colmo maciço; na maioria delas este é oco. Os colmos diferem em altura, diâmetro, espessura de parede, formas de crescimento e características físicas, mecânicas e químicas, de acordo com a espécie a que pertencem. Assim, enquanto algumas espécies apresentam colmos com apenas alguns centímetros de altura e poucos milímetros de diâmetro, outras como a

espécie *Dendrocalamus giganteus* Munro podem ter seus colmos atingindo comprimentos de mais de 30 m e diâmetros na base superior a 25 cm (Figura 03).

FIGURA 03 – Partes do colmo
Fonte: Barelli (2009).

Seus colmos emergem do solo, em forma de brotos, com seu diâmetro máximo e vão reduzindo suas dimensões no sentido que atingem o extremo superior. O crescimento dos colmos se dá de forma telescópica (onde o diâmetro maior está na base), não apresentando crescimento radial, diferentemente das árvores que apresentam anéis anuais de crescimento, o que acaba sendo um ponto desfavorável considerando sua resistência limitada ao fendilhamento e ao cisalhamento paralelo às fibras (Figuras 4 e 5).

FIGURA 04 – Representação do broto e do colmo adulto em corte
Fonte: Barelli (2009).

FIGURA 05 – Broto de bambu inteiro e em corte
Fonte: Barelli (2009).

Segundo Liese (1985), o comprimento dos entrenós aumenta da base até o meio do colmo, a partir do qual volta a diminuir até a ponta do colmo. Já o diâmetro definitivo varia de espécie para espécie e evolui em função da idade da planta, atingindo sua medida máxima por volta do quarto ou quinto ano após o plantio. Esta medida também é influenciada pela condição de sanidade da planta, fertilidade do solo e clima.

O colmo de qualquer espécie atinge seu comprimento final em poucos meses após a emissão do broto, o que pode variar em torno de 30 dias para as espécies pequenas e, no máximo, 180 dias para as de grande porte. O início da emissão dos ramos laterais é um indicativo de que o colmo atingiu sua altura máxima.

Rizomas e raízes

O sistema subterrâneo do bambu é formado por rizomas e raízes. O rizoma é um colmo totalmente subterrâneo, horizontal, mais ou menos espesso, rico em reservas e com capacidade de produzir raízes e colmos, que se distingue das raízes pela presença de gemas, de onde nascem novos rizomas e colmos. A raiz é o órgão de fixação do bambu ao solo, de onde a planta retira água e nutrientes minerais. Elas crescem a partir dos rizomas e são do tipo fasciculadas, ou seja, não apresentam raiz principal (BRASIL, 2009).

O rizoma tem importância no desenvolvimento do bambu, não apenas como armazenador de nutrientes, mas, para alguns gêneros, também servindo como órgão responsável pela propagação desta planta. O nascimento de colmos novos anualmente se efetua assexuadamente por ramificação destes rizomas, que ocorre de duas maneiras distintas, dando origem aos dois principais grupos de bambu: o grupo de moita (*clumpers*), também conhecido como paquimorfo, entouceirante ou simpodial, onde os colmos nascem e se desenvolvem agrupados e o grupo de bambu alastrante (*runners*),

também conhecido como leptomorfo ou monopodial, onde os colmos nascem e se desenvolvem separados uns dos outros.

a) *Grupo paquimorfo, entouceirante ou monopodial*

Os bambus deste grupo estão na sua maioria distribuídos nas regiões quentes e tropicais, não se desenvolvendo bem em regiões de clima frio. Os rizomas deste tipo são maciços, curtos e grossos, possuindo diversas gemas laterais que, ao se ativarem, desenvolvem novos rizomas e novos colmos; porém a maioria permanece dormente ou inativa. Os colmos crescem muito próximos uns dos outros, formando uma estrutura para fora do solo conhecida como moita ou touceira (Figuras 6 e 7).

As principais espécies entouceirantes encontradas no Brasil e que são utilizadas estruturalmente são *Dendrocalamus asper* Backer, *Dendrocalamus latiflorus* Munro, *Dendrocalamus giganteus* Munro, *Bambusa tuldoidea* Munro, *Bambusa vulgaris* Schrad, *Bambusa oldhamii* Munro, *Guadua angustifolia* Kunth e *Guadua chacoensis* (Rojas) Londoño & Peterson.

FIGURA 06 – Rizoma do tipo paquimorfo
Fonte: Adaptado Hidalgo-López (2003).

FIGURA 07 – Moita ou touceira
Fonte: Autor

Os bambus do gênero *Guadua*, apesar de se desenvolverem de forma semelhante aos bambus alastrantes, são considerados bambus entouceirantes. Esses bambus possuem rizoma paquimorfo alongado, formando touceiras abertas, com os colmos mais espaçados entre si (Figuras 08 e 09) (PEREIRA, BERALDO, 2008).

FIGURA 08 – Rizoma do tipo paquimorfo alongado
Fonte: Adaptado Judziewicz et al. (1999).

FIGURA 09 – *Guadua angustifolia bicolor*
Fonte: Autor

b) *Grupo leptomorfo, alastrante ou simpodial*

Os bambus deste grupo são mais resistentes a baixas temperaturas, sendo bastante encontrados em regiões de clima temperado, havendo algumas espécies deste tipo que suportam temperaturas extremamente baixas. Seus rizomas, ao contrário do tipo paquimorfo, são ocos, alongados e finos, possuindo na maioria das vezes diâmetro menor do que o colmo que vão originar. Desenvolvem-se de forma horizontal e linear, podendo crescer entre um e seis metros por ano, formando uma rede que pode atingir entre 50 a 100 mil m lineares por hectare. Seus colmos crescem de forma separada (Figuras 10 e 11).

FIGURA 10 – Rizoma do tipo leptomorfo
 Fonte: National Mission on Bambu Applications - NMBA (2004)

FIGURA 11 – *Phyllostachys pubescens*
 Fonte: Autor

As principais espécies deste tipo e que são utilizadas em estruturas no Brasil, como material construtivo, são as *Phyllostachys pubescens* Mazel ex H. de Lehaie (mosô), *Phyllostachys bambusoides* Siebold & Zucc (madake) e *Phyllostachys aurea* Rivière & C. Rivière (cana-da-Índia).

Um dos principais cuidados que se deve ter ao plantar uma espécie de bambu alastrante é com relação a sua contenção, já que o mesmo pode dispersar-se por longas distâncias de forma descontrolada, podendo causar problemas com propriedades vizinhas e a invasão de áreas indesejadas.

O avanço desse bambu pode ser controlado a partir de barreiras físicas existentes, tais como um açude ou uma estrada larga, a partir do uso de mantas divisórias, de grande espessura, enterradas (Figura 12), ou com a execução de uma vala com o mínimo de 50 cm de profundidade e 30 cm de largura (GRECO; CROMBERG, 2010) (Figura 13).

FIGURA 12 – Contenção de bambu alastrante com manta divisória
Fonte: Bamboo Garden (2017)

FIGURA 13 – Vala para contenção de bambu alastrante na China
Fonte: BambuSC (2017)

2.1.2. O material

De acordo com Liese (1998), Janssen (2000) e Hidalgo-López (2003), o bambu apresenta excelentes propriedades mecânicas, as quais, de maneira parecida com as madeiras, são influenciadas pelo teor de umidade do colmo. A idade e a massa específica do colmo também interferem, bem como o teor de fibras, que é o principal elemento responsável pela resistência mecânica do colmo. Segundo Pereira e Beraldo (2008), o processo de amadurecimento do colmo, que ocorre através da sua lignificação, inicia-se assim que o mesmo atinge seu comprimento final, durando cerca de três a quatro anos para a maioria das espécies, quando então suas características físicas e mecânicas se estabilizam. Após seis

anos (em média), os vasos sofrem um processo de esclerose e a resistência mecânica do bambu começa a diminuir, não sendo mais aconselhável o uso deste como material estrutural.

As características do colmo, de uma forma geral, variam conforme a espécie, a idade, a parte do colmo coletada (terço inferior, terço médio e terço superior) e também pelas condições ambientais como clima, solo, altitude e topografia (HIDALGO-LÓPEZ, 2003).

Como a densidade de fibras aumenta à medida que se aproxima da parte superior do colmo e, ao mesmo tempo, as paredes vão diminuindo de espessura, a resistência mecânica varia também com relação à parte do colmo que se está utilizando ou estudando. Em geral se divide o colmo do bambu em três partes, aproximadamente iguais, ao longo do seu comprimento, o que permite um melhor aproveitamento do material de acordo com as solicitações de projeto e da resistência mecânica prevista para as peças.

De maneira similar, a massa específica e as resistências à tração e à compressão paralela às fibras aumentam da parte interna da parede para a parte externa, devido à maior densidade de fibras (Figura 15). Por conta disso, a região mais resistente da seção é o terço externo da parede, e a mais fraca, o terço interno (HIDALGO-LÓPEZ, 2003). Além disso, por ser um material ortotrópico, suas propriedades mecânicas variam segundo a direção que se esteja analisando.

FIGURA 14 – Seção transversal de um colmo – variação da concentração das fibras ao longo da espessura da parede
Fonte: Targa (2011)

Como o crescimento do colmo é de forma “telescópica” e o mesmo não possui raios (crescimento radial), isso influencia de maneira desfavorável na resistência ao fendilhamento e no cisalhamento paralelo às fibras (VILLALOBOS, 1993; LIESE, 1998; MORÉ, 2003).

2.1.3. Cultura construtiva com o bambu

O Brasil é o país que possui a maior reserva natural de bambu do mundo: fica no Estado do Acre e possui em torno de 70.000 km² de florestas com bambu, onde se encontram espécies do gênero *Guadua*, considerada por especialistas uma das mais adequadas para construção. Além dessas, não é difícil encontrar diversas espécies asiáticas espalhadas pelo país, trazidas pelos portugueses de suas possessões na Ásia e, mais tarde, pelos imigrantes chineses e japoneses (gêneros *Sasa* e *Phyllostachys*) que vieram trabalhar no ciclo do café. A depender da região, o bambu recebe outros nomes, tais como taquara, taboca, taquaruçu, taquari, cana brava, entre outros.

Os portugueses, durante a colonização, estavam interessados apenas na extração do pau-brasil presente na Mata Atlântica, e não deram importância às gramíneas existentes nessa floresta, devido ao fato de as mesmas apresentarem pequeno porte, não servindo, de um modo geral, para uso em construções. Cabe lembrar que os bambus genuinamente nacionais e que apresentam porte elevado encontravam-se longe da Costa Atlântica; pode-se, inclusive, afirmar que a “descoberta” das florestas de bambus gigantes brasileiros é relativamente recente (APUAMA, 2018).

Os índios que habitavam o Brasil, muito antes da chegada de Cabral, já utilizavam espécies nativas para construir suas habitações. D’Angelis e Veiga (2003) citaram o povo Kaingang, que habita a Região Sul do Brasil e algumas Regiões do Estado de São Paulo, que utilizava o taquaruçu (*G. chacoensis*) em suas habitações. Os Guaranis utilizavam três espécies nativas de taquara de sua região, a “Takuapi” (*Merostachys clausenii* Munro), a “Tacuarembó” (*Chusquea ramossina* Lindm.) e o “Tuaquarusu” (*G. chacoensis*), em diversas partes da habitação, tanto na composição da taipa de mão – uma técnica construtiva tradicional e largamente utilizada em toda a história da construção no país – como em execução de coberturas (ZANIN, 2006; PARANÁ, 2011). A espécie *G. chacoensis*, nativa do sul do Brasil, considerada por muitos pesquisadores uma das melhores para uso em construções, foi a mesma utilizada na sede do Centro Max Feffer de Cultura e Sustentabilidade.

Os bandeirantes também fizeram uso dessa gramínea. Como a característica das entradas e bandeiras era a conquista territorial, a arquitetura resultante deveria ser basicamente simples, barata e, tanto

quanto possível, de rápida execução. Num primeiro momento, quando estabelecidos em um lugar, recorriam à taipa de mão para a execução de abrigo, utilizando barro e fibras vegetais, no caso o bambu, quando este se encontrava disponível (D'ELBOUX, 2004).

Nas edificações de “paus a prumo” o bambu foi muito utilizado para compor a trama da taipa de mão, aplicado na sua forma natural com a utilização de varas de pequeno diâmetro ou na forma de ripas e lascas, obtidas a partir da abertura dos colmos com um facão. Ele também foi empregado em forros, sob a forma de esteiras trançadas. Como o bambu neste caso ficava exposto e sujeito ao ataque de insetos, este recebia como proteção uma demão de tinta à base de cal. Para compor mosaicos geométricos coloridos, eles também eram tingidos previamente com a utilização de pigmentos e corantes naturais. Diversos exemplos de edificações, da época do ciclo da cana-de-açúcar e início do ciclo do café, podem ser encontrados, ainda de pé, na região do Vale do Paraíba, no Estado de São Paulo (BENINCASA, 2010).

Com a vinda dos imigrantes japoneses para São Paulo, mais precisamente para a região do Vale do Ribeira, o bambu também foi utilizado em elementos de vedação, no caso da taipa japonesa, técnica parecida com a técnica da taipa de mão, na composição de divisórias e também como piso, no lugar de tábuas (GONÇALVES, 2008; HIJOKA; JOAQUIM; INO, 2013).

As comunidades quilombolas presentes no Vale do Ribeira, no Estado de São Paulo, também fizeram uso do bambu em suas edificações, aplicado principalmente na trama da taipa de mão (COSTA, 2011). Muitos moradores dessas comunidades, ainda fazem uso desse material em suas residências e outros tipos de edificações, inclusive cultivando essa gramínea (MORENO, 2009).

A obra mais antiga da fase contemporânea do uso do bambu, como material construtivo, que se tem registro oficial no Estado de São Paulo fica na cidade de Pindorama, e foi construída em 1993 pelo próprio proprietário, que é artista plástico. Sua estrutura é formada basicamente por peças roliças da espécie *Dendrocalamus* sp. (também conhecido como bambu gigante ou bambu balde). O tratamento do bambu utilizado foi através de pincelamento com o uso de PENTOX® (produto comercial com princípio ativo à base de cipermetrina) diluído em óleo diesel, e apesar da toxicidade destes produtos, não se mostrou tão eficaz contra o ataque do “caruncho do bambu”, o inseto xilófago *Dinoderus minutus* Fabricius (BARBOSA, 1997).

Existem muitas obras no Estado de São Paulo que empregam o bambu, seja com função estrutural e/ou vedação, sendo um fato interessante que a maioria delas são utilizadas como comércio, prestação

de serviços, tais como lojas, restaurantes, escritórios, galpões, etc. As poucas residências são geralmente de propriedade dos profissionais que trabalham, direta ou indiretamente, com o bambu.

Por outro lado, vários indícios demonstram que não existe uma Cadeia Produtiva do bambu como material construtivo estabelecida, como acontece, por exemplo, na Colômbia. Porém, existem diversas obras de destaque que utilizaram o bambu, restando a questão: como essas obras foram viabilizadas?

Parece claro que, devido aos poucos trabalhos a respeito da Cadeia Produtiva do bambu como material construtivo, em sua condição natural ou roliço, se faz necessária a realização de estudos que possam esclarecer as hipóteses, bem como identificar os pontos que necessitam ser aprimorados.

2.2. CADEIA PRODUTIVA

Segundo Castro, Lima e Cristo (2002), o conceito de cadeia produtiva é de natureza holística, e foi desenvolvido como instrumento de visão sistêmica.

Segundo Silva (2005, p.1)

[...] cadeia produtiva, ou mesmo *supply chain*, de forma simplificada pode ser definida como um conjunto de elementos (“empresas” ou “sistemas”) que interagem em um processo produtivo para a oferta de produtos ou serviços ao mercado consumidor [...].

Castro, Lima e Cristo (2002, p.2) (Figura 15) afirmam que:

[...] o conceito de cadeia produtiva foi desenvolvido como instrumento de visão sistêmica. Parte da premissa que a produção de bens pode ser representada como um sistema, onde os diversos atores estão interconectados por fluxos de materiais, de capital e de informação, objetivando suprir um mercado consumidor com os produtos do sistema.

O que caracteriza uma cadeia produtiva é o conjunto de atores, atividades e processos que envolvem as diversas etapas de processamento e transformação da matéria-prima em produto final (HAGUENAUER et al., 2001).

FIGURA 15 – Modelo geral de Cadeia Produtiva
 Fonte: Castro, Lima e Cristo (2002)

Os componentes que determinam a especificidade da cadeia produtiva para a agricultura são a propriedade agrícola e a agroindústria. Apesar de que na sua essência o conceito tenha sido desenvolvido com o foco na produção agrícola e florestal, tem se observado que o mesmo possui grande potencial de extrapolação para outras áreas produtivas, como a de produção industrial (CASTRO; LIMA; CRISTO; 2002).

A importância do estudo da cadeia produtiva se distingue pela realização de planejamento de políticas de desenvolvimento local, estudos de tecnologias e análises empresariais (BARELLI, 2009).

Para Manhães (2008), o conhecimento da cadeia produtiva do bambu como material construtivo fornece informações a respeito dos diversos setores envolvidos (produção, processamento, comercialização, etc.), além de ações realizadas pelo ambiente organizacional e institucional. A análise da cadeia produtiva permite identificar as interações entre os elos, estabelecendo relações de complementaridade e de interdependência numa lógica sequencial e dinâmica.

Segundo Silva (2005), os segmentos e atores da cadeia produtiva são:

a) Fornecedores de insumos são empresas que tem por finalidade ofertar produtos tais como:

- Adubos e fertilizantes (orgânicos e inorgânicos), cuja função é fornecer para a planta os nutrientes necessários em maiores (macronutrientes) ou menores (micronutrientes) quantidades para seu melhor desenvolvimento;
- Defensivos que podem ser produtos químicos, físicos ou biológicos, que tem a finalidade de controle de seres vivos considerados nocivos às plantações. Tais insumos têm grande importância na agricultura visto que evitam perdas de produtividade devido ao ataque de insetos, plantas invasoras e fungos. Também são conhecidos como agrotóxicos, pesticidas ou produtos fitossanitários;
- Corretivos são produtos químicos que apresentam carbonatos, óxidos, hidróxidos ou silicatos de cálcio e de magnésio como constituintes neutralizantes da acidez do solo (pH). O uso desses insumos tem também como finalidade melhorar o aproveitamento dos fertilizantes e aumentar a produtividade da cultura agrícola;
- Sementes e mudas que, apresentando uma boa qualidade sanitária, fisiológica, física e genética, contribuirão para o surgimento de plantas saudáveis e produtivas;
- Máquinas e equipamentos necessários para auxiliar o desenvolvimento da atividade agrícola, contribuindo com a produtividade.

b) Propriedade agrícola: é o local onde são desenvolvidos os sistemas agropecuários ou agroflorestais, também conhecidos como sistemas produtivos, nos quais são realizadas as atividades de produção agrícola (plantio, manejo e extração e/ou colheita da matéria-prima). Esses locais podem ser chácaras, sítios, fazendas, etc.;

c) Processadores: geralmente são agroindústrias que podem ser formadas por empresas, cooperativas, etc., onde ocorre a manipulação da matéria-prima, por meio de uma sucessão de métodos e técnicas, dividindo-se em:

- Pré-beneficiamento – limpeza, secagem e armazenamento;
- Beneficiamento – padronização e empacotamento;

- Transformação – processam uma determinada matéria-prima e a transformam em produto acabado e/ou beneficiado.

No caso da cadeia produtiva do bambu como material construtivo, o processo de transformação ocorre paralelamente ao consumidor final, pois é a partir deste que, junto à contratação dos profissionais que irão “transformar” a matéria-prima (arquiteto, engenheiro e construtor), ocorrerá a compra dos colmos que serão transformados em produtos finais, tais como residências, coberturas, galpões, etc. (Figura 15).

- d) Comércio atacadista: são as empresas responsáveis pela logística de armazenamento e circulação dos produtos acabados e/ou beneficiados oriundos das agroindústrias, fazendo a distribuição e abastecimento dos postos de venda ou o comércio varejista;
- e) Comércio varejista: são os postos cuja função é comercializar os produtos junto aos consumidores finais;
- f) Mercado consumidor: é o ponto final da comercialização, constituído por grupos de consumidores, pessoas físicas ou jurídicas, que adquirem o produto para uso próprio.

Silva (2005) também destaca a influência de dois ambientes sobre os atores da cadeia produtiva, o institucional e organizacional:

- a) Ambiente institucional é o conjunto de leis ambientais, trabalhistas, tributárias e comerciais, bem como as normas e padrões de comercialização. São instrumentos que regulam as transações comerciais e trabalhistas ligadas a cadeia produtiva;
- b) Ambiente organizacional é estruturado por entidades na área de influência da cadeia produtiva, tais como: agências de fiscalização ambiental, agências de crédito, universidades, centros de pesquisa e agências credenciadoras e/ou certificadoras.

As agências credenciadoras e/ou certificadoras podem ser órgãos públicos como as secretarias estaduais de agricultura ou empresas privadas. Estas, em alguns casos, possuem a função de certificar se algum segmento da cadeia produtiva atende quesitos para comercialização (SILVA, 2005).

As relações entre os atores e sistemas acontecem através de:

- a) Fluxo de material: ocorre no sentido da esquerda para direita (vide figura 16), ou do início para o final da cadeia, passando de ator para ator, onde ocorre a atividade proposta, agregando valor e, conseqüentemente, o custo;
- b) Fluxo de capital: ocorre no sentido da direita para a esquerda (vide figura 15), ou do final da cadeia para o início, que alimenta a cadeia produtiva com capital através das transações financeiras;
- c) Fluxo de informações: ação que conecta e alimenta com informações os ambientes institucionais e corporativos com os atores e sistemas da cadeia produtiva de maneira formal e informal.

Silva (2005, p.2) afirma que:

[...] o entendimento do conceito de cadeia produtiva possibilita:

- a) Visualizar a cadeia de forma integral;
- b) Identificar as debilidades e potencialidades;
- c) Motivar o estabelecimento da cooperação técnica;
- d) Identificar gargalos e elementos faltantes;
- e) Certificar dos fatores condicionantes de competitividade em cada segmento.

2.3. CADEIA PRODUTIVA DO BAMBU COMO MATERIAL CONSTRUTIVO

FIGURA 16 – Modelo de Cadeia Produtiva do bambu como material construtivo
Fonte: Autor

2.3.1. Fornecedores de insumos

Os principais insumos utilizados em um plantio comercial tecnificado de bambu visando à produção de material construtivo são:

Adubos e fertilizantes

A utilização dos adubos e fertilizantes, sejam eles orgânicos ou químicos, e a sua quantidade, vai depender da fase da plantação (produção de mudas, plantio ou manutenção), do tipo de uso econômico do bambu, dos resultados obtidos na análise do solo do local da plantação, feita em laboratório capacitado ou mesmo na Casa da Agricultura mais próxima, e da orientação técnica de um agrônomo ou técnico agrícola (GRAÇA, 1988).

Pereira e Beraldo (2008) sugeriram a utilização de superfosfato simples (16 a 18% de P_2O_5 + 18 a 20% de Ca)³, cloreto de potássio (KCl), esterco de curral curtido e fórmula NPK ⁴ (20 – 05 – 20)⁵. Segundo

³ P_2O_5 – Pentóxido de fósforo, Ca – Cálcio.

⁴ Sigla para os macronutrientes mais importantes para o desenvolvimento de uma planta, nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K).

Graça (1988) e Tombolato et al. (2014), para uma exploração mais intensiva, deve-se utilizar nitrogênio (N), P_2O_5 e K_2O ⁶. Já Guerra et al. (2017) utilizaram em um plantio experimental de *B. vulgaris*, de acordo com a fase, NPK (6 – 30 – 6), NPK (20 – 0 – 20) mais os micronutrientes zinco (Zn) e boro (B).

Herrera e Ospina (2007) citaram o uso de composto orgânico bem curtido, formado por cama de frango, esterco de porco, polpa de café e casca de arroz queimada.

Também pode-se utilizar a torta de filtro compostada (subproduto do processamento industrial da cana-de-açúcar) e fosfato natural (BÓRGEZ; GUTIERREZ-CÉSPEDES, 2006). Outro material, proveniente da indústria sucroalcooleira, que pode ser aplicado no bambu é a vinhaça, um resíduo líquido gerado na produção de álcool, que é rico em óxido de potássio e nitrogênio.

Defensivos

Segundo Graça (1988), apesar de o bambu ser considerado uma planta muito resistente, ele não está imune ao ataque de doenças e pragas.

Tombolato et al. (2014) afirmaram que o controle de pragas em plantações de bambu no Brasil é dispensável, pois as que ocorrem não apresentam importância econômica.

Já Guerra et al. (2017) afirmaram ser necessário, em plantações de bambu na fase inicial, logo após o plantio das mudas, o uso de formicidas granulados à base de sulfluramida para controle de formigas.

Corretivos

A acidez do solo dificulta a assimilação de nutrientes pelas raízes das plantas. Um dos principais corretivos de solo é o calcário, insumo relativamente barato, abundante no País, de tecnologia de produção simples e, sobretudo, essencial para aumentar a produtividade (LOPES, 1990).

Além de corrigir a acidez, aumentando o pH do solo, a aplicação de calcário acaba fornecendo cálcio e magnésio como nutrientes para as plantas.

⁵ Esses números expressam a porcentagem, em massa, de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) contidos na fórmula comercial do adubo.

⁶ K_2O – Óxido de potássio.

Sementes e mudas

Considerando que a floração e subsequente produção de sementes é um fenômeno extremamente raro, ainda pouco compreendido e de difícil previsão, a única forma de reproduzir o bambu é por meio do processo de propagação vegetativa, também chamada de propagação assexuada ou clonal (PEREIRA; BERALDO, 2008).

Segundo Banik (1995); Graça (1988); Pereira e Beraldo (2008) e Poppens (200?), para se realizar a propagação vegetativa dos bambus são utilizadas, dependendo do tipo se entouceirante ou alastrante, as partes aéreas (colmo e ramos laterais) e/ou a parte subterrânea (rizomas), retiradas de uma planta matriz.

Segundo Pereira e Beraldo (2008, p.77), “a principal vantagem da propagação vegetativa reside na possibilidade de obtenção de plantas clonais com uniformidade genética fenotípica”.

Para o próprio produtor rural produzir as suas mudas, ele necessita de estrutura adequada (um campo de propagação – Figuras 17 e 18 – próximo de fonte de água para irrigação); plantas matrizes, que estejam localizadas próximas à propriedade rural, para a retirada do material vegetal de multiplicação; e conhecimento das principais técnicas de propagação (BANIK, 1995; POPPENS, 200?).

FIGURA 17 – Viveiro de mudas
Fonte: Sítio da Mata (2017)

FIGURA 18 – Campo de propagação
Fonte: Thailand Bamboo Society (2016)

A produção de mudas feitas com a utilização de partes da planta matriz apresenta os inconvenientes da demanda de grande volume de substrato, grande quantidade de material vegetal (partes da planta matriz) dentre outros fatores que podem ser impeditivos, para o agricultor, quando se tem a necessidade de produção rápida e em grande escala. A alternativa neste caso é adquiri-las de viveiros especializados.

Bambus entouceirantes

a) Reprodução através do rizoma

Este é um método tradicional de propagação, onde é retirado de uma touceira matriz um colmo inteiro ou um pedaço deste, junto a uma parte do rizoma que deve conter gemas primárias saudáveis e com idade entre um a dois anos. O corte deve ser próximo ao rizoma que deu origem a este colmo (PEREIRA; BERALDO, 2008; POPPENS, 200?) (Figura 19).

A vantagem deste método é que a chance de pegamento é grande e o desenvolvimento da planta é mais rápido. A desvantagem é que é uma forma muito trabalhosa, de pouco rendimento principalmente quando a touceira matriz não é manejada, e quando se utilizam espécies de grande porte (Figuras 19, 20 e 21) (PEREIRA; BERALDO, 2008; POPPENS, 200?).

FIGURA 19 – Reprodução por rizoma – bambus paquimorfos ou entouceirantes
 Fonte: Greco e Cromberg (2010)

FIGURA 20 – Pedacos de colmo com rizoma – *Bambusa tuldoidea*
 Fonte: Autor

FIGURA 21 – Muda plantada – *Bambusa tuldoidea*
Fonte: Autor

b) Reprodução através de ramo lateral

Segundo Banik (1995), este método é um dos mais práticos e fáceis de propagação vegetativa, indicado para espécies de parede grossa, como *B. vulgaris* ou *Dendrocalamus* sp. Deve-se selecionar os ramos laterais primários de colmos com idade entre um e dois anos, e que possuam de duas a seis gemas saudáveis (Figuras 22, 23, 24 e 25).

A vantagem desse método é que não se perde o colmo, pois apenas alguns ramos são removidos, e é muito conveniente para a produção de grande quantidade de mudas. A desvantagem é que este método não é indicado para bambus que possuam ramos primários finos (BANIK, 1995; POPPENS, 200?).

FIGURA 22 – Retirada de ramo lateral – *Dendrocalamus* sp. – UNESP Bauru
Fonte: Padovan (2010)

FIGURA 23 – Ramos laterais – *Dendrocalamus* sp.
Fonte: Greco e Cromberg (2010)

FIGURA 24 – Mudas de ramos laterais em sacolas plásticas – *Dendrocalamus* sp.
Fonte: Greco e Cromberg (2010)

FIGURA 25 – Mudas de ramos laterais em berço de propagação – *Dendrocalamus* sp.
Fonte: Bambu Ka Ha (2015)

c) Reprodução através de segmento de colmo ou método do copinho

Neste método, as brotações crescem de gemas de segmentos de colmos enterrados. Estes segmentos podem ou não conter pedaços de ramos primários. Selecionar colmos com idade entre um e dois anos, que contenham gemas saudáveis, e cortá-los em segmentos com um ou dois nós (Figuras 26 e 27) (POPPENS, 200?).

O apelido “copinho” vem do fato que o segmento de colmo que será utilizado para produzir a muda ter formato semelhante ao de um copo, onde inclusive é colocada água que, enquanto o pedaço de colmo não enraizar, servirá de reserva para o conjunto substrato + pedaço de colmo úmido (Figuras 28 e 29).

A vantagem desse método é a facilidade de manipulação, que reduz trabalho e custos de transporte, além de não haver desperdício de material vegetal. Apresenta como desvantagem o fato de não ser eficiente em espécies que possuem colmos com parede fina (BANIK, 1995; POPPENS, 200?).

FIGURA 26 – Pedaço de colmo com ramo lateral –
Dendrocalamus sp.
Fonte: Lopes (2012)

FIGURA 27 – Pedaço de colmo com ramo lateral –
Bambusa vulgaris var. *vittata*
Fonte: Lopes (2012)

FIGURA 28 – Mudanças de segmento de colmo em sacolas plásticas – *Dendrocalamus* sp.
Fonte: Thailand Bamboo Society (2016)

FIGURA 29 – Mudanças de segmento de colmo em berço de propagação – *Dendrocalamus* sp.
Fonte: Thailand Bamboo Society (2016)

d) Reprodução através de *chusquines*

No caso da espécie *G. angustifolia*, esta possui uma particularidade que permite a sua reprodução através dos chamados *chusquines*, que são plantas pequenas (altura entre 10 e 30 cm e diâmetro de 1 a 2,5 mm) com raízes unidas, provenientes de gemas basais do rizoma, e que se ativam em média dois meses após o corte do colmo (Figura 30). A produção de mudas por este método é feita com a separação de cada talo da raiz, dando origem a uma nova planta para cada *chusquin* (HERRERA; OSPINA, 2007) (Figuras 31, 32 e 33).

Este método apresenta como vantagem a possibilidade de produção de grande quantidade de mudas de maneira simples, acessível a pequenos grupos de agricultores familiares (CORTÉS, 2004).

FIGURA 30 – Formação dos *chusquines*
Fonte: Córtez (2004)

FIGURA 31 – Destorroamento da muda
Fonte: Autor

FIGURA 32 – Separação dos brotos ou *chusquines*
Fonte: Autor

FIGURA 33 – Plantio dos brotos em sacos plásticos
Fonte: Autor

Bambus alastrantes

Para as espécies de bambus alastrantes é utilizado o método de propagação através de rizoma, pois somente neste as gemas existentes são capazes de originar uma nova planta (BANIK, 1995; PEREIRA, 2001), porém se torna necessário a retirada da muda completa com rizoma e colmo, mantendo um bom torrão em torno do rizoma principal da muda (Figura 33). A vantagem desse sistema, é que ao terminar o plantio, já se tem o bambuzal formado (LOPES, 2012) (Figura 34).

FIGURA 34 – Torrões de mudas de *Phyllostachys pubescens* – Fazenda dos Bambus, Pardinho/SP
Fonte: Lopes (2012)

Antes do plantio no lugar definitivo, é feita uma poda de aproximadamente 30% dos ramos laterais primários. Esta ação contribui para a sobrevivência da muda recém-plantada, pois diminui de forma considerável a transpiração da planta (Figura 35).

FIGURA 35 – Poda de ramos laterais em muda de *Phyllostachys pubescens* – Fazenda dos Bambus, Pardinho/SP
Fonte: Lopes (2012)

Segundo Barbosa (2018)⁷, na China, na execução de mudas de *P. pubescens*, corta-se o colmo no quinto nó acima do torrão de terra (informação verbal).

FIGURA 36 – Plantio finalizado de mudas de *Phyllostachys pubescens* – Fazenda dos Bambus, Pardinho/SP
Fonte: Lopes (2012)

Reprodução por método de cultura de tecidos

Outra maneira para se reproduzir o bambu é a adoção do método de cultura de tecidos, também conhecido como reprodução *in vitro* ou micropropagação, técnica muito pesquisada na Ásia (LEMOS et al., 2006).

Pode-se afirmar que é a melhor forma de propagação quando comparado com as técnicas tradicionais, já que ela permite a produção de mudas de qualidade muito uniforme e em grande quantidade, usando muito menos matéria-prima (material vegetal), tempo e mão de obra. Assim é possível produzir mudas de bambu em escala industrial, a preços similares, como por exemplo, das mudas de árvores como o eucalipto e o pinus (PEREIRA, 2001; PAINEL FLORESTAL, 2014b).

A principal desvantagem é a necessidade de um laboratório com boa infraestrutura e funcionários especializados (PEREIRA, 2001; HERRERA; OSPINA, 2007).

⁷ Informação fornecida pela Profª. Juliana Cortez Barbosa, durante exame de defesa de dissertação no Instituto de Arquitetura e Urbanismo (IAU)/USP, São Carlos, 2018.

No Brasil existem grupos de pesquisa do método de reprodução de bambu in vitro espalhados por todas as regiões, como a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e Universidade de Brasília (UnB) na Região Centro-Oeste, Universidade de São Paulo (USP) e Universidade Federal de Lavras (UFLA) na Região Sudeste, a Universidade Federal do Acre (UFAC) na Região Norte, a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) na Região Sul (Figura 37), a Universidade Federal de Pernambuco (UFRPE) e Universidade Federal de Alagoas (UFAL) na Região Nordeste, entre outras, o que comprova a disseminação desse tipo de pesquisa no Brasil (LEMOS et al., 2006; OLIVEIRA; LEMOS; RESENDE, 2012; TORRES; HOULLOU; SOUZA, 2016; BRONDANI et al., 2017; COSTA et al., 2017; NOGUEIRA et al., 2017; ORNELLAS, 2017).

FIGURA 37 – Pesquisa em micropropagação de bambu – UFSC
Fonte: BambuSC (2017)

Máquinas e equipamentos

Para a realização do plantio, manejo e extração do bambu, são necessárias ferramentas e máquinas, que podem ser manuais, elétricas ou a gasolina, de acordo com a atividade a ser realizada e tamanho da propriedade agrícola.

Plantio

Nesta etapa, que envolve a calagem, abertura de covas, adubação e plantio da muda, utiliza-se um carrinho de mão para transporte, enxada e/ou enxadão, pá de cavar, cavadeira manual, vanga quadrada e regador. Dependendo do tamanho da área a ser plantada, pode-se utilizar um trator de

pequeno porte com carreta no lugar do carrinho de mão, e um perfurador a gasolina no lugar da cavadeira manual.

Manejo

Nesta etapa é realizado o coroamento das mudas recém-plantadas e a limpeza das touceiras, utiliza-se enxada, facão, tesoura e serra de poda. Se a área a ser manejada for grande, pode-se utilizar uma roçadeira para o coroamento.

Extração

É realizada basicamente com a utilização de ferramentas e equipamentos de corte tais como facão, serra de poda e motosserra, que podem variar de acordo com o tipo de bambu e tamanho da área a ser trabalhada.

O uso de equipamentos de proteção individual (EPI), pelo trabalhador, é imprescindível durante a utilização de qualquer ferramenta ou equipamento, sejam eles manuais, elétricos ou a gasolina, conforme a Norma de segurança e saúde no trabalho na agricultura, pecuária, silvicultura, exploração florestal e aquicultura – Norma Regulamentadora (NR) 31.

No Anexo estão apresentadas as fotos das respectivas máquinas e equipamentos retro citadas.

2.3.2. Propriedade Agrícola

Para a implantação de cultivos comerciais de bambu, além das mudas, é preciso ser feito um planejamento da produção. A adoção do sistema adequado requer uma definição clara de objetivos e usos potenciais dos produtos e subprodutos que se espera da plantação. O sucesso de um plantio e a obtenção de povoamentos produtivos e com bambus de qualidade deve ser pautado por práticas silviculturais como: a escolha e limpeza da área, controle de pragas e doenças, definição do método de plantio e tratos culturais.

Plantio

O plantio é uma das operações mais importantes para o sucesso da implantação de um cultivo de bambu, e se caracteriza pela colocação da muda no campo. Pode ser manual ou semi-mecanizado, dependendo da topografia, recursos financeiros e disponibilidade de mão de obra e/ou equipamentos.

Os plantios de bambu realizados no Brasil, em sua maioria, adotam o sistema manual em função da rusticidade da espécie, da disponibilidade de mão de obra e em muitas situações pelas condições topográficas.

Segundo Graça (1988), o bambu deve ser plantado no início do período chuvoso para minimizar a necessidade de irrigação, tão importante nessa etapa inicial.

Segundo Pereira e Beraldo (2008, p.64):

O bambu é uma planta que se desenvolve facilmente quando as condições lhe são favoráveis. Desse modo, práticas como a calagem, a adubação, os tratos culturais e a irrigação devem ser utilizadas sempre que necessário, para garantir o seu melhor desenvolvimento.

Para plantios comerciais de bambu, enquanto se espera o momento do retorno financeiro, pode-se aproveitar a área entre linhas de touceiras para cultivar alguma cultura anual ou até mesmo de plantas indicadas para adubação verde, tais como feijão. Segundo Beraldo (2016)⁸, em determinadas regiões da Colômbia, planta-se tambor (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber x Ducke) Barneby), que no Brasil é conhecida como paricá, consorciado com *G. angustifolia* (Figura 38) (informação verbal). Esta árvore, do grupo ecológico das pioneiras⁹, que além de ser uma leguminosa e favorecer a fixação de nitrogênio no solo, seu crescimento rápido ajuda no sombreamento das mudas de bambu, e posteriormente sua poda ou corte raso, pode contribuir com o incremento de matéria orgânica na área do plantio, ou como matéria-prima para a produção de compensados.

⁸ Informação fornecida pelo Prof. Dr. Antonio Ludovico Beraldo, durante curso realizado no NAP BioSMat/USP, Pirassununga, 2016.

⁹ “Árvores pioneiras” são aquelas que só crescem na fase jovem ou inicial de uma mata (capoeira) (LORENZI, 2002). Possuem sementes que só germinam em clareiras, em dossel completamente aberto, recebendo radiação direta em, pelo menos, parte do dia (MACIEL et al., 2003).

FIGURA 38 – Plantio consorciado de *Guadua angustifolia* e *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (tambor) – Colômbia
Fonte: Apuama (2018)

Espaçamento entre plantas

Para plantios com o foco na produção de matéria-prima para uso como material construtivo, o espaçamento entre plantas pode variar desde 7 m x 8 m (PEREIRA; BERALDO, 2008), 5 m x 8 m (HERREIRA; OSPINA, 2007) e 6 m x 9 m conforme Castro e Silva (2015)¹⁰ (informação verbal).

Já Sales (2016)¹¹ afirmou que o espaçamento também pode variar em função do porte da espécie, do relevo do terreno, e que nesta última condição pode vir a acompanhar a linha de nível do mesmo (informação verbal).

¹⁰ Informação fornecida pelo Agrônomo Msc. Roberto Magno de Castro e Silva, durante o III Seminário Nacional do Bambu, Goiânia, 2015.

¹¹ Informação fornecida pelo Agrônomo Bruno Sales, durante curso realizado no NAP BioSMat/USP, em Pirassununga, 2016.

Tamanho das covas

Conforme o porte da espécie e o tamanho da muda, as covas podem ser de 40 cm x 40 cm x 40 cm (GRAÇA, 1988; HERRERA; OSPINA, 2007) ou 50 cm x 50 cm x 50 cm (PEREIRA; BERALDO, 2008).

Segundo Souza (2010), quando as covas forem abertas com perfurador, a gasolina ou instalado em trator, o trado utilizado deverá possuir diâmetro entre 12" e 18" (30 a 45 cm). Após a execução do furo, as paredes deste deverão ser escarificadas com o auxílio de uma vanga, para eliminar o "efeito vitrificado", que impede o desenvolvimento das raízes das plantas.

Adubação de plantio

Segundo Graça (1988), para se realizar uma exploração mais intensiva, é realizada a aplicação no solo de 12 kg/ha de N, 24 kg/ha de pentóxido de fósforo e 12 kg/ha de óxido de potássio.

Castañó¹² (1990 apud MERCEDES, 2006, p.30) citou a fórmula composta por 60 g de uréia, 100 g de superfosfato triplo, 80 g de cloreto de potássio e 20 g de bórax aplicados por muda/cova, em um plantio de *G. angustifolia* que fez parte de um experimento na *Universidad de Colombia*, e que obteve bons resultados.

De acordo com a experiência de Borgez e Gutiérrez-Céspedes (2006) em plantios comerciais de *B. vulgaris*, pode-se também utilizar a torta de filtro compostada misturada com fosfato natural. Já Guerra et al. (2017) usaram em um plantio adensado da mesma espécie 100 g de NPK (6 – 30 – 6) por cova como adubação de base.

Herrera e Ospina (2007) citaram o uso de três partes de solo local (solo da metade superior da cova) para uma parte de composto orgânico bem curtido. Pereira e Beraldo (2008) sugeriram a utilização de 300 g de calcário dolomítico, 150 g de superfosfato, 150 g de cloreto de potássio e 20 L de esterco de curral curtido por cova.

Deve-se misturar o adubo com a terra retirada da metade inferior da cova e plantar a muda. Sobre a superfície do solo onde a muda foi plantada, deve ser feita uma bacia com o solo restante da cova (Figuras 39, 40 e 41) (EMBRAPA, 2006). Após o plantio da muda, deve-se colocar uma camada de

¹² Castanho, N. F. (1990). Alguns sistemas silviculturales para la propagación y manejo de la *Bambusa guadua** em Colombia. Ponencia en el Seminario El Bambú: un material de construcción de bajo custo; su cultivo y usos. Enda Caribe, Santo Domingo Republica Dominicana.

*O nome científico *Bambusa guadua* é o nome antigo da espécie *Guadua angustifolia*.

cobertura morta, sobre a região da cova, que servirá de proteção contra o calor e ajudará a manter a umidade do solo (PEREIRA; BERALDO, 2008).

FIGURA 39 – Abertura da cova
Fonte: EMBRAPA (2006)

FIGURA 40 – Mistura da terra de cima com a adubação
Fonte: EMBRAPA (2006)

FIGURA 41 – Plantio da muda e finalização
Fonte: EMBRAPA (2006)

Irrigação

De acordo com Graça (1988), um alto teor de umidade no solo é importante para o desenvolvimento da planta, e por isso deve-se plantar o bambu no período das chuvas. Pereira e Beraldo (2008) indicam que, após o plantio, a rega das mudas deve ser frequente, sendo um dos principais cuidados desta fase.

Controle das formigas

Deve-se ainda fazer o controle das formigas cortadeiras a partir da identificação do gênero, *Atta* sp. (Saúva) e *Acromyrmex* sp. (Quenquém), visando a escolha do método mais adequado. O tipo de formicida, as doses e a forma de aplicação deverão ser de acordo com orientação de agrônomo ou profissional qualificado (Departamento de Estradas de Rodagem – DER, 2007).

Manejo

Quando o bambu é cultivado de forma manejada, o desenvolvimento da planta é mais efetivo por não haver nenhum tipo de interferência externa e/ou competição por luz, água e nutrientes, o que permite um maior aproveitamento de todo o seu ciclo biológico, resultando em uma planta mais forte, sadia e com boa produtividade.

Outro aspecto importante para garantir a qualidade dos colmos e que mais interfere nas propriedades físicas e mecânicas do bambu é a idade, que pode ser estimada ou registrada:

a) Estimativa de idade

É uma prática muito subjetiva e que não permite o melhor aproveitamento das características do colmo. Método empírico baseado na aparência externa (presença de líquens e cor em tons de verde-claro) e no som agudo emitido pelo colmo, quando estes são golpeados com algum tipo de ferramenta metálica. Esta forma de identificação tem como desvantagem a dependência da opinião e da experiência da pessoa que selecionará e/ou cortará os colmos. No caso da presença de líquens na casca, eles podem variar em menor ou maior grau dependendo da região e clima onde se encontra o bambu.

Na ausência de marcação, Beraldo (2000) sugeriu como forma mais segura, o uso de aparelho de propagação de onda ultrassônica para identificação dos colmos maduros. A partir da medição da velocidade do pulso ultrassônico (VPU), que teoricamente se torna mais elevada à medida que o colmo amadurece, devido ao aumento da lignificação do mesmo, seria possível identificar os colmos maduros. Para que seja feita essa medição com o máximo de segurança é necessário a calibração prévia do aparelho com a obtenção das VPU específicas de acordo com a espécie analisada em diferentes idades. Este método é indicado para o uso em pesquisas em escala laboratorial.

b) Registro da idade

É a melhor forma de confirmação da idade real do colmo, porém essa é uma ação pouco praticada por quem planta e vende bambu no Brasil. É um ponto chave para garantia da qualidade dos colmos para uso como material construtivo. Registros de marcação da idade são realizados em instituições que pesquisam o bambu, como a PUC-Rio, sob coordenação do Prof. Khosrow Ghavami e no campo de propagação de bambu da Universidade Estadual Paulista (UNESP), campus de Bauru, sob coordenação do Prof. Marco Pereira (Figura 42).

FIGURA 42 – Exemplo de registro da idade dos colmos através de marcação – *Dendrocalamus* sp. – UNESP Bauru
Fonte: Autor

As atividades que fazem parte do manejo são:

Coroamento da muda

Execução de capina manual, com enxada, em um raio de 75 cm ao redor da muda, com o objetivo de reduzir ou eliminar a matocompetição¹³. Esta atividade deve ser realizada com o máximo de cuidado para não danificar os brotos novos.

Segundo Graça (1988), essa recomendação é necessária até o segundo ano após o plantio, pois a partir do terceiro, com a touceira se desenvolvendo, ela mesma abafará o mato.

Herrera e Ospina (2007) sugerem realizar serviço de limpeza ao redor da touceira a cada três meses no primeiro ano e a cada quatro meses no segundo e no terceiro.

Limpeza da touceira

Tem por finalidade eliminar colmos secos, velhos, com defeitos e quebrados, galhos e ramos que possam atrapalhar a circulação e futuros trabalhos na touceira, permitindo que esta fique mais arejada

¹³ Período de interferência das plantas daninhas sobre a muda principal, podendo causar sombreamento, disputa por água e nutrientes.

e ensolarada. Essa prática contribui para que no momento da colheita, o agricultor não tenha dificuldade em acessar o interior da touceira, muito menos no corte e remoção dos melhores colmos (GRAÇA, 1988).

Anualmente deve-se fazer a colheita dos colmos maduros (a partir dos três anos de idade) e também, dependendo da finalidade do plantio, cortar os brotos de menor diâmetro (que podem ser usados para alimentação), nunca ultrapassando 30% do total emitido naquele ano, de forma a garantir para a touceira uma maior reserva energética e nutricional, direcionando estas para os colmos que foram mantidos.

Os restos vegetais resultantes da limpeza não devem ser retirados da região da touceira manejada e sim picados e espalhados, pois a partir da sua decomposição, transformam-se em um ótimo adubo orgânico rico em silício¹⁴, além de outros nutrientes, e também servem como proteção do solo (Figuras 43 e 44).

Adubação de manutenção

É indicado realizar anualmente uma análise do solo para corrigir possíveis deficiências nutricionais e correção de pH, evitando-se desperdício de recursos financeiros.

FIGURA 43 – Touceira antes e depois do manejo – *Dendrocalamus* sp. – Fazenda dos Bambus, Pardinho/SP
Fonte: Lopes (2012)

¹⁴ O silício (Si) é um elemento químico capaz de aumentar a resistência das plantas ao ataque de insetos, nematóides, bactérias e fungos, na melhoria do estado nutricional, na redução da transpiração e possivelmente também em alguns aspectos da eficiência fotossintética (KORNDÖRFER, PEREIRA e CAMARGO, 2002).

FIGURA 44 – Touceira manejada, coroamento e desrama – *Bambusa vulgaris*
Fazenda Experimental da Ressacada – UFSC Florianópolis
Fonte: UFSC (2015)

Segundo Pereira e Beraldo (2008, p.76)

Anualmente deve-se fazer a adubação de manutenção, e para o desenvolvimento da touceira normalmente usa-se a fórmula NPK 20 – 05 – 20 como adubação química, pois o bambu necessita de importantes aportes de nitrogênio para gerar e produzir o crescimento dos brotos. Pode-se aplicar esta adubação de cobertura em três vezes, sendo a primeira no início da época de chuvas, a segunda no meio da estação e a última mais no final.

Bamboo Technical Support Group (BTSG) – Kerala Forest Research Institute (KFRI) (2015) orienta, no momento da aplicação, fazer uma valeta em volta da touceira, distribuir o adubo e, em seguida, cobrir novamente com terra. Cita ainda que os estercos e compostos orgânicos são uma ótima fonte de nutrientes, além de serem simples de preparar e usar.

Marcação dos colmos

As propriedades do material bambu variam com sua idade e mudam ano a ano, o que torna imprescindível, na hora da colheita, saber, com o máximo de segurança, a idade do colmo (UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION – UNIDO, 2012).

Anualmente deve ser feita a marcação, mediante pintura com a utilização de tinta esmalte ou a colocação de etiqueta no próprio colmo, com o registro do ano ou ano e mês da emergência do broto, ou qualquer outro modelo adotado pelo produtor que confirme a data (Figura 45).

FIGURA 45 – Marcação dos colmos – *Dendrocalamus* sp. – UNESP Bauru
Fonte: Greco e Cromberg (2010)

Colheita dos colmos

Para se utilizar o bambu como material construtivo e principalmente para uso estrutural é necessário encontrar matéria-prima de qualidade, ou seja, colmos maduros, com idade comprovada, com ausência de fissuras e rachaduras, de orifícios provocados pelo ataque de insetos e pássaros, deformações, tortuosidades e isentos de sinais de podridão (MÓRAN UBÍDIA, 2015).

O ponto de maturação do bambu pode ser definido como o momento no qual o colmo atingiu o seu pico de desenvolvimento biológico, químico e das suas propriedades mecânicas. Bambus de médio e grande porte geralmente amadurecem entre três e quatro anos de idade (UNIDO, 2012).

Época de corte

De acordo com Liese¹⁵ (1985 apud PEREIRA; BERALDO, 2008, p.82)

(...) nenhum corte deve ser feito durante a estação de crescimento dos colmos (época das chuvas para bambus entouceirantes), devido ao risco de se danificar os brotos que estão em crescimento. A estação seca deve ser a preferida para o corte, pois os colmos apresentam menor teor de umidade, o que os torna mais leves, facilitando seu transporte. Na época seca, os colmos possuem também menor quantidade de seiva circulando, tornando-os menos atrativos ao ataque de fungos e insetos.

No Brasil, a estação seca geralmente coincide com a época de temperaturas mais baixas, período em que os insetos xilófagos estão menos ativos ou se encontram em hibernação (PEREIRA; BERALDO, 2008). Coincidentemente, os meses mais frios são aqueles que não possuem a letra “r” em seu nome, ou seja: “maio, junho, julho e agosto”.

Graça (1988) citou um ditado popular colombiano que diz: “bambu para vender corta-se em qualquer época, mas bambu para uso próprio corta-se na lua minguante”, crendice que é seguida por muitos agricultores brasileiros.

Sarlo (2000), que pesquisou a influência da fase da Lua e época do corte de quatro espécies diferentes de bambu sobre o ataque do caruncho *Dinoderus minutus* Fabricius, obteve resultados bem diferentes das hipóteses de que bambus colhidos durante a fase da lua minguante e em meses sem a letra “r” não sofrem ataque.

Considerando que bambus entouceirantes, no período de dezembro a março, emitem suas brotações, os colmos maduros apresentarão menor quantidade de amido, o qual foi liberado de forma intensa pela touceira para a geração dos novos brotos. Sendo o amido um dos principais atrativos para o ataque de organismos xilófagos, fazer a colheita logo após esse período pode ser uma forma interessante quando se pensa em durabilidade (PEREIRA; BERALDO, 2008).

Já para bambus alastrantes, cuja brotação ocorre no período de agosto a novembro e apresentam o mesmo comportamento com relação ao direcionamento das reservas de amido para os novos brotos, a secagem natural dos colmos cortados pode ser prejudicada por ocorrer no período chuvoso (PEREIRA; BERALDO, 2008).

¹⁵ LIESE, W. Bamboos – Biology, silvics, properties, utilization. GTZ, Germany, 132p., 1985

a) Idade de corte

De acordo com a finalidade para a qual o bambu será utilizado, deve-se considerar a idade do colmo. Para uso como material construtivo são indicados colmos com dois anos para confecção de *esterilla* (esteira) e acima de três e no máximo cinco anos para uso estrutural (HIDALGO – LÓPEZ, 2003).

Janssen (1981) utilizou em sua tese, na qual pesquisou o emprego do bambu em estruturas de edificações, colmos da espécie *Bambusa blumeana* Schultes com três anos, mesma idade que sugere Graça (1988) para uso estrutural.

Já Mórán Ubidia (2015) e a NSR-10 (2010) indicam que se deve utilizar colmos da espécie *G. angustifolia* maduros com idade igual ou superior a quatro anos, enquanto que para Herrera e Ospina (2007), utilizando a mesma espécie, a idade mínima deve ser de 3,5 anos.

Apesar de ser pequena a diferença da idade sugerida (média de um ano) de corte do bambu para emprego como material estrutural, esta influência não tem sido estudada em detalhes, o que poderia potencializar o uso da espécie *G. angustifolia*, e também de outras espécies, como afirmaram Daza e Alberlaez (2010). Eles demonstraram através de ensaios de colmos desta espécie, com idades entre dois e cinco anos, que a maioria das propriedades mecânicas alcançaram seu ápice aos três anos, chegando a reduzir em quase 20% esses mesmos valores em bambus com cinco anos.

b) Corte dos colmos

O corte dos colmos de bambu para uso como material construtivo é feito basicamente de forma manual, apenas com a utilização de equipamentos de corte como facões, serras manuais, machados e motosserras, que devem estar afiados e em perfeitas condições de uso. Os trabalhadores que realizarão esta atividade deverão usar os EPI específicos (Figura 46).

FIGURA 46 – Trabalhador colombiano em gradual com EPI - Colômbia
Fonte: Ebiobambu (2017)

Para espécies entouceirantes deve-se realizar o corte a uma altura entre 15 e 20 cm acima do solo e logo acima de um nó, para evitar o empoçamento de água no pedaço de colmo que ficou na touceira (formação do “copinho”) e, por consequência, o apodrecimento de parte do rizoma, que poderá prejudicar a sanidade da planta. (Figura 47) (PEREIRA; GARBINO, 2002; UNIDO, 2012; MÓRAN UBIDIA, 2015). No caso de espécies alastrantes o corte deve ser efetuado rente ao solo.

Quando se efetua o corte o mais próximo do solo, além do maior aproveitamento do colmo, evita-se o aparecimento de alguma rama lateral que pode vir a prejudicar o manejo futuro da touceira.

FIGURA 47 – Corte de colmo, correto e incorreto
Fonte: adaptado de Villegas (2003)

No momento do corte, primeiro deve-se verificar qual a direção de tombamento do colmo, principalmente para espécies de grande porte, e realizar um corte em bisel no lado oposto. Depois se realiza um corte, também em bisel, no lado do tombamento, e deixa-se o colmo cair (Figuras 48 e 49). É importante deixar livre a rota da queda para se evitar acidentes. Com o colmo no chão, cortam-se os ramos laterais utilizando facão, com o corte no sentido de baixo para cima (da base a ponta), ou com a utilização de uma serra de poda (MÓRAN UBIDIA, 2015). Na sequência, corta-se o colmo nas medidas requeridas, posicionando-se a serra a 1 cm do nó, o que permitirá confirmar a espessura da parede naquele ponto. Uma vez o colmo livre dos ramos laterais e folhas, e também cortado nas dimensões para transporte, ele pode ser levado para o processamento na agroindústria.

FIGURA 48 – Corte em bisel – 1º lado
Fonte: Mórán Ubidia (2015)

FIGURA 49 – Corte do colmo em bisel – 2º lado
Fonte: Mórán Ubidia (2015)

2.3.3. Agroindústria

Segundo Slamet (2012), o bambu como material construtivo pode ser classificado em dois tipos: o não processado (ou minimamente) e o processado. O primeiro é aquele no qual se utiliza o colmo roliço, mantendo a sua forma original. Para esse uso, somente algumas espécies são adequadas. Já no segundo tipo de exploração ocorre a transformação da matéria-prima em lâminas, fitas, que são posteriormente coladas, permitindo que se obtenha outros formatos e gerando melhorias nas características do material.

Para a produção de material construtivo de qualidade que atenda a todos os requisitos das normas técnicas (quanto à classe de resistência mecânica, de durabilidade a ataque de organismos xilófagos, de garantia de vida útil e uniformização de dimensões) é necessário que o processamento da matéria-prima ocorra em um ambiente em que seja possível o controle de qualidade e o desenvolvimento de processos padronizados, a detecção de falhas e possíveis pontos de melhoria nestes, medição de eficiência e produtividade, projeção de produção e demanda por matéria-prima. É importante também proporcionar um ambiente agradável e salubre para os trabalhadores, com instalações e equipamentos adequados e ergonômicos, que sigam as normas de higiene, segurança no trabalho e meio ambiente.

A agroindústria, que pode ser formada por uma empresa ou cooperativa de produtores, é o local onde ocorre o processamento da matéria-prima, por meio de uma sucessão de métodos e técnicas, que no caso do bambu dividem-se em:

Pré-beneficiamento

Assim que o bambu chega ao local onde será realizado o processo de tratamento, vindo diretamente da plantação, este deverá passar por algumas etapas de preparação que antecedem o tratamento:

Limpeza e regularização

Como o bambu maduro possui em sua camada externa uma grande quantidade de líquens e fungos, estes devem ser removidos com a finalidade de impedir a deterioração do colmo colhido, de evitar a contaminação do líquido que será usado no tratamento (no caso de se estar utilizando o método de imersão) e no intuito de melhorar a aparência externa do produto final.

Antes de começar a limpeza externa do colmo, deve-se remover qualquer ponta de galho e/ou ramo que ainda possa existir, além de raízes adventícias. A remoção deve ser feita com a utilização de serra de poda ou facão bem afiado, fazendo-se o corte com movimentos da base para o topo, o mais rente possível da casca, com o máximo de cuidado para não provocar nenhum tipo de dano à superfície do colmo (Figura 50) (STAMM; TESFAYE; GIRMA, 2014; MORENO; VERHOEVEN, 2015).

O colmo antes deverá ser lavado somente pelo lado de fora, utilizando-se água e uma escova com cerdas de plástico – não devem ser utilizadas escovas com cerdas de aço ou palha de aço, pois podem danificar a superfície externa do colmo (Figura 51). Dependendo do volume de colmos para limpeza e da disponibilidade do equipamento, pode-se utilizar uma lavadora de alta pressão (Figura 52).

FIGURA 50 – Remoção de ramos laterais
Fonte: Moreno, Verhoeven (2015)

FIGURA 51 – Limpeza externa do colmo - Colômbia
Fonte: Guadua Bambu Colômbia (2017)

FIGURA 52 – Limpeza externa do colmo com uso de lavadora de alta pressão
Fonte: Stamm (2011)

Perfuração dos diafragmas

Dependendo do tipo de processo de tratamento do bambu que será empregado, é necessário que os diafragmas (septos) sejam perfurados. A perfuração é necessária para que o líquido preservativo penetre principalmente na parte interna do colmo, região do parênquima que é a mais suscetível ao ataque dos organismos xilófagos.

Este processo deve ser realizado com a utilização de um vergalhão de aço, com diâmetro de 10 ou 12,5 mm (3/8" ou 1/2"), a depender do diâmetro do colmo. No tratamento por difusão por imersão horizontal (DIH) ou em autoclave, todos os diafragmas devem ser perfurados (Figura 53). Já no caso do tratamento pelo método *Boucherie* modificado e por substituição de seiva, a perfuração do colmo não é necessária.

FIGURA 53 – Perfuração dos diafragmas do colmo - Colômbia
Fonte: Ecobamboo (2016)

Beneficiamento

Após a preparação prévia dos colmos, devem ser realizadas as ações que tem por objetivo o tratamento preservativo do bambu, para evitar o ataque de organismos xilófagos e aumentar a vida útil do mesmo. Segundo Stamm; Tesfaye; Girma, (2014), o tratamento dos colmos de bambu faz é uma das principais diferenças entre a construção tradicional e aquela construída de forma tecnificada.

Pragas do bambu – material construtivo

Considerando que o bambu é um material biológico, ele está sujeito à deterioração devido à ação de algumas pragas, tais como fungos e insetos xilófagos, principalmente após a sua colheita. Com relação aos fungos, a exposição às intempéries e ao contato direto com umidade, principalmente do solo, torna o bambu suscetível ao ataque destes. Já em relação ao ataque por insetos xilófagos, a presença de amido nos colmos comprova o ponto fraco do bambu, por estar relacionado a ocorrência do ataque destes organismos.

Os principais insetos xilófagos que atacam os colmos de bambu, depois de cortados, são o “caruncho” – *D. minutus* (Figura 54) e o “tigre-asiático” – *Chlorophorus annularis* Fabricius (Figura 55).

FIGURA 54 – *Dinoderus minutus* – “caruncho do bambu” – imagem do inseto (e) e pedaço de colmo atacado (d)
Fonte: Alchetron (2018)

FIGURA 55 – *Chlorophorus annularis* – “tigre asiático”
Fonte: Purdue (2018)

Escolha do tipo de tratamento

A escolha do tipo de tratamento é essencial para uma maior produtividade e também para a redução de custos. Os principais métodos de tratamento são:

a) Método de substituição de seiva

Nesse tratamento deve-se utilizar colmos recém-cortados (ou, no máximo, 12 h após o corte). Colocam-se os colmos, que devem ter suas pontas chanfradas, dentro do recipiente contendo a solução preservativa, na posição vertical. Deve existir um espaço entre os colmos que estão sendo tratados para que ocorra uma boa ventilação entre os mesmos, o que favorece a evaporação na região superior, favorecendo a eficiência e rapidez no processo. A duração do tratamento é de sete dias, ao final dos quais os colmos devem ser invertidos, permanecendo nessa nova posição por um período igual de tempo (Figura 56 e 57) (PEREIRA; BERALDO, 2008).

FIGURA 56 – Tratamento de *Dendrocalamus* sp.
Fonte: Righi (2018)

FIGURA 57 – Tratamento de *Bambusa tuldooides*
Fonte: Espaço Naturalmente (2018)

Vantagens:

- Não necessita de recipiente grande para efetuar o tratamento, basta um tambor plástico com capacidade média de 200 L;
- Não necessita de grande quantidade de solução para o tratamento.

Desvantagens:

- A duração do tratamento é de 14 dias, sendo que os colmos ficarão sete dias em cada posição;
- A produtividade por recipiente, dependendo do diâmetro do colmo, é baixa (Figura 67 e 68).

b) Método de difusão por imersão horizontal a frio

É considerado um dos métodos mais simples e eficientes para o tratamento do bambu. Deve-se iniciar a preparação da solução em um recipiente menor, dissolvendo todo o produto químico que será utilizado em água morna. Após essa fase, mistura-se essa solução mais concentrada no restante da água que está no local onde serão tratados os colmos. Após a homogeneização da solução final, colocam-se todos os colmos, que deverão ficar totalmente imersos no líquido preservativo, dentro do recipiente de tratamento (Figuras 58, 59 e 60). É considerada a melhor relação custo-benefício em relação aos tratamentos preservativos para bambu, pois não necessita de equipamentos industriais, muito menos de mão de obra especializada (PEREIRA; BERALDO, 2008).

Ao final do processo, os colmos deverão ser colocados inclinados, com a ponta com de maior diâmetro mais elevada, para permitir que escorra o excesso de líquido preservativo antes de levá-los para o local de secagem.

A duração do tratamento vai depender do tipo de solução produzida e dos produtos químicos utilizados:

De duas a quatro semanas (PEREIRA; BERALDO, 2008):

- 1% de sulfato de cobre (CuSO_4) – fungicida;
- 1% de dicromato de sódio ($\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) – fixador;
- 1% de ácido bórico (H_3BO_3) – inseticida.

Sete dias (UNIDO, 2012):

- 2,5% de ácido bórico;
- 2,5% de bórax ou tetraborato de sódio ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$) – inseticida.

Vantagens:

- É possível tratar colmos longos;
- O local do tratamento pode ser construído a partir de uma vala aberta no chão e revestida com manta de polietileno de alta densidade (PEAD)¹⁶ (Figura 58).

Desvantagens:

- O local ou recipiente horizontal precisa ter comprimento de pelo menos 50 cm maior que o do colmo a ser tratado;
- É necessária uma grande quantidade de solução preservativa para o tratamento.

FIGURA 58 – Tanque escavado no terreno e revestido com manta PEAD
Fonte: Ebiobambu (2017)

FIGURA 59 – Tanque em alvenaria
Fonte: Guadua Bamboo (2017)

¹⁶ O PEAD é um plástico com boa resistência química e mecânica (CORMATEC, 2018).

FIGURA 60 – Tanque feito em tambor metálico
Fonte: Righi (2018)

c) Método de difusão por imersão horizontal a quente

Esta técnica é similar ao método por imersão a frio, porém com o aquecimento da solução preservativa com duração do tempo de tratamento menor. Deve-se iniciar a preparação da solução em um recipiente menor, dissolvendo todo o produto químico que será utilizado em água morna (Figura 72). Após essa fase, mistura-se essa solução mais concentrada no restante da água que está no local onde serão tratados os colmos. Após a homogeneização da solução final, acende-se o fogo, e quando a temperatura atingir entre 70° C – 80° C, colocam-se todos os colmos, que deverão ficar totalmente imersos, no recipiente de tratamento. Esta temperatura deve ser mantida enquanto o processo de tratamento estiver sendo executado (Figura 73).

Segundo UNIDO (2012), para a mesma receita do método a frio, o tempo de tratamento a quente será de 1,5 h para colmos com parede fina, e de 2 h – 3 h para colmos de parede grossa. Já a *Norma Ecuatoriana de la Construcción* orienta, no caso tratando-se da espécie *G. angustifolia*, manter os colmos imersos durante 6 h (MINISTERIO DE DESARROLLO URBANO Y VIVIENDA – MIDUVI, 2016).

Vantagens:

- É possível tratar colmos longos;
- O tempo de tratamento dos colmos é pequeno.

Desvantagens:

- O recipiente precisa ter comprimento pelo menos 50 cm maior que o do colmo a ser tratado;
- É necessária uma grande quantidade de solução preservativa para o tratamento.

FIGURA 61 – Preparo da solução preservativa em água morna
Fonte: Guadua Bamboo (2017)

FIGURA 62 – Tratamento dos colmos imersos em solução aquecida
Fonte: Guadua Bambu Colômbia (2017)

c) Método *Boucherie* modificado

Trata-se de um método de substituição de seiva acelerado devido à aplicação de pressão no sistema. Da mesma forma que nos outros métodos, a solução deve ser preparada antes com o uso de água morna. Os colmos devem ser recém-cortados, e a ponta, que será conectada a mangueira, deve ser regularizada com um corte perpendicular a 10 cm do primeiro nó, independentemente se for a base ou o topo, sem prejuízo na eficiência do tratamento (Figura 63) (PEREIRA; BERALDO, 2008).

Segundo Pereira e Beraldo (2008), embora se possa observar em poucos minutos, após o início do processo, a presença da solução preservativa na extremidade oposta do colmo, deve-se manter a duração do tratamento por, pelo menos, 3 h, pois a transferência em direção aos demais tecidos (fibras e células parenquimáticas) se constitui de um processo muito mais lento, realizando-se por difusão. A pressão sugerida é de $0,7 \text{ kgf/cm}^2$ (7 mca¹⁷).

Hunnarshālā (2013) sugere um tratamento composto de:

- 1,5% de ácido bórico;
- 3% de sulfato de cobre;
- 4% de dicromato de sódio.

FIGURA 63 – Método *Boucherie* modificado – *Dendrocalamus* sp.
Fonte: Espelho (2007)

¹⁷ Unidade de pressão que significa “metros de coluna de água – mca”

Outra forma de tratar os colmos de bambu pelo método *Boucherie* modificado, com estrutura portátil, mais simples, é utilizando um pedaço de câmara de ar de moto (ou empilhadeira) com válvula, auxiliado por apenas uma bomba de pé para encher pneu. Este método sugerido pelo *Instituto Ecuatoriano de Normalización* – INEN (1976) permite o tratamento de pequenas quantidades de bambu, no próprio local do corte (Figura 64).

FIGURA 64 – Método *Boucherie* modificado portátil
Fonte: Adaptado INEN (1976)

Segundo Montagno (2017)¹⁸, esta forma compacta permite tratar dois colmos por vez e tem se mostrado eficiente principalmente com a espécie *G. angustifolia* (informação verbal).

Vantagens:

- O tratamento dos colmos pode ser realizado próximo ao local de colheita;
- É possível tratar colmos longos;
- O tempo de tratamento dos colmos é pequeno.

Desvantagens:

- É necessária a utilização de equipamento específico;
- Os colmos devem estar isentos de defeitos e/ou furos, o que pode vir a prejudicar a eficiência do tratamento, impedindo que algumas partes do colmo sejam tratadas.

¹⁸ Informação fornecida pelo pesquisador Elson Araújo Montagno (Edulab/Rede Bambu Goiás), durante a Expo Bambu, em Tatuí, 2017.

d) Autoclave

É possível utilizar o mesmo equipamento usualmente empregado no tratamento de madeira, porém é necessário um grande volume de bambu e de solução preservativa (no caso de ser diferente da solução utilizada na usina de tratamento) para o processo ser viável comercialmente (Figura 65).

No caso da utilização de autoclave, ao contrário da maioria dos métodos supracitados, o bambu precisa estar relativamente seco (umidade em torno de 20%). Ocorre que, durante o processo de secagem, o bambu fica exposto ao ataque do caruncho; desse modo, deve-se efetuar um tratamento preliminar nas bases e pontas dos colmos, por meio do método de imersão, e na região dos ramos que foram retirados, por meio de pincelamento ou aspersão do produto preservativo, para então efetuar-se a secagem dos colmos (PEREIRA; BERALDO, 2008).

Lepage (2008) sugeriu o uso dos produtos preservativos à base de Arseniato de Cobre Cromatado (CCA) e Borato de Cobre Cromatado (CCB), através do processo de célula cheia, porém faz a ressalva que o primeiro não é aceito no mercado externo, principalmente europeu.

Kumar et al. (1994) recomendaram que antes do tratamento de bambus roliços sejam feitos furos de 10 mm (3/8") entre os septos dos colmos e em faces opostas. Esta técnica equilibra a pressão dos dois lados do bambu, evitando a possível ocorrência de colapso das peças, além de melhorar a uniformidade da penetração.

Vantagens:

- É possível tratar colmos longos;
- O tempo de tratamento dos colmos é pequeno;
- Por se tratar de um processo industrial, o controle de qualidade é maior.

Desvantagens:

- É necessária a utilização de equipamento industrial específico;
- É necessária a perfuração dos colmos;
- Os bambus precisam estar com teor de umidade em torno de 20%;
- É necessária a realização de um tratamento prévio nos colmos.

FIGURA 65 – Tratamento de bambu em autoclave
Fonte: Casa & Bambu (2017)

e) Método de injeção nos entrenós

Método relativamente fácil de ser executado, que consiste em injetar a solução preservativa, através de um pequeno furo com diâmetro de 3 mm (1/8"), em cada entrenó dos colmos, tampando-se em seguida o furo, com a utilização de uma cavilha de bambu, parafina, ou mistura de cola branca e serragem, para manter o líquido dentro do colmo (NUNES, 2005). A quantidade injetada em cada entrenó depende do comprimento deste, do diâmetro do colmo e da espessura da parede, variando entre 5 a 10 mL (COOPERACIÓN, 2000) (Figura 66).

Uma das vantagens apresentada por este método é que a solução preservativa só entra em contato com a parte interna do colmo, que é a região mais vulnerável ao ataque dos insetos xilófagos, principalmente do *D. minutus*.

Segundo a arquiteta Celina Llerena, Ebiobambu (2017), este é o método de tratamento preservativo utilizado em todas as suas obras, com o uso de fórmula desenvolvida pela empresa Sani System que utiliza:

- 15% de octaborato dissódico tetrahidratado;
- 2% de cipermetrina;
- 1% de Diclorvós (DDVP).

Vantagens:

- É possível tratar apenas a estrutura pronta no caso de se utilizar a fórmula da arquiteta Celina Llerena;
- Não necessita de local específico para se realizar o tratamento.

Desvantagens:

- É preciso furar, e após a injeção, tampar cada entrenó dos colmos;
- A aplicação é manual, entrenó a entrenó;
- A fórmula da arquiteta Celina Llerena utiliza produtos tóxicos a animais de sangue quente.

FIGURA 66 – Método de injeção nos entrenós
Fonte: Nunes (2005)

Escolha dos produtos preservativos e fórmula

O bambu, por ser um material biológico, está sujeito a se deteriorar pela ação de fungos e insetos xilófagos, da mesma forma que acontece com várias espécies arbóreas, principalmente aquelas que apresentam rápido desenvolvimento vegetativo, como é o caso das árvores pertencentes ao gênero *Eucalyptus* (PEREIRA; BERALDO, 2008). Por conta disso, muitos produtos químicos utilizados no tratamento de madeira hoje são utilizados no tratamento de bambu (GALVÃO; MAGALHÃES; MATTOS, 2004), além do uso de produtos que não são convencionais, com uma abordagem mais sustentável, sendo que muitos destes são utilizados na agricultura orgânica para o controle de pragas (XAVIER, 2004; MACHADO et al., 2006; MATSUOKA, 2011).

a) Produtos químicos preservativos:

- Ácido bórico (H_3BO_3) – inseticida;
- Bórax ou tetraborato de sódio ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$) – inseticida;
- Octaborato de sódio tetrahidratado ($\text{Na}_2\text{B}_8\text{O}_{13} \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$) – inseticida;
- Sulfato de cobre (CuSO_4) – fungicida;
- Cipermetrina ($\text{C}_{22}\text{H}_{19}\text{Cl}_2\text{NO}_3$) – inseticida piretróide de ação de choque;
- Diclorvós ou DDVP ($\text{C}_4\text{H}_7\text{Cl}_2\text{O}_4\text{P}$) – inseticida organofosforado de ação desalojante;
- CCA – Arseniato de cobre cromatado – fórmula comercial, sendo o cromo (Cr) o fixador, o cobre (Cu) o fungicida e o arsênio (As) o inseticida;
- Borato de cobre cromatado – fórmula comercial, sendo o cromo (Cr) o fixador, o cobre (Cu) o fungicida e o boro (B) o inseticida.

b) Aditivos:

- Ácido acético glacial ($\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$) – acidificante;
- Dicromato de sódio ($\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) – fixador.

c) Produtos preservativos não convencionais:

- Óleo de Neem (*Azadirachta indica* A. Juss) – inseticida;
- Ácido pirolenhoso (vinagre de madeira) – fungicida;
- Tanino condensável de Acácia Negra (*Acacia mearnsii* De Wild) – fungicida e forte adstringente.

Teste colorimétrico para detecção e avaliação da penetração de produto preservativo a base de sais de boro

Após a realização do tratamento, é importante que se tenha certeza que o bambu foi realmente tratado. Se o material foi adquirido de algum fornecedor, ou se o processo de tratamento foi realizado por empresa terceirizada, tal certificação se torna ainda mais importante. No caso dos colmos terem sido tratados com produtos químicos à base de sais de boro (B), é possível fazer uma verificação, e também avaliar inicialmente qual foi o nível de penetração da solução preservativa através de um teste colorimétrico (AMADOR, 2004). O procedimento requer a preparação de duas soluções:

b) Solução A:

- 10 g de curcuma (*Curcuma longa*);
- 100 mL de álcool 95°.

b) Solução B:

- 6 g de ácido acetilsalicílico (“aspirina” ou similar);
- 80 mL de álcool 95°
- 20 mL de ácido muriático.

Aplica-se a solução A sobre a seção e, na sequência, aplica-se a solução B. A cor vermelha que aparecerá é o sinal indicativo da presença do elemento boro no bambu (Figura 67).

FIGURA 67 – Teste colorimétrico para detecção de boro
Fonte: Amador (2004)

Secagem

Após a realização do processo de tratamento, os colmos devem passar por um processo de secagem. Em uma primeira etapa, eles devem ser dispostos, intercalados, em posição inclinada, apoiados em uma estrutura em formato de “cavalete” ou “varal”, que deverá ter altura igual a 2/3 do comprimento do colmo, posicionada no sentido Leste – Oeste. Os colmos não devem ser apoiados diretamente no chão, e sim sobre bambus velhos ou algo que impeça o contato dos mesmos com a umidade. Para uma secagem uniforme, recomenda-se um giro parcial e diário de cada colmo, nos primeiros 15 dias. Os colmos devem ficar nesse local e nessa posição pelo período máximo de um mês (UNIDO, 2012; STAMM; TESFAYE; GIRMA, 2014) (Figura 68).

FIGURA 68 – Cavalete para secagem do bambu pós-tratamento – 1ª etapa
Fonte: UNIDO (2012)

Após a primeira etapa do período de secagem, os colmos devem ser colocados em um local coberto, porém sem fechamento lateral que impeça a ventilação do ambiente. Eles devem ser dispostos em formato “gradeado”, ou seja, na posição horizontal, separados camada a camada, para que ocorra uma boa circulação de ar entre as peças. Esta fase da secagem pode durar, dependendo do clima, entre dois e três meses (STAMM; TESFAYE; GIRMA, 2014) (Figura 69).

FIGURA 69 – Secagem dos colmos gradeados – 2ª etapa
Fonte: Stamm; Tesfaye; Girma, (2014)

Classificação, padronização e estocagem

De acordo com Ghavami, Barbosa e Moreira (2017), um controle de qualidade do bambu como material construtivo passa pela conveniente classificação dos colmos a serem usados na estrutura.

É importante observar que devido ao fato de que o bambu apresenta diferentes propriedades físicas e mecânicas ao longo do seu comprimento, dividido em base, meio e topo (ROSA, 2005), a identificação e padronização se torna imprescindível para um melhor aproveitamento do material. Stamm; Tesfaye; Girma, (2014) sugeriram uma divisão dos colmos, ao longo do comprimento, em função dos diâmetros externos, espessuras de parede e comprimento dos entrenós, inclusive com possíveis aplicações (Figura 70).

FIGURA 70 – Uso efetivo do colmo de bambu
Fonte: Stamm; Tesfaye; Girma, (2014)

Já a Norma colombiana (ICONTEC, 2010) divide os colmos da espécie *G. angustifolia* em cinco partes, com diferentes comprimentos e sugestão de melhores utilizações para cada divisão de segmento (Figura 71).

FIGURA 71 – Partes de um colmo de *Guadua angustifolia*
Fonte: Autor

Os colmos devem ser escolhidos e classificados de forma a garantir que suas propriedades de resistência e rigidez sejam confiáveis e satisfatórias para uso na engenharia e arquitetura. Especial atenção também deve ser dada às seguintes características do colmo: a idade, a conicidade, a linearidade, o comprimento dos entrenós, o conteúdo de umidade e a distribuição de nós.

- a) Idade: como material construtivo para uso estrutural, devem ser usados colmos com idade entre três e seis anos;

- b) Conicidade¹⁹: deve ser limitada em 0,67% segundo Ghavami, Barbosa e Moreira (2017). Para colmos de *G. angustifolia*, segundo a norma colombiana, deve ser menor ou igual a 1% (ICONTEC, 2010) e, segundo a norma equatoriana, a 0,17% para base (cepa), 0,33% para meio (basa) e 0,50% para topo (sobrebasa) (MIDUVI, 2016);
- c) Linearidade: os colmos não devem apresentar uma deformação em relação ao eixo longitudinal maior que 0,33%. (ICONTEC, 2010; MIDUVI, 2016), bem como tortuosidades (Figura 72);

FIGURA 72 – Classificação dos colmos quanto a linearidade
Fonte: Hunnarshālā (2013)

- d) Comprimento dos entrenós: segundo Mórán Ubidia (2015), os colmos de *G. angustifolia* com entrenós maiores que 50 cm não são recomendáveis para uso como material estrutural;
- e) Conteúdo de umidade: de acordo com Pereira e Beraldo (2008), a umidade de equilíbrio do bambu se situa entre 10 a 15%.

Além das características supracitadas, os colmos para uso estrutural não devem possuir furos de insetos, presença de fungos e também fissuras longitudinais que ultrapassem os nós.

¹⁹ Conicidade ou “conicidade do trecho de colmo”: é a razão da diferença entre os diâmetros maior ($D_{\text{máx}}$) e menor ($D_{\text{mín}}$) nas extremidades do trecho e seu comprimento L , multiplicado por 100, o resultado pode ser expresso em % (GHAVAMI; BARBOSA; MOREIRA, 2017).

Stamm; Tesfaye; Girma, (2014) sugeriram uma classificação dos colmos a partir da junção das características físicas, geométricas e visuais, em três níveis:

- a) Tipo A: Colmos fortes e retos, divididos por diâmetro externo;
- b) Tipo B: Colmos fortes, porém levemente curvos, divididos por diâmetro externo;
- c) Tipo C: Colmos com mais de uma curvatura, presença ou não de fissuras, uso não estrutural ou estrutural utilizado somente em partes.

2.3.4. Comércio atacadista e varejista

Embora o conceito de comércio atacadista se refira ao fato de que as empresas ligadas a esta atividade são responsáveis pela logística de armazenamento e circulação dos produtos acabados e/ou beneficiados oriundos das agroindústrias, fazendo a distribuição e abastecimento dos postos de venda ou o comércio varejista, pode-se afirmar que esta parte da cadeia produtiva do bambu como material construtivo não é tão desenvolvida.

Muitas empresas que comercializam o bambu fazem o papel de agroindústria e até de plantadores. Processam a matéria-prima, armazenam e vendem diretamente para o consumidor final, porém por estarem localizadas em determinadas cidades do Interior de São Paulo, os preços de venda para pequenas quantidades acabam ficando elevados devido ao valor do frete incluso, além de limitar a pronta entrega do produto. Como exemplos podem ser citadas as empresas Bambu Carbono Zero²⁰, com a sua agroindústria localizada no município de Cunha, a Tao Bambu²¹ em Atibaia e a Casa & Bambu²² em Adamantina, todas no interior do Estado de São Paulo.

O comércio varejista de bambu no Estado de São Paulo, na forma de colmos e esteiras (*esterilla*), para ser utilizado como material construtivo, não apresenta o mesmo nível de organização quando comparado ao comércio varejista, por exemplo, da madeira, que pode ser adquirida em qualquer quantidade e bitola em lojas de materiais de construção de pequenas cidades ou até nos grandes *home centers*, como acontece na Colômbia (Figura 73).

²⁰ www.bambucarbonozero.com.br

²¹ www.taobambu.com.br

²² www.casaebambu.com.br

FIGURA 73 – Venda de colmos de guadua em *home center* na Colômbia
Fonte: Autor desconhecido

2.3.5. Mercado consumidor

Segundo Manzini e Vezzoli (2005), o indivíduo enquanto consumidor, quando opta por adquirir algo, dentre tantas variáveis para a escolha, “legitima” a existência do produto. Dessa forma, é o uso que torna um material “convencional” ou “não convencional”.

A maior parte dos consumidores do bambu como material construtivo no Brasil é composta por pessoas jurídicas, proprietários de estabelecimentos comerciais e/ou institucionais, tais como restaurantes, lojas, galpões, escritórios de organizações não governamentais (ONG), alojamentos, etc. As poucas residências são geralmente de propriedade dos próprios arquitetos, engenheiros, construtores, pesquisadores, que trabalham diretamente com este material.

Muitas pessoas que tem alguma ligação com o bambu são de alguma maneira simpatizantes ou ativistas de causas ambientais e/ou sociais, o que demonstra que esta gramínea ocupa no inconsciente de seus consumidores uma função muito além do material construtivo não convencional.

2.3.6. Transformação

A transformação da matéria-prima em produto final se inicia com concepção do projeto arquitetônico, projeto estrutural, aquisição da matéria-prima e finaliza com a execução e término da obra. Diferente de outros tipos de produtos, as estruturas que usam o bambu como material construtivo não se materializam na agroindústria e sim no canteiro de obras.

Projeto arquitetônico

Como qualquer material construtivo, para se utilizar bambu em estruturas e/ou edificações são necessários alguns cuidados para prolongar a sua vida útil e aumentar os intervalos de manutenção preventiva.

O primeiro deles é proteger a obra em bambu da ação das intempéries, principalmente do sol e chuva. No caso dos raios solares, segundo Sgai (2000), a degradação fotoquímica, promovida pela radiação Ultravioleta (UV) que atua sobre os constituintes químicos do bambu, provocando mudanças na coloração e na estrutura celulósica que vai sendo deteriorada em camadas que são levadas pela água da chuva. Já no caso da chuva, o aumento da umidade na superfície do bambu, favorece o desenvolvimento de fungos que podem alterar as propriedades físicas e químicas das paredes celulares e, portanto, afetar seriamente a resistência do bambu (ESPELHO, 2007).

Um bom projeto deve contemplar beirais com largura adequada e também que todos os elementos de apoio estejam afastados do chão para evitar o contato com a umidade. Diz-se que esta prática é baseada na forma que o camponês da Colômbia se protege no dia-a-dia do sol e da chuva, ou seja, usando um bom “chapéu de aba larga” e “botas de cano alto” (DELGADO, 2006) (Figura 74).

FIGURA 74 – Detalhe do apoio do pilar e beiral – Simón Vélez
Fonte: Delgado (2006)

2.3.7. Ambiente Institucional

É o conjunto de regras que coordenam e regulam a atuação dos atores, atividades e processos da cadeia produtiva, neste projeto caracterizado por:

Leis de incentivo

Apesar da forma ainda bastante tímida como o bambu é tratado na esfera legislativa e executiva, pode-se afirmar que já existem algumas iniciativas de incentivo político no Brasil.

Em Minas Gerais foi promulgada a Lei nº. 15.951/2005, que instituiu a Política Estadual de Incentivo à Cultura do Bambu, como parte da política estadual de desenvolvimento agropecuário, que compreende o cultivo agrícola para a produção de colmos e para a extração de brotos, além da valorização do bambu como instrumento de promoção do desenvolvimento socioeconômico regional e integrado do Estado (MINAS GERAIS, 2005).

Na esfera Federal existe a Lei nº. 12.484/2011, que estabelece a Política Nacional de Incentivo ao Manejo Sustentado e ao Cultivo do Bambu (PNMCB), com o objetivo de promover o desenvolvimento da cultura dessa espécie no Brasil, por meio de ações governamentais e de empreendimentos

privados. Dentre outras especificações, a Lei determina que os incentivos nela previstos destinem-se ao manejo sustentado das formações nativas e ao cultivo do bambu voltado para a produção de colmos e extração de brotos; além disso, tais recursos devem ser investidos também na valorização desse ativo ambiental como instrumento de promoção de desenvolvimento socioeconômico regional.

No Estado do Rio Grande do Sul existe a Lei nº. 290/2013, que instituiu a Política Estadual de Apoio ao Bambu, que prevê a valorização socioeconômica do bambu como produto agrossilvicultural renovável e sustentável para múltiplas finalidades, tais como alimento, madeira, artesanato, moveleira, construção civil, entre outras.

No dia 06 de novembro de 2017 foi anunciada a filiação do Brasil ao International Network for Bamboo and Rattan (INBAR), acontecimento que irá permitir uma maior circulação e troca de informações, intercâmbios e um incremento de publicações sobre o bambu em português (APUAMA, 2018).

Normas de ensaio e projeto de estruturas de bambu

Um dos principais entraves para o desenvolvimento e ampliação da aplicação do bambu como material construtivo está na inexistência de uma norma brasileira para a execução de ensaios de caracterização físico-mecânica (PEREIRA; BERALDO, 2008) e de projeto e dimensionamento de estruturas de bambu.

Como alternativa, para projetos estruturais e ensaios com o bambu na sua forma cilíndrica, recomenda-se que sejam utilizadas as normas ISO 22156:2004 (Bamboo Structural Design), ISO 22157-1:2004 (Determination of Physical and Mechanical Properties – part 1) e ISO 22157-2:2004 (Determination of Physical and Mechanical Properties – Laboratory manual – part 2).

Países como a Colômbia (NSR-10 Estructuras de Madera y Estructuras de Guadua), Equador (NEC – SE – GUADÚA) e Peru (Norma Técnica E. 100 Bambú) possuem suas próprias normas para projeto de estruturas de bambu, porém específicas para a espécie *G. angustifolia*.

Diante de tal demanda, a comunidade envolvida com o bambu e com suas aplicações, no Brasil, deu um importante passo ao realizar, no dia 12 de julho de 2017, na cidade de São Paulo, a primeira reunião para discussão da Proposta para a Criação da Norma Brasileira para Estruturas de Bambu. Sob coordenação do Prof. Normando Perazzo Barbosa, da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), diversos profissionais e acadêmicos, atuantes nos diferentes setores envolvidos com a pesquisa, cultura, comercialização e utilização do bambu, iniciaram as discussões sobre a normatização nas aplicações do bambu em estruturas (APUAMA, 2018).

Instrução normativa

A maior parte dos órgãos ambientais fiscalizadores desconhecem que o bambu é uma gramínea (assim como a cana-de-açúcar) e não uma árvore, como demonstra a Instrução Normativa – IN 112 do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), de 21 de agosto de 2006, Cap. I, Art. 9º: fica dispensada da obrigação de uso do Documento de Origem Florestal (DOF), nos casos de transporte de bambu (*B. vulgaris*) e espécies afins (INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS – IBAMA, 2016).

2.3.8. Ambiente Organizacional

É o conjunto de organizações que propõem e atuam em função da melhoria e desenvolvimento dos atores da cadeia produtiva, que nesse projeto são:

Órgãos do Governo

No Estado de São Paulo foi firmado, em 15 de dezembro de 2015, entre a Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo e a Associação Brasileira dos Produtores de Bambu (APROBAMBU), um protocolo de intenções que visa: desenvolver novas formas de manejo e exploração do bambu; melhoria da exploração da matéria-prima; ampliação dos estoques, com o objetivo de aprimorar a cultura no Estado, com foco no desenvolvimento do pequeno agricultor paulista. O protocolo determina, ainda, a formação de um Grupo Técnico de Trabalho (GTT), com representantes das entidades (SÃO PAULO, 2015).

A Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI), vinculada à Secretaria de Agricultura do Estado de São Paulo, possui um levantamento da distribuição geográfica das áreas cultivadas e do número de produtores de bambu no Estado de São Paulo (CATI, 2008) (Figura 86).

Distribuição Geográfica de área cultivada e número de produtores, 2007/2008

FIGURA 75 – Distribuição Geográfica de área cultivada e número de produtores, 2007/2008
Fonte: CATI (2008)

Agências de crédito e financiamento

Com relação às linhas de crédito rural, o Banco do Brasil oferece, desde 2014, financiamento para produtores rurais, inclusive em alguns subprogramas do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF), que é um programa do Governo Federal que possui o objetivo de fortalecer as atividades desenvolvidas pelo agricultor familiar (PAINEL FLORESTAL, 2014).

Universidades

Segundo Pereira e Beraldo (2008), uma das grandes razões do desconhecimento das propriedades do bambu como material construtivo e até mesmo da planta no Brasil é a pouca disseminação do conhecimento técnico. No curso de graduação de Engenharia Florestal, por exemplo, a carga horária para materiais não lenhosos é quase insignificante. O mesmo pode-se dizer do curso de Agronomia, que insere o estudo do bambu quando o assunto abordado são as gramíneas. Já nos cursos de Engenharia Civil e Arquitetura o bambu nem faz parte da lista de materiais construtivos.

Atualmente muitas universidades brasileiras desenvolvem pesquisas tendo o bambu como foco principal, indo desde sua propagação pelo método *in vitro* à utilização deste como alimento. Porém, é reduzido o número de pesquisas que têm como objetivo o emprego do bambu roliço como material construtivo. Podem ser destacadas as seguintes:

- Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), vinculada ao departamento de engenharia civil dessa instituição e sob coordenação do Prof. Khosrow Ghavami;
- Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), mais especificamente na Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI), onde o Prof. Antonio Ludovico Beraldo foi o principal pesquisador deste material;
- Universidade Estadual Paulista (UNESP), campus de Bauru, ligado à Faculdade de Engenharia de Bauru (FEB) e a Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação (FAAC), sob coordenação do Prof. Marco Antônio dos Reis Pereira;
- Universidade Estadual Paulista (UNESP), campus de Itapeva, ligado à Faculdade de Engenharia Industrial Madeireira (FEIM), mais especificamente ao Grupo PET LIGNO, e liderado pela Profa. Juliana Cortez Barbosa;

- Universidade Federal da Paraíba (UFPB), ligado ao Departamento de Engenharia Civil e Ambiental (DECA), sob coordenação do Prof. Normando Perazzo Barbosa;
- Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), vinculada ao Departamento de Engenharia de Estruturas (DEES), coordenado pelo Prof. Luiz Eustáquio Moreira;
- Universidade de Goiás (UFG), campus Samambaia, vinculada à Escola de Agronomia (EA), sob coordenação do Prof. Rogério de Almeida;
- Universidade de Brasília (UnB), através do Centro de Pesquisa e Aplicação de Bambu e Fibras Naturais (CPAB), dirigido pelo Prof. Jaime Almeida de Gonçalves;
- Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), campus Pato Branco, com o Prof. Fabiano Ostapiv, do curso de Engenharia Mecânica;
- Universidade de São Paulo (USP), Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (FAU), com a Profa. Érica Yukiko Yoshioka.

Centros de pesquisa

A maior parte das informações científicas sobre o uso do bambu como material construtivo fica isolada no ambiente de pesquisa, principalmente na esfera da pós-graduação, o que impede uma maior disseminação desse conhecimento junto aos demais setores da sociedade.

Em países como a China, Índia e Colômbia, existem centros de pesquisa e treinamento que contribuem para a formação de mão de obra especializada em torno da cultura do uso do bambu e de suas possibilidades.

Pode-se citar na China o China National Bamboo Research Center (CBRC), que oferece cursos de qualificação não só para cidadãos chineses como também para estrangeiros, durante o qual é possível ter contato com o estado da arte da pesquisa e aplicação do uso do bambu em diversas áreas, desde a alimentação, artesanato e mobiliário até a montagem de andaimes e a produção de laminados de alta densidade (CHINA RESEARCH BAMBOO CENTER, 2016).

No Brasil, o Centro de Capacitação Tecnológica (CCT) em Bambu é um projeto executado pela UNESP, campus de Itapeva, e financiado pelo Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), que objetiva o cultivo e a transformação do bambu como alternativa sustentável para geração de renda na agricultura familiar.

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), principal centro de pesquisa do agronegócio brasileiro, em parceria com o MCTIC, lançaram, durante o Seminário Internacional sobre Bambu, que aconteceu no Acre em outubro de 2017, o livro “Bambus no Brasil: da biologia à tecnologia”, que tem como objetivo agregar, em uma única obra, informações de qualidade oriundas de diferentes instituições brasileiras, e que possam auxiliar no desenvolvimento e na consolidação da cadeia produtiva do bambu no Brasil (EMBRAPA, 2017).

Agências credenciadoras e/ou certificadoras

As agências credenciadoras e/ou certificadoras podem ser órgãos públicos, como as secretarias estaduais de agricultura, ou empresas privadas. Estas, em alguns casos, possuem a função de certificar se algum segmento da cadeia produtiva atende quesitos para comercialização (SILVA, 2005).

No caso do bambu como material construtivo, não existe no Brasil nenhuma agência que certifique colmos, com relação à sua idade, características físicas e mecânicas, o que promoveria um enorme avanço na qualidade no material comercializado, gerando segurança para quem projeta e/ou constrói com bambu.

3. METODOLOGIA

Para responder as questões deste estudo foi desenvolvida uma pesquisa qualitativa, de caráter exploratório e descritivo.

A revisão bibliográfica sustentará a fundamentação teórica com autores que discutem o uso do bambu como material construtivo.

Delimitou-se a pesquisa em obras situadas no Estado de São Paulo, nas quais o bambu foi aplicado em sua condição natural ou roliça com sucesso e que por isso, pode-se considerar uma referência inclusive em cenário nacional.

Trata-se de um estudo de caso, com duas frentes de obtenção das informações: análise da cadeia produtiva do bambu como material construtivo e entrevistas com os atores envolvidos.

3.1. MATERIAIS E MÉTODOS

Realizou-se um levantamento bibliográfico do estado da arte, com exploração dos recursos impressos das bibliotecas da USP e dos recursos midiáticos disponíveis na rede mundial de computadores, com o auxílio das bases SIBI, Scielo, Scopus, Web of Science, etc., com a finalidade de ampliar o campo inicialmente imaginado.

Pautados nestas referências e nas reuniões do grupo HABIS desenvolveu-se o planejamento da coleta e da análise de dados das duas etapas da pesquisa.

3.1.1 Análise da cadeia produtiva

Coleta de dados

Para fins de coleta de dados foram visitadas as obras selecionadas para o estudo de caso e, a partir destas, foram identificados os atores para os próximos contatos, como os profissionais envolvidos na parte de construção e projeto, as empresas responsáveis pelo fornecimento do bambu tratado, as plantações de bambu e outros segmentos ou setores relacionados à cadeia produtiva do bambu como material construtivo.

Foi aplicado um questionário estruturado com base nas características da cadeia produtiva do bambu que foram levantados na revisão bibliográfica.

Análise dos dados

Os questionários foram tabulados e comparados com um modelo de cadeia produtiva de bambu considerado referência, como por exemplo, o modelo utilizado na Colômbia.

Os questionários também foram comparados e analisados entre si.

3.1.2 Entrevistas

Coleta de dados

Após a aplicação de cada questionário foi identificado o ator de cada fase para aplicação sequencial das entrevistas.

Os critérios de inclusão foram:

- Os atores que participaram, de forma direta ou indireta, das obras estudadas;
- Os que aceitaram participar das entrevistas.

Os critérios de exclusão foram:

- Os atores que não foram localizados por motivo de viagem, saúde ou indisponibilidade de contato;
- Não foram entrevistados os atores que não permitiram a divulgação das entrevistas.

As entrevistas foram estruturadas através de questões norteadoras, com a finalidade de tornar o discurso dos sujeitos livre, com maior possibilidade de exploração do conteúdo. Todas as entrevistas foram gravadas.

As questões norteadoras foram construídas após as contribuições da banca, e a intencionalidade foi explorar ao máximo a cadeia produtiva, para analisar e detalhar todas as etapas do processo.

Análise dos dados

As entrevistas depois de transcritas passaram por um processo de exaustiva leitura e análise de conteúdo.

Os discursos foram utilizados no decorrer da apresentação do estudo de caso, em paralelo com a análise da cadeia produtiva do bambu como material construtivo.

A intenção foi confrontar os dados coletados em campo com os dados obtidos no levantamento bibliográfico com a finalidade de investigar os processos capazes de articular os diversos atores e identificar os gargalos.

4. ESTUDOS DE CASO

Os estudos de caso aqui relatados foram selecionados primeiramente pelo uso do bambu *in natura* como material construtivo e, principalmente, com função estrutural em projetos realizados no Estado de São Paulo. Em segundo lugar pelo tipo de uso dessa edificação, seja comercial ou institucional, o que permite que um maior número de pessoas que tenham acesso a essa edificação conheçam o bambu aplicado de forma prática e que possam observar a sua beleza e comprovar sua viabilidade como material construtivo seguro.

4.1. CENTRO MAX FEFFER – CULTURA E SUSTENTABILIDADE

Localização: Pardinho – SP

A obra é um espaço institucional privado, porém de uso público, que faz parte do Projeto Pardinho de educação, planejamento e mobilização para o desenvolvimento sustentável no município de mesmo nome. O espaço, doado para a comunidade de toda a região, foi criado pelo Instituto Jatobás²³, construído em uma praça cedida pela prefeitura municipal, e insere-se nas ações do Sistema Ecopolo de Desenvolvimento Sustentável, modelo de gestão político-administrativa desenvolvido e aplicado pela ONG no município (Figura 76).

FIGURA 76 – Centro Max Feffer – Cultura e Sustentabilidade – Pardinho/SP
Fonte: AMIMA (2014)

²³ O Instituto Jatobás/Fazenda dos Bambus é uma ONG, sem fins lucrativos, cuja missão é influir para a ampliação da consciência e oferecer conhecimento para a construção de um caminho coletivo solidário e sustentável. Foi fundado e é presidido por Betty Feffer, uma das principais acionistas do Grupo Suzano, que por sua vez é uma das mais tradicionais organizações empresariais privadas do Brasil (PAINEL FLORESTAL, 2014b).

4.1.1. Dados da obra

Ano do projeto: 2008

Entrega da obra: 2008

Área construída: 1651 m²

Área de estrutura em bambu: aprox. 850 m²

Vão máximo: aproximadamente 12 m

Beiral máximo: 3 m

4.1.2. Ficha técnica

Arquitetura: AMIMA Arquitetura – Arq. Leiko Hama Motomura

Estrutura: NJL Engenharia e Projetos S/C – Eng. Natan Jacobsohn Levental

Espécies de bambu utilizadas

Guadua chacoensis (estrutura principal);

Phyllostachys aurea (estrutura secundária – apoio das telhas).

4.1.3. Análise da estrutura principal

O bambu

Espécie: *Guadua chacoensis*

Empresa fornecedora: Guadua Bambú (Alex Kleine e André Chaluppe)

Origem: Paraguai

Quantidade de colmos: 800 peças contratadas

A escolha pelo bambu para uso como material construtivo nesta obra veio de um pedido da cliente Betty Feffer (Instituto Jatobás/Fazenda dos Bambus), e não através de sugestão da autora do projeto, a arquiteta Leiko Motomura (NÓIA, 2012).

Já a escolha da espécie foi realizada por critérios técnicos, baseados na análise da solução estrutural e do vão a ser vencido, de forma que apresentasse um ótimo desempenho frente às solicitações da obra.

Era necessária a escolha de uma espécie que apresentasse baixa conicidade, colmos retos e diâmetros médios em torno de 10/11 cm. Uma das espécies com maior disponibilidade no Estado de São Paulo, e que inclusive a arquiteta Leiko Motomura já havia trabalhado antes, a *P. pubescens*, também conhecida como “bambu mosô”, cumpria esse pré-requisito; porém, devido às solicitações estruturais, era necessário um bambu com as paredes dos colmos mais grossas. A espécie *D. asper*, que é bastante encontrada principalmente na região do Vale do Ribeira, apresenta colmos com paredes grossas, porém com conicidade elevada; dessa forma, foi descartada. Nessa análise, só restava o gênero *Guadua*.

As espécies do gênero *Guadua* mais utilizadas para construção civil são a *G. angustifolia*, muito comum na Colômbia, Equador e na região norte do Brasil, e a espécie *G. chacoensis*, que é encontrada na região Sul, Oeste dos Estados do Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, na Região Centro-Oeste, Mato Grosso do Sul, principalmente na Bacia do Rio Miranda, além da Bolívia (LINDHOLM, 2007), Sul do Paraguai e Norte da Argentina (LONDOÑO, 2006).

Levando-se em consideração o local da obra, a quantidade de colmos que seria necessária e as distâncias que seriam percorridas com a carga, optou-se pela espécie *G. chacoensis*. Porém, esta não é uma espécie ainda tão cultivada no Brasil; portanto, seria necessária a extração dos colmos de alguma região nativa.

Através de um contato profissional em comum, que desenvolvia um trabalho em uma fazenda no Paraguai que tinha esse bambu nativo, a arquiteta Leiko Motomura conheceu os arquitetos André Chaluppe e Alex Kleine, sócios na empresa Guadua Bambú, do Rio Grande do Sul, que após um período de negociação, firmaram contrato com o Instituto Jatobás para fornecer o bambu *G. chacoensis* (corte, tratamento e entrega em Pardinho) encontrado nessa fazenda do Paraguai. O processo de corte, tratamento e envio de toda a carga de bambus durou cerca de três meses.

Segundo Chaluppe (2017), a encomenda de 800 colmos foi entregue em duas cargas. Contudo, devido a problemas identificados pelo cliente em aproximadamente 20% do total das varas, quando descarregadas em Pardinho, fez-se necessário a entrega de mais 400 varas, como forma de garantia e reposição das peças rejeitadas, totalizando 1200 colmos. (informação por meio eletrônico)²⁴. Segundo

²⁴ Informação fornecida pelo arquiteto André Chaluppe (Guadua Bambú), através de mensagem recebida pelo app Whats App, no dia 07 de dezembro de 2017.

a arquiteta Leiko Motomura, responsável pelo projeto e pela obra, o que se observou nas peças defeituosas, a princípio, foi o ataque do caruncho *D. minutus*, devido ao fato de os colmos colhidos ainda não estarem maduros, apresentando sinais que ainda estavam verdes. Posteriormente, estes mesmos colmos, que foram separados dos demais, começaram a apresentar rachaduras além do aceitável quando comparados a colmos em idade madura (NÓIA, 2012) (Figura 77).

FIGURA 77 – Chegada da primeira carga de bambus – Pardinho/SP
Fonte: AMIMA (2014)

Idade do bambu

Os colmos colhidos não possuíam garantia de idade, assim que sua identificação, para escolha e corte, foi baseada na aparência externa e experiência dos arquitetos/sócios da empresa Guadua Bambú. Esta forma de seleção, extremamente subjetiva, não permite com exatidão o uso da máxima resistência do colmo em projetos estruturais, como afirmaram Correal e Alberlaez (2010) (ver item 2.3.2).

O local onde foram colhidos os bambus é uma área de *G. chacoensis* nativa, onde não é realizada a identificação dos colmos novos para confirmação da idade, nem tampouco manejo ou qualquer tipo de trato cultural, o que acaba influenciando na qualidade final do bambu.

Tratamento

O tratamento foi realizado na própria fazenda onde foram colhidos os colmos, em um tanque que foi escavado no solo e revestido com manta de PEAD, similar ao tanque da Figura 58. O método de

tratamento utilizado foi o de difusão por imersão horizontal a frio, com a utilização de solução de bórax e ácido bórico, com duração de sete dias.

Segundo a arquiteta Leiko Motomura, alguns colmos que foram entregues em Pardinho e que logo sofreram ataque do caruncho, além de terem sido cortados verdes, apresentavam sinais que não haviam sido tratados de forma adequada. Sabendo que os produtos preservativos eram à base de sais de boro (B), seria possível fazer a verificação peça a peça, evitando problemas, confirmando o tratamento e o nível de penetração no colmo, com a utilização do teste colorimétrico.

Caracterização físico-mecânica do bambu

Mediante solicitação do engenheiro calculista de dados de resistência, tais como à tração, compressão, flexão, cisalhamento e módulo de elasticidade do bambu que seria utilizado na estrutura, foram realizados ensaios de caracterização de alguns colmos, selecionados aleatoriamente, no Laboratório de Madeiras e de Estruturas de Madeira (LaMEM) da USP, campus de São Carlos.

4.1.4. Concepção estrutural

A cobertura em duas águas, que possui um vão-livre de aproximadamente 12 m e balanços, na região dos beirais, medindo em torno de 3 m, foi concebida de maneira relativamente simples, com a utilização de mãos francesas (diagonais) que auxiliam na superação do grande vão.

Foram utilizados dois tipos de telhas, uma opaca, de fibra vegetal + asfalto, e outra translúcida, de fibra de vidro, que são apoiadas em colmos da espécie *P. aurea* que, por sua vez, se apoiam em longarinas metálicas. As longarinas metálicas, que contribuem com o formato sinuoso da estrutura, estão fixadas por abraçadeiras metálicas na estrutura principal de bambu e ajudam no travamento lateral desta.

A estrutura de bambu está apoiada em longarinas, que da mesma forma que a cumeeira, são de madeira de eucalipto roliço (Figura 78).

FIGURA 78 – Elevação transversal
Fonte: Ballesté (2017)

Pode-se afirmar que cada módulo é formado por uma “treliça”, porém concebida e executada de forma que cada peça da mesma pudesse ser substituída sem a necessidade de escoramento da estrutura. Trata-se de um sistema com “redundância estrutural”, onde ocorre um superdimensionamento das barras (colmos), com a distribuição dos esforços de forma mais uniforme, o que permite qualquer tipo de intervenção na estrutura sem maiores problemas (NÓIA, 2012; BALLESTÉ, 2017) (Figuras 79 e 80).

FIGURA 79 – Croqui esquemático da mão francesa
Fonte: AMIMA (2017)

FIGURA 80 – Croquis cobertura – ligações colmos
Fonte: Ruggiero (2015)

Como forma de reforço das peças de bambu roliço, nos locais de ligação bambu-bambu ou bambu-eucalipto foram utilizados fios de polipropileno para inibir os esforços de fendilhamento nos colmos, de forma parecida com o realizado por Moré (2003) (Figura 81).

FIGURA 81 – Reforço de ligação resistente a fendilhamento
Fonte: esq. Autor, dir. Moré (2003)

4.1.5. Execução da estrutura

A mão de obra empregada na execução da estrutura era composta por uma equipe de carpinteiros experientes, porém que nunca haviam trabalhado com o material construtivo bambu. Segundo a arquiteta Leiko Motomura, não foi necessário um intenso treinamento para qualificação dos profissionais, que devido à experiência anterior de trabalhar com madeira roliça, se saíram muito bem com o “novo” material, inclusive sugerindo algumas melhorias no processo de montagem (NÓIA, 2012) (Figura 82 e 83).

FIGURAS 82 e 83 – Execução da estrutura
Fonte: AMIMA (2017)

Por outro lado, fica evidente a necessidade de cursos de qualificação de mão de obra para trabalhar com o bambu, como ocorre na Colômbia (SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE, 2006) (Tabela XX).

Servicio Nacional de Aprendizaje SENA	Oferta de Educación
Centro Industrial (Ibagué) Centro Agropecuario (Espinal)	Básico de construcción en guadua
	Planeamiento y ejecución de construcción en guadua
	Sensibilización al proceso de transformación de la guadua
	Trazado, corte y perforación manual de la guadua
	Silvicultura, manejo y aprovechamiento de guaduales
	Introducción a la Silvicultura de la guadua
	Ensamble de productos artesanales en guadua
	Elaboración de cortes en guadua
	Introducción de procesos en la construcción de la guadua
	Sistemas de propagación y preservación de la guadua
	Fabricación de lámparas eléctricas incandescentes en guadua
	Preliminares, manejo de la guadua en construcción
	Alistamiento de elementos estructurales en guadua
	Construcción de estructuras en guadua
	Instalaciones agropecuarias en guadua

TABELA 01 – Cursos de qualificação da Cadeia Produtiva do bambu Guadua – Colômbia
Fonte: SENA (2006)

4.1.6. Patologias pós-ocupação

Idade da estrutura na data da visita: 9 anos

Em visita realizada no dia 31 de maio de 2017 ao Centro Max Feffer e também em levantamento realizado por Ballesté (2017)²⁵ na estrutura analisada, sobre as patologias existentes e suas prováveis causas, pode-se observar:

– 47% das patologias devido a falhas de projeto (arquitetônico e/ou estrutural);

Segundo o arquiteto colombiano Simón Vélez, um dos principais erros cometidos pelos arquitetos que tem pouca ou nenhuma experiência em projetar com bambu é tratar este material construtivo como madeira (BAMBUS, 2015). Neste caso, foi a exposição às intempéries da estrutura por ausência ou

²⁵ A soma dos percentuais fica acima de 100% devido ao fato que algumas patologias podem ter origem em mais de uma das causas.

reduzida proteção física, principalmente na fachada oeste (Figura 84), onde fica evidente o desgaste superficial do colmo provocado pelos raios solares, deteriorando a casca do colmo, o que já provoca o surgimento de fissuras e trincas longitudinais e, assim, à necessidade antecipada de substituição da peça danificada.

FIGURA 84 – Fachada Oeste – Sinais de deterioração da casca do colmo
Fonte: Autor

No caso do projeto estrutural, deve-se levar em consideração a baixa resistência do bambu a esforço cortante paralelo às fibras e ao fendilhamento no caso de ligações. Outra questão muito evidente é a flambagem lateral das peças diagonais (mãos francesas), devido à esbeltez das mesmas e por ausência de travamento.

– 41% das patologias devido à qualidade dos colmos empregados;

Como foi discutido na 3ª reunião da proposta de criação da Norma Brasileira para Estruturas de Bambu²⁶, a importância da garantia de qualidade e procedência do bambu que será empregado em estruturas, tanto com relação à confirmação da idade do colmo como da eficácia no tratamento preservativo, é imprescindível, pois uma matéria-prima de baixa qualidade impede que a estrutura se

²⁶ A 3ª Reunião da proposta para criação da Norma Brasileira de Estruturas em Bambu foi realizada no dia 10 de novembro de 2017, durante a 1ª Expo Bambu, na cidade de Tatuí, São Paulo.

comporte como projetada e dimensionada, apresentando deformações excessivas e redução no prazo de ciclos de manutenção, gerando gastos não previstos e que poderiam ser evitados.

– 33% das patologias devido à falta de manutenção preventiva (limpeza, pintura, dedetização);

Conforme citado pela arquiteta Leiko Motomura, consta em contrato que a obra deve passar por serviço de fumigação preventivo (NÓIA, 2012). Foi confirmado por VIERA, responsável pela administração do Centro Max Feffer, que é realizado serviço de dedetização anualmente, não só da estrutura de bambu, mas de todo o prédio. O serviço é feito no início do mês de setembro de cada ano, e utiliza produto com princípio ativo indicado contra cupins de madeira seca e broca (informação pessoal)²⁷.

O bambu, por ser um material biológico, mesmo que protegido do sol, chuva ou umidade direta, sofre deterioração, e deve passar por processo de limpeza e aplicação de pintura protetora periodicamente, com a utilização de *stain* impregnante com proteção contra a ação dos raios UV ou até mesmo de uma tinta esmalte. Em partes da estrutura que ficarão mais expostas às intempéries, pode-se lixar a superfície da mesma para melhor absorção/aderência do produto utilizado.

O acúmulo de poeira e/ou fuligem sobre a superfície, além de esconder possíveis fissuras e/ou trincas que possam vir a aparecer nas peças estruturais, contribui com o aumento do teor de umidade sobre a superfície da peça – o que, para atender a algum rigor lógico, poderia contribuir para o desenvolvimento de fungos apodrecedores.

– 33% das patologias devido a erros de execução (mão de obra).

Pode-se apontar como agravante o pequeno número ou a quase inexistência de profissionais habilitados para trabalhar com bambu, evidenciando a demanda pela criação de cursos profissionalizantes, tais como os oferecidos na Colômbia pelo *Servicio Nacional de Aprendizaje* (SENA), uma instituição pública colombiana parecida com o Serviço de Aprendizagem Industrial (SENAI).

²⁷ VIEIRA, S. Informações Cobertura Centro Max Feffer. Mensagem recebida por carlos.radaik@usp.br em 11 dez. 2017.

4.2. ESPAÇO CASA BELA BUFFET

Localização: Holambra – SP

A obra é um espaço comercial privado, utilizado para eventos e buffet, e está localizado dentro do recinto de exposições da Expoflora. Foi concebido, inicialmente, para abrigar o “Restaurante Poffertjes”, que fazia parte do “Jardim Holandês – Bar, Café e Parque”, ambiente construído especialmente para a Mostra de Paisagismo e Jardinagem “Minha Casa e Meu Jardim”, da 27ª Edição da Expoflora no ano de 2008 (Figura 85).

FIGURA 85 – Espaço Casa Bela Buffet
Fonte: Espaço Casa Bela Buffet (2017)

4.2.1. Dados da obra

Ano do projeto: 2007/2008

Entrega da obra: 2008

Área construída: aprox. 300 m²

Área de estrutura em bambu: aprox. 300 m²

Vão máximo: aproximadamente 15 m

Beiral máximo: 1 m

4.2.2. Ficha técnica

Arquitetura: Arquitetas Andrea Napoleone e Peitra de Wit

Projeto e execução da estrutura em bambu: Arq. Edoardo Aranha

Espécie de bambu utilizada

Phyllostachys pubescens (mosô)

Origem: Atibaia – SP

Tipo de tratamento: difusão por imersão horizontal a quente;

Produto preservativo utilizado: bórax + ácido bórico.

4.2.3. Análise da estrutura

O bambu

No início de 2008, as arquitetas Andrea Napoleone e Peitra de Wit estavam desenvolvendo um projeto para a Mostra de Paisagismo “Minha Casa e Meu Jardim”, que aconteceria na 27ª Exploflora – edição 2008. O ambiente seria construído ao lado do Espaço Casa Bela Buffet, que já funcionava no Recinto da Expoflora. Foi, então, proposto aos proprietários do restaurante que o mesmo fosse integrado ao projeto de paisagismo através de uma reforma. A idéia foi aceita pelos sócios do restaurante; porém, devido a restrições de investimento, seria necessário a realização de parcerias para viabilizar a reforma/construção proposta.

Uma das parcerias firmadas forneceria a estrutura do novo espaço, que até aquele momento seria metálica. Iniciada a obra, a estrutura antiga já demolida, os sócios do restaurante foram informados que a estrutura metálica que seria fornecida não era possível de ser usada e, para construir a estrutura proposta, seria necessário a aquisição de uma estrutura metálica nova, o que provocaria um aumento no custo acima do orçamento previsto.

Diante do ocorrido, as arquitetas, autoras do projeto, buscaram como alternativa a mudança do material da estrutura de aço para a madeira, porém o custo ainda ficava alto. A terceira alternativa apresentada foi a execução da estrutura utilizando o bambu que, na época, custava metade do valor se comparado com o aço. Os sócios, porém, desconheciam o uso do bambu como material construtivo em estruturas.

Muitas perguntas foram feitas por parte dos proprietários do restaurante sobre o bambu, sua resistência, durabilidade, manutenção, mão de obra, aquisição de matéria-prima, etc. Diante da possibilidade de aceitação do “novo” material, as autoras do projeto apresentaram diversas imagens de obras em bambu pelo mundo que demonstravam a viabilidade do seu uso em grandes estruturas, além da beleza e leveza.

Por fim, foi decidido que a nova estrutura do Espaço Casa Bela Buffet seria construída em bambu, não só pelo custo, que naquele momento era o melhor, mas também pelo efeito estético provocado pelo material roliço, não processado.

Origem, idade e forma de tratamento do material

O arquiteto Edoardo Aranha, durante o mini-curso “Bambu como solução ecológica”, apresentou diversos detalhes sobre a obra do Espaço Casa Bela Buffet ²⁸ (informação verbal).

O bambu utilizado na estrutura, da espécie *P. pubescens*, também conhecido como “bambu mosô”, foi fornecido pelo próprio autor do projeto, que adquiriu os colmos já tratados de um produtor rural da cidade de Atibaia – SP.

A forma de identificação do ponto de maturação foi feita pela aparência externa do colmo, conforme exemplo de foto de plantio de *P. pubescens*, não ocorrendo nenhum tipo de registro oficial da idade.

O tratamento realizado nos colmos foi do tipo difusão por imersão a quente, com a utilização de solução de bórax + ácido bórico como produtos preservativos.

Além do tratamento contra o ataque de organismos xilófagos, todas as peças de bambu da estrutura receberam pintura com função retardante à chama por exigência do Corpo de Bombeiros local, a qual é aplicada periodicamente, conforme orientação do fabricante do produto, porém o proprietário do restaurante não soube informar qual o nome ou marca do mesmo.

4.2.4. Concepção estrutural

O projeto original de autoria das arquitetas Andrea Napoleone e Peitra de Wit, que a princípio seria executado em estrutura metálica, foi reformulado e adequado, resultando em uma nova estrutura inspirada nas construções colombianas, que também fazem parte das referências do arquiteto Edoardo

²⁸ Minicurso ministrado durante a “XI Semana da Engenharia Ambiental” da Escola de Engenharia de São Carlos (EESC)/USP, que aconteceu no dia 20 de maio de 2014.

Aranha, além das particularidades do material construtivo bambu, principalmente com relação às ligações dos elementos.

A cobertura do tipo “shed”, composta por duas águas e com abertura na região da cumeeira, possui um vão-livre em torno de 15 m e balanços, na região dos beirais, medindo 1 m. Foram utilizadas telhas planas do tipo “shingle”, fixadas em chapas de OSB, as quais, por sua vez, são apoiadas em vigotas de madeira com seção 5 cm x 10 cm. A estrutura principal é composta por treliças de bambu, as quais possuem o banzo superior com seção composta tripla e o banzo inferior, dividido em três partes, sendo as duas laterais em seção composta dupla, e a parte central formada por um cabo de aço (Figura 86).

FIGURA 86 – Detalhe treliça em bambu
Fonte: Autor

As treliças de bambu são apoiadas em pilares compostos, formados a partir de quatro colmos, unidos por espaçadores feitos de partes de colmos de bambu, e que cumprem a função também de apoio para as mãos francesas que enrijecem o conjunto pilar + treliça.

As ligações das peças das treliças são feitas, a depender da região, com a utilização de barras rosqueadas, entalhes do tipo “boca de peixe” e também com o uso de barras chatas aparafusadas. (Figura 87 e).

Antes os pilares são apoiados e fixados, através de pedaços de vergalhões grouteados nos colmos e ancorados nos mesmos blocos de concreto que servem tanto de apoio, quanto também cumprem a função de destacar e proteger as extremidades inferiores dos pilares da umidade ascendente (Figura 88 d).

FIGURA 87 – Detalhe ligação treliça (e) e extremidade inferior do pilar (d).

Fonte: Autor

4.2.5. Execução da estrutura

Toda a execução da estrutura ficou a cargo do arquiteto Edoardo Aranha e de sua equipe, que já tinha experiência com bambu devido à realização de trabalhos anteriores. Devido ao contratempo da mudança de material da estrutura, do aço para bambu, e por consequência toda a fase de reformulação do projeto, a parte em bambu foi iniciada em maio, com o projeto e obra entregues em meados no meio de agosto.

Boa parte da estrutura foi trazida pré-montada (pilares e banzos), o que contribuiu para a agilidade da execução. Durante todo o período da obra, não foi necessária a utilização de nenhum equipamento para içar qualquer parte da estrutura, somente o uso de andaimes como apoio, o que demonstra que o fato do bambu ser oco e por consequência leve, contribui com a rapidez na montagem (Figura 88).

FIGURA 88 – Espaço Casa Bela Buffet – montagem da estrutura de bambu
Fonte: Espelho D'Água (2017)

4.2.6. Patologias pós-ocupação

Idade da estrutura na data da visita: 9 anos

Em visita realizada no dia 01 de dezembro de 2017 ao Espaço Casa Bela Buffet, foi feita uma análise e levantamento fotográfico do estado atual da estrutura, e das principais patologias existentes descrevendo-se as suas prováveis causas.

A patologia mais nítida na estrutura foi a existência de grande quantidade de colmos com aberturas²⁹ das mais diversas espessuras e comprimentos, desde pequenas fissuras de secagem ou fendilhamento provocadas no momento do aperto das barras rosqueadas e que ficaram contidas no entrenó, até grandes trincas, ultrapassando vários entrenós de comprimento, o que pode evidenciar a ruptura da peça por flexão ou esmagamento.

Encontrou-se um dos pilares compostos, com um trecho de um dos colmos esmagado na região de apoio das diagonais, o que poderia ser evitado talvez com a injeção de groute no entrenó (Figura 89).

²⁹ De acordo com a espessura da abertura ela pode ser classificada em fissura (até 0,5 mm), trinca (0,5 mm a 1,5 mm), rachadura (1,5 mm a 5,0 mm), o que também pode servir de parâmetro para a gravidade da patologia (PAULA E SILVA; JONOV, 2018).

FIGURA 89 – Pilar esmagado na região de apoio da diagonal
Fonte: Autor

Muitos dos pilares apresentavam trincas na região de apoio, inclusive deixando exposto o *groute* utilizado para a fixação dos mesmos no bloco de concreto. Observou-se que em muitos casos foram aplicadas abraçadeiras metálicas para evitar a propagação da abertura ao longo do comprimento do colmo (Figura 90).

FIGURA 90 – Pilar com colmos apresentando aberturas longitudinais e aplicação de abraçadeiras metálicas
Fonte: Autor

Nota-se que os elementos de contraventamento submetidos a esforços de compressão, apresentam deformações grandes, talvez pelo comprimento de flambagem da peça ser muito elevado.

Ainda com relação às peças deformadas, muitos trechos dos banzos, principalmente o superior, onde as vigotas da trama do telhado se apoiam, foram observadas flechas excessivas e alguns montantes flambados (Figura 91).

FIGURA 91 – Peças deformadas
Fonte: Autor

Algumas pontas dos banzos superiores, na região dos beirais, apresentam elevado grau de deterioração por fungos, que apesar de terminarem com um nó, como sugerem as boas práticas construtivas com colmos estão expostas por falta de proteção (Figura 92).

FIGURA 92 – Detalhe ponta do banzo deteriorada
Fonte: Autor

É feita a verificação anual de toda a estrutura com relação a ataque de organismos xilófagos pela equipe de manutenção da própria empresa proprietária, que possui outros restaurantes em Holambra, e quando necessário, aplica-se, de forma localizada, um produto à base de piretróide.

Segundo um dos sócios, o senhor Pablo Schoenmaker, o autor do projeto, o arquiteto Edoardo Aranha, visita a obra quando solicitado, sem cobrar nenhum tipo de honorários, geralmente para avaliar algum tipo de suspeita ou ocorrência que possa gerar preocupação aos proprietários, seja pelo surgimento de alguma abertura nova (fissura, trinca ou rachadura), deformação excessiva de alguma peça, etc.

4.3. GALPÃO OFICINA DA ASSOCIAÇÃO AGROECOLÓGICA VIVERDE – ASSENTAMENTO RURAL HORTO DE AIMORÉS

Localização: Pederneiras – SP

A obra é um galpão/oficina, fruto de um projeto de extensão universitária, o Projeto Bambu, idealizado e realizado na UNESP, campus de Bauru, desde 1990, pelo professor Dr. Marco Antônio dos Reis Pereira, que desenvolve pesquisa na cadeia produtiva do bambu.

Desde 2008, este projeto passou a ser desenvolvido junto à comunidade do assentamento rural Horto de Aimorés na cidade de Pederneiras, através de um grupo de famílias já organizadas, a Associação Agroecológica Viverde, com o foco na capacitação de agricultores dentro da cadeia produtiva do bambu e à geração de renda.

O projeto contou com apoio institucional da UNESP, da FEB, da FAAC, da Pró-Reitoria de Extensão Universitária (PROEX), da Universidade Solidária (UNISOL) /Banco Santander e do Instituto 3M (Figura 93).

FIGURA 93 – Galpão oficina da Associação Agroecológica Viverde
Fonte: Autor (2017)

4.3.1. Dados da obra

Ano do projeto: 2008

Entrega da obra: 2012

Área construída: 320 m²

Área de estrutura em bambu: aprox. 320 m²

Vão máximo: 8,25 m

Beiral máximo: 2,60 m

4.3.2. Ficha técnica

Arquitetura e estrutura: UNESP, campus Bauru:

Departamento de Design;

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental;

Departamento de Engenharia Mecânica.

Espécie de bambu utilizada

Dendrocalamus asper (JAVARONI et al, 2012).

4.3.3. Análise da estrutura principal

O bambu

A escolha do bambu como material construtivo desta estrutura, veio de forma natural como mais uma etapa do Projeto Bambu, que realiza atividades de extensão com os moradores desse assentamento, junto à cadeia produtiva do bambu, como retrocitado.

Origem, idade e forma de tratamento do material

A preferência pela espécie *D. asper*, plantada de forma tecnificada no Laboratório de Pesquisa do Bambu, foi devido a sua maior disponibilidade, características físico-mecânicas e geométricas conhecidas, além da linearidade de seus colmos.

Segundo Pereira (2006), a idade escolhida dos colmos foi em torno de 3,5 anos, por ser aquela que em que os mesmos estão maduros em termos de suas características de resistência mecânica.

Os colmos foram tratados pelo método Boucherie modificado utilizando como material preservativo solução de bórax, e tratamento complementar através de injeção nos entrenós de PENTOX® (cipermetrina). Após a aplicação do produto no entrenó, os furos foram tampados com uma mistura de cola branca PVA e serragem de bambu (PEREIRA et al., 2012).

4.3.4. Concepção estrutural

O galpão/oficina é composto de nove pórticos, espaçados a cada 3 m, formados por duas treliças de bambu, apoiadas em dois pilares de seção circular, de madeira de aroeira (*Astronium gracile* Engler), engastados no solo. Para o contraventamento dos pórticos foram utilizados cabos de aço.

A cobertura é formada por duas águas, com vão-livre de 8,25 m, e beirais medindo 2,54 m. Utiliza telhas metálicas trapezoidais, fixadas em terças formadas a partir de colmos com diâmetro médio de 12 cm. As terças por sua vez, são apoiadas em vigas triplas compostas (banzo superior) formadas por três colmos, com diâmetro médio de 12 cm, sendo dois contínuos e o terceiro, posicionado ao centro, é formado por pedaços menores, que servem de espaçadores e enrijecedores do conjunto (Figura 94).

As vigas triplas são apoiadas em pilares inclinados duplos (diagonais) com diâmetro médio de 15 cm, que descarregam nos pilares de seção circular de madeira de aroeira. Para o travamento dos pilares inclinados, e também redução do comprimento de flambagem destes, foi fixado um colmo, que além de travar o pórtico, diminui o comprimento de flambagem das peças conectadas (Figura 99).

Os pilares de seção circular de madeira, provenientes de reutilização de antigos postes de iluminação urbana, e que foram doados pela Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL), possuem diâmetro médio de 25 cm, e foram concretados no solo, a uma profundidade de 5 m, servindo já de fundação para o galpão. Seu comprimento acima do solo possui 2,10 m.

A estrutura foi dimensionada com auxílio de programa computacional (cálculo dos esforços solicitantes e deslocamentos), considerando-se todas as ações atuantes nesta, ações permanentes (peso próprio), sobrecargas no telhado (instalações elétricas e hidráulicas, e pequenos equipamentos) e as ações do vento. Para o dimensionamento, por ausência de uma norma brasileira específica para estruturas de bambu (ver item 2.3.6), utilizou-se a norma brasileira de Projeto de Estruturas de Madeira, a NBR 7190 (Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, 1997) (JAVARONI et al., 2012).

FIGURA 94 – Elevação pórtico
Fonte: Pereira et al. (2012)

Segundo Javaroni et al. (2012), para o dimensionamento das ligações dos pilares inclinados (diagonais) e os pilares de madeira, devido à ausência de informações sobre o comportamento desse tipo de ligação e a necessidade de parâmetros para o dimensionamento, foram realizados dois ensaios em escala real das barras, uma submetida a esforço de compressão que obteve o resultado de 130 kN como força de ruptura, e outra sob esforço de tração que atingiu o resultado de 60 kN (Figura 95).

FIGURA 95 – Ensaios das ligações: compressão (e) e tração (d)
Fonte: Javaroni et al. (2012)

4.3.5. Execução da estrutura

Devido à ênfase na construção da edificação em módulos pré-fabricados e pré-montados em bambu, o preparo, a aplicação e a finalidade de cada elemento foram especificadas e muito bem detalhadas (JAVARONI et al., 2012).

A execução da estrutura se deu em duas etapas: a pré-fabricação das peças, que consiste na fabricação de componentes e/ou partes da estrutura (Figura 96) e a pré-montagem da estrutura, que consiste na montagem de partes da estrutura final, ambas atividades realizadas em local distinto da obra, que neste caso ocorreu no Laboratório de Experimentação com Bambu da UNESP – Bauru (Figura 108).

Em paralelo aconteciam as atividades de terraplanagem do terreno, execução da fundação, posicionamento e concretagem dos pilares de madeira (AZAMBUJA et al., 2012).

FIGURA 96 – Montagem das vigas triplas (brazos superiores)
Fonte: Pereira et al., (2012)

Nas ligações entre bambus foram usadas somente barras rosqueadas, sem conexões do tipo “boca de pescado” que exigem um trabalho manual específico, quase artesanal, e as ligações entre os bambus e chapas metálicas foram realizadas com o uso de barras rosqueadas e *groute* (AZAMBUJA et al., 2012) (Figuras 96 e 97).

FIGURA 97 – Montagem dos pórticos em gabarito
Fonte: Pereira et al., (2012)

A montagem final da estrutura foi realizada no canteiro com o auxílio de um guincho (caminhão *Munck*), para içamento das peças, e demorou três dias (Figura 98).

FIGURA 98 – Início da montagem dos pórticos
Fonte: Viverde (2011)

4.3.6. Patologias pós-ocupação

Idade da estrutura na data da visita: 5 anos

Em visita realizada no dia 08 de junho de 2017 ao Galpão oficina da Associação Agroecológica Viverde, foi feita uma análise e levantamento fotográfico do estado atual da estrutura, e das principais patologias existentes com as suas prováveis causas.

A patologia mais nítida na estrutura é provocada pelos raios UV nos colmos que estão expostos nas fachadas de maior incidência solar (Figura 99). O processo de degradação provoca, inicialmente, a mudança na coloração do córtex, o que deixa a superfície externa com uma cor cinza. A continuidade desse processo, por ausência de manutenção (corretiva) pode levar o colmo a apresentar rachaduras, reduzindo as propriedades de resistência mecânica do mesmo.

FIGURA 99 – Aspecto da fachada antes (e) e depois (d)
Fonte: Viverde (2011) e Autor

Nota-se também que algumas peças que compõem os pilares inclinados (diagonais) apresentam rachaduras e necessitaram de abraçadeiras metálicas como forma de impedir a continuidade desse processo (Figura 100).

FIGURA 100 – Aspecto das peças do pilar (diagonais) de fachada
Fonte: Autor

Outra patologia é encontrada nas pontas das vigas triplas, das terças, e ao longo do comprimento das terças duplas (beirais) que apresentam sinais de degradação por fungos, provocada pela ausência de calha e baixa inclinação do telhado, agravada pela extremidade desprotegida dos colmos, seja pela falta de um nó ou de algum tipo de material de preenchimento (Figura 101).

FIGURA 101 – Aspecto das terças na fachada
Fonte: Autor

Internamente, o galpão/oficina se apresenta em muito bom estado, ficando nítido pelo aspecto dos colmos, que ainda apresentam a pintura protetora do tipo *stain*. Alguns colmos apresentam rachaduras, porém nada que seja preocupante. A estrutura de uma forma geral se apresenta íntegra, sem deformações provocadas por ruptura de peças, erros de dimensionamento ou baixa qualidade dos colmos (idade ou tratamento ineficiente) (Figura 102).

FIGURA 102 – Aspecto interno do galpão/oficina
Fonte: Autor

4.4. CENTRO COMUNITÁRIO DE CAMBURY

Localização: Ubatuba – SP

A obra é um espaço comunitário que atende à Associação dos Moradores e Amigos do Cambury (AMAC), e foi construída com a finalidade de abrigar atividades educativas e culturais. A estrutura toda é composta por três edificações, sendo duas laterais, onde em uma delas fica a sala de aula e biblioteca, na outra lateral a cozinha e os banheiros, e na parte principal (central) um salão para reunião e eventos (Figura 103).

Todo o projeto foi desenvolvido e patrocinado pela ONG VSW *Bamboostic* (Bélgica), que teve como proposta envolver a comunidade diretamente em todo o processo da construção, gerando oportunidade de capacitação e aprendizagem de técnicas em materiais construtivos não convencionais. Toda a mão de obra envolvida foi formada por moradores da comunidade de Cambury, os quais foram remunerados pela própria ONG.

FIGURA 103 – Vista geral do Centro Comunitário de Cambury
Fonte: Autor

4.4.1. DADOS DA OBRA

Ano do projeto: 2005 / 2006

Entrega da obra: 2006

Área de estrutura em bambu: aprox. 220 m²

4.4.2. FICHA TÉCNICA

Arquitetura: Arq. Sven Mouton – ONG VSW *Bamboostic* (Bélgica)

Estrutura: Prof. Khosrow Ghavami – PUC-Rio

Espécies de bambu utilizadas:

Phyllostachys pubescens (estrutura da cobertura)

Origem: Parati – RJ

Empresa fornecedora: Parati Flora (Danilo Candia)

Dendrocalamus asper (pilares)

Origem: Ubatuba – SP (Os colmos foram colhidos na própria região do Quilombo Cambury e também no Horto Florestal de Ubatuba)

Tipo de tratamento: todos os colmos utilizados na obra (colhidos e comprados) foram tratados pelo método de difusão por imersão horizontal a frio;

Produto preservativo utilizado: 5% bórax + 5% ácido bórico;

Duração do tratamento: sete dias;

4.4.3. Análise da estrutura

O bambu

Segundo Moutom, os bambus, com idade não confirmada, porém que foram colhidos maduros baseados na aparência externa, foram tratados em um tanque, feito em alvenaria de pedras da própria região, construído ao lado do local da obra. A intenção com a construção dessa estrutura era que a comunidade, a partir da capacitação realizada durante a construção do Centro Comunitário, pudesse tratar os colmos que fossem colhidos na própria região do Quilombo Cambury e assim poder construir outros tipos de equipamentos que atendessem as demandas da comunidade, ou então teriam a possibilidade de vender os colmos já tratados para fora, como uma forma de agregar valor ao produto (informação pessoal)³⁰ (Figura 104).

FIGURA 104 – Tanque de tratamento
Fonte: Autor

³⁰ MOUTOM, S. **Informações obra Cambury**. Mensagem recebida em 08 de março de 2018 pelo e-mail: carlos.radaik@gmail.com.

4.4.4. Concepção estrutural

Edificação principal

É uma edificação em formato retangular que possui cobertura em duas águas, com toda a estrutura e trama do telhado feita em bambu, com exceção das ripas, onde estão apoiadas as telhas cerâmicas, que são de madeira na bitola 2,5 cm x 5 cm. Possui um vão-livre de 5 m, beiras medindo 1 m, e pé direito com 4 m nas laterais, e 6 m na região da cumeeira.

A estrutura foi concebida de maneira relativamente simples, com a utilização de treliças com banzos inferiores duplos, que utiliza colmos da espécie *P. pubescens*, e está apoiada em pilares compostos, formados por quatro colmos de bambu da espécie *D. asper*, enrijecidos através de espaçadores feitos com pedaços de colmos (Figura 105), e apoiados por sua vez em blocos de alvenaria de pedra.

FIGURA 105 – Treliça de cobertura
Fonte: Autor

Todas as ligações são aparafusadas, com a utilização de barras rosqueadas, porém no encontro das peças de bambu, também foram realizados encaixes do tipo “boca de pescado”. Nas ligações onde os colmos se encontram perpendicularmente, o entrenó da peça horizontal é preenchido com argamassa para evitar o colapso do colmo por esmagamento (Figura 106).

FIGURA 106 – Detalhe do enchimento do entrenó – Pré-fabricação das treliças
Fonte: Bamboostic (2015)

Edificações laterais

São duas edificações, com áreas construídas iguais, implantadas em paralelo com a edificação principal. Possuem planta em formato retangular, com cobertura em uma água que utiliza telhas leves de fibra + asfalto, com toda a estrutura e trama do telhado feita em bambu, e possuem um vão-livre de 3 m, beiras medindo 1 m, e pé direito com 2,5 m.

4.4.5. Execução da estrutura

A primeira edificação construída foi a principal. Foi executada a fundação, as vigas baldrame e os blocos, onde foram deixadas as esperas para a ancoragem dos pilares dos compostos, formados por quatro colmos cada.

Na sequência, os pilares feitos a partir de colmos de *D. asper* foram posicionados sobre as esperas, apurados e groutados com uma argamassa fluída de cimento+areia. Em paralelo, as treliças da cobertura iam sendo construídas. Durante todo o período que antecipou a colocação das telhas e finalização da cobertura, tanto os pilares que já estavam groutados na sua posição final, como as treliças que iam sendo finalizadas no chão, eram protegidas, com a utilização de um plástico para proteção do bambu, tanto do sol como da chuva (Figura 107).

FIGURA 107 – Montagem da estrutura – edificação principal
Fonte: CRU! architects (2017)

Conforme as treliças eram posicionadas, fixavam-se algumas terças, que além de ajudar na montagem da estrutura, já compunham a trama do telhado. Todas as ligações entre os bambus foram executadas com a utilização de barras rosqueadas. Por fim, a estrutura do telhado era finalizada, colocavam-se as ripas de madeira, fixadas nos colmos com a utilização de barras rosqueadas, e as telhas cerâmicas. Como a estrutura principal possui um pé direito de 4 m nas laterais, e na região da cumeeira de 6 m, foi necessário a utilização de andaimes para auxiliar nos trabalhos, porém não foi preciso a utilização de nenhum equipamento de içamento para levantar e posicionar as treliças sobre os pilares.

As edificações laterais foram executadas na mesma ordem de atividades, porém por serem mais baixas, de menor área e com cobertura em apenas uma água, foram finalizadas mais rápido (Figura 108).

FIGURA 108 – Montagem da estrutura – edificação lateral
Fonte: CRU! architects (2017)

4.4.6. Patologias pós-ocupação

Idade da estrutura na data da visita: 11 anos

Em visita realizada no dia 09 de julho de 2017 ao Centro Comunitário de Cambury, foi feita uma análise e levantamento fotográfico do estado atual da estrutura, e das principais patologias existentes com as suas prováveis causas.

Segundo a ex-presidente da AMAC e atual tesoureira da associação, a Sra. Vanusa, os arquitetos autores do projeto retornaram à comunidade no ano de 2016 com um grupo de estudantes de arquitetura da Bélgica, e realizaram, a princípio, a manutenção de parte da estrutura – pilares, com limpeza e aplicação de *stain* com proteção UV (Figura 109). Como o grupo de arquitetos tinha como planos a execução de mais uma edificação para a localidade, neste caso uma padaria comunitária, a manutenção do restante da estrutura antiga seria feita ao longo de 2017.

FIGURA 109 – Detalhe pilares após manutenção
Fonte: Autor

Como observado nas outras estruturas dos estudos de caso, e encontrado também nas edificações de Cambury, um ponto crítico para a durabilidade do bambu é a degradação fotoquímica provocada pela radiação UV, que atua principalmente sobre os constituintes químicos da casca, causando alterações na coloração e na estrutura celulósica do colmo.

Na edificação principal, na fachada poente – Oeste, nota-se um estado avançado de deterioração da treliça de cobertura, inclusive com uma das diagonais aparentemente rompidas (Figura 110 e 111).

No geral, as estruturas se apresentam em bom estado, inclusive apresentando poucos sinais de trincas e fissuras nos colmos.

FIGURA 110 – Edificação principal – fachada Oeste
Fonte: Autor

FIGURA 111 – Detalhe diagonal de treliça rompida
Fonte: Autor

4.5. CASA DO ARTESÃO DE PIRACAIA

Localização: Piracaia – SP

A Casa do Artesão e Atendimento ao Turista de Piracaia é um espaço comunitário que atende a Associação dos Artesãos de Piracaia, e foi construída a partir da compensação ambiental da obra de duplicação da Rodovia Fernão Dias. Ela faz parte do Plano de Desenvolvimento Sustentável, implementado pela Coordenadoria de Planejamento Ambiental (CPLA), da Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo (SMA), para os municípios da área de influência da duplicação da Rodovia Fernão Dias. A obra é composta por duas edificações, sendo a principal, onde ocorrem as exposições dos artistas da cidade, e um anexo, que possui um pequeno Café, com um fogão a lenha. Foi inaugurada no dia 13 de junho de 2008 (Figura 112).

FIGURA 112 – Vista geral – fachada principal
Fonte: Autor (2017)

4.5.1. DADOS DA OBRA

Entrega da obra: 2008

Área construída: 250 m²

Área de estrutura em bambu: 250 m² (190 m² no prédio principal e 60 m² no anexo)

Vão máximo: 6 m

Beiral máximo: 2 m

4.5.2. FICHA TÉCNICA

Arquitetura: Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB)

Arquitetas: Nilma Mieko Yamato e Ana Regina Borges

Construção: SEC Engenharia

Arquitetura e construção em bambu: Ebiobambu – Arquiteta Celina Llerena

Espécies de bambu utilizadas:

Phyllostachys pubescens (estrutura da cobertura)

Origem: São Paulo – SP

4.5.3. Análise da estrutura

O bambu

Devido aos recursos financeiros empregados na construção da Casa do Artesão de Piracaia serem fruto da compensação ambiental da obra de duplicação da Rodovia Fernão Dias, decidiu-se que a obra deveria seguir preceitos da arquitetura sustentável. Dessa forma, a escolha do bambu como material construtivo da cobertura ocorreu de forma natural, com a estrutura de apoio em madeira de eucalipto e a alvenaria em blocos de solo-cimento (SÃO PAULO, 2008).

Origem, idade e forma de tratamento do material

A escolha da espécie *P. pubescens* (bambu mosô) foi devido a sua maior disponibilidade na região da Grande São Paulo, graças à presença da colônia japonesa na região, das características físico-mecânicas e geométricas, e principalmente devido à linearidade de seus colmos (LLERENA, 2017) (informação verbal)³¹.

O bambu utilizado foi comprado “em pé” em um sítio no bairro de Parelheiros, Região Extremo Sul de São Paulo, e colhido pela equipe da Ebiobambu. Devido ao fato de nesta plantação não ser feito o registro da idade dos colmos, estes foram selecionados conforme o critério de aparência externa (ver item 2.3.2).

³¹ Informação fornecida pela arquiteta Celina Llerena (Ebiobambu), durante a Expo Bambu, em Tatuí, 2017.

Após o transporte da carga de bambus, provenientes de São Paulo, até a cidade de Piracaia, e por eles ainda estarem com teor de umidade elevado, iniciou-se o processo de pré-tratamento dos colmos (limpeza e secagem), para posterior tratamento.

Primeiramente os colmos foram limpos com palha de aço 0; na sequência foi passado o maçarico em todo o comprimento do colmo, até começar a ocorrer a exsudação da seiva pela superfície da casca, procedimento muito utilizado em bambus do gênero *Phyllostachys* (PEREIRA; BERALDO, 2008). Por fim, foi aplicado, com o uso de um pedaço de estopa, óleo diesel sobre a superfície do colmo, o que ajuda a remover da casca o material exsudado, além de contribuir com o acabamento externo, conferindo um aspecto brilhoso à superfície do colmo (Figura 113). Este tipo de tratamento, calor + óleo diesel, somente apresenta bons resultados em bambus do gênero *Phyllostachys*.

FIGURA 113 – Limpeza e pré-tratamento dos colmos
Fonte: Ebiobambu (2008)

Antes de iniciar o tratamento pelo método de injeção nos entrenós (ver item 2.3.3) foram feitos furos nos entrenós, próximos a região dos diafragmas, para posterior injeção do produto preservativo (Figura 114). Depois de realizada a aplicação nos colmos, os furos foram tampados, e os colmos foram agitados, para distribuição da solução preservativa, e colocados inclinados em um varal para finalizar a secagem (Figura 115). Foi utilizada solução preservativa a base de 15% octaborato dissódico tetrahidratado, 2% cipermetrina e 1% DDVP.

FIGURA 114 – Furação e injeção da solução preservativa
Fonte: Ebiobambu (2008)

FIGURA 115 – Bambus em varal para secagem
Fonte: Ebiobambu (2008)

4.5.4. Concepção estrutural

A edificação principal, onde funciona a Casa do Artesão, é formada por uma cobertura em duas águas, coberta com telhas de tubos reciclados de pasta de dente, com toda a estrutura formada por colmos de bambu, que por sua vez, esta apoiada em uma estrutura composta por viga de respaldo e pilares de madeira de eucalipto roliço.

O projeto arquitetônico inicial previa que toda a região entre a viga de respaldo de eucalipto e o telhado seria aberta. Porém, por se tratar de uma região com ventos muito fortes, posteriormente essa parte da estrutura foi fechada com esteiras de bambu trançado.

A estrutura é formada por uma sequência de treliças, com banzos superiores em seção composta, formados por um par de colmos, que sustentam as terças e a telhas, que por sua vez, se apoiam nos pilares de eucalipto roliço.

Na região dos beirais, diagonais apoiadas na viga de respaldo de eucalipto roliço, sustentam as terças de bambu.

A edificação do anexo, onde funciona o Café e o fogão a lenha, é formada por uma cobertura em quatro águas, coberta com o sistema de “telhado verde”, que se apóia em placas de partículas de madeira orientadas – OSB. Por sua vez, estas placas se apoiam em colmos de bambu, que descarregam em treliças formadas por peças de bambu. Por fim, as treliças estão apoiadas em pilares roliços de madeira de eucalipto.

4.4.5. Execução da estrutura

Toda a execução da estrutura de bambu foi realizada pela equipe da Ebiobambu. Para auxiliar os operários durante o processo, foi utilizada uma maquete feita de varetas de bambu (Figura 116).

Os trabalhos de execução da estrutura em bambu só foram iniciados quando toda a estrutura de eucalipto estava finalizada. Em nenhum momento foi utilizado qualquer tipo de equipamento para auxiliar no içamento dos colmos de bambu, o que demonstra uma das vantagens de se trabalhar com esse tipo de material construtivo.

FIGURA 116 – Maquete de varetas de bambu
Fonte: Ebiobambu (2008)

Devido ao tipo de desenho escolhido para as treliças, estas precisaram ser montadas já posicionadas na sua posição final, em vez de serem montadas no chão e posicionadas posteriormente nos apoios. Por conta disso, foi necessária a utilização de andaimes servindo como apoio para as peças de bambu enquanto não estavam finalizadas, e para auxiliar no trabalho em altura da mão de obra (Figura 117).

FIGURA 117 – Estrutura em execução
Fonte: Ebiobambu (2008)

Todas as ligações, com exceção das emendas de colmos, sejam elas bambu-bambu ou bambu-eucalipto, são do tipo “boca de pescado”, com a utilização de barras rosqueadas na primeira, e parafusos com rosca soberba na segunda, sendo que neste último, os bambus foram pré-furados.

O uso de ligações do tipo “boca de pescado”, em suas obras, comprova a referência da arquitetura de bambu colombiana nas obras da arquiteta Celina Llerena. Por outro lado, o processo de execução deste tipo de ligação exige uma equipe experiente em trabalhos com bambu, devido a sua execução ser quase artesanal.

Nas extremidades de alguns colmos, como forma de evitar ou minimizar os esforços de fendilhamento, foram usadas fitas perfuradas como abraçadeiras.

4.4.6. Patologias pós-ocupação

Idade da estrutura na data da visita: 9 anos

Em visita realizada no dia 07 de julho de 2017 à Casa do Artesão de Piracaia, foi feita uma análise e levantamento fotográfico do estado atual da estrutura, e das principais patologias existentes com as suas prováveis causas.

A principal patologia observada e talvez a mais comum em estruturas de bambu, são as fissuras e trincas longitudinais nos colmos. Neste caso em específico, pode-se dizer que provocadas por diversas causas, tais como distribuição irregular de esforços por má execução de ligação do tipo “boca de pescado” (Figura 118), dilatação e retração, principalmente na fachada poente, utilização de parafuso com rosca soberba, na ligação bambu – eucalipto (Figura 119).

FIGURA 118 – Rachadura em colmo a partir de ligação do tipo “boca de pescado”
Fonte: Autor

FIGURA 119 – Ligação bambu – pilar com uso de parafuso com rosca soberba
Fonte: Autor

Outro ponto observado são as pontas dos banzos superiores e das terças, que na sua maioria, não apresentam um nó de extremidade ou algum outro tipo de enchimento, possibilitando a entrada de pássaros e insetos e com isso aumentando a chance de deterioração do colmo.

Foi encontrada, durante a vistoria, uma mão francesa utilizada como apoio do beiral completamente “solta”, ou seja, sem função estrutural nenhuma (Figura 120), e sem sinais da estrutura estar deformada, o que levanta a hipótese da estrutura, talvez em alguns pontos, estar superdimensionada.

FIGURA 120 – Peça estrutural falhada
Fonte: Autor

Segundo o Sr. Felipe Stein³², um dos representantes dos Artesãos de Piracaia que utilizam o espaço e que nos recebeu durante a visita, periodicamente a estrutura passa por manutenção preventiva, sendo executada a aplicação de verniz (interno e externo), colocação de abraçadeiras nos bambus que apresentam as maiores trincas, etc., isso tudo com apoio financeiro da Prefeitura Municipal de Piracaia (Informação verbal).

³² Informação fornecida pelo fotógrafo Felipe Stein, durante visita realizada à Casa do Artesão de Piracaia, Piracaia, 2017.

Outro fato curioso relatado foi pelo Sr. Felipe Stein que no ano de 2010, durante um temporal que atingiu a cidade, uma forte rajada de vento provocou um grande destelhamento da edificação, porém a estrutura em bambu não sofreu nenhum tipo de dano.

No geral, a obra que possui quase dez anos de idade, se apresenta em bom estado de conservação, mesmo dependendo de recursos públicos da Prefeitura Municipal de Piracaia (Figura 121).

FIGURA 121 – Vista interna da estrutura evidenciando o bom estado da mesma
Fonte: Autor

FORNECEDORES DE INSUMOS Adubos e Fertilizantes Defensivos Corretivos Sementes e mudas Máquinas e equipamentos	PROPRIEDADE AGRÍCOLA Plantio Manejo Extração/colheita	AGRO-INDÚSTRIA (Processadores) Pré-beneficiamento e Beneficiamento	COMÉRCIO ATACADISTA Armazenagem Distribuição	COMÉRCIO VAREJISTA Venda final	CONSUMIDOR FINAL
					Transformação
Centro Max Feffer Cultura e Sustentabilidade	Não utilizado Bambuzal nativo	Bambu nativo Não é realizado Colheita baseada na identificação visual	Realizado pela empresa terceirizada Guadua Bambu, que atendeu por demanda (pouca estrutura).	Não ocorreu	Instituto Jabobás/Betty Feffer
					AMIMA – Arq. Leiko Motomura, com mão de obra sem conhecimento sobre bambu, qualificada no canteiro
Espaço Casa Bela Buffet	Não informado	Produtor rural Não informado Colheita baseada na identificação visual	Realizado pelo arquiteto e construtor da estrutura, Edoardo Aranha.	Não ocorreu	Espaço Casa Bela Buffet
					Arq. Edoardo Aranha, com mão de obra qualificada
Galpão oficina Associação Agroecológica Viverde	Aquisição de mudas, adubos e equipamentos para formação do campo de propagação da UNESP/Bauru	Plantio tecnificado Manejo anual Colheita baseada na Idade dos colmos	Realizado por membros da Associação Viverde, funcionários da UNESP/Bauru e alunos do grupo Taquara	Não ocorreu	Projeto de extensão universitária, Projeto Bambu – UNESP/Bauru
					Projeto desenvolvido com foco em pré-fabricação e pré-montagem dos elementos
Centro Comunitário de Cambury	Não informado	Produtor rural Não informado Colheita baseada na identificação visual	Empresa Parati Flora (<i>P. pubescens</i>) ONG Bamboostic (<i>D. asper</i>)	Não ocorreu	ONG Bamboostic e AMOC
					ONG Bamboostic com mão de obra sem conhecimento sobre bambu, qualificada no canteiro
Casa do Artesão de Piracaia	Não informado	Produtor rural Não informado Colheita baseada na identificação visual	Realizado por funcionários da Ebiobambu	Não ocorreu	Secretaria de Meio Ambiente / Prefeitura de Piracaia
					Ebiobambu – Arq. Celina Llerena, com mão de obra qualificada

TABELA 02 – Síntese dos estudos de caso

Fonte: Autor

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No início desta pesquisa, foram feitas algumas perguntas a respeito do uso do bambu como material construtivo no Brasil. Por que esse vegetal ainda é tão pouco utilizado como material construtivo no país? Haveria lacunas ou setores não consolidados na sua cadeia produtiva? Quais são os setores e as atividades da cadeia produtiva que possuem maior desenvolvimento? Quais são as oportunidades de melhoria? De que maneira as obras e/ou estruturas construídas em bambu foram viabilizadas? Partindo do estudo de obras situadas no Estado de São Paulo, procurou-se responder a essas perguntas.

Embora o bambu no formato roliço, entre os materiais construtivos do futuro, por suas qualidades físico-mecânicas, além das ambientais, econômicas e sociais, possa contribuir de maneira positiva na busca por novos materiais que demandem uma quantidade menor de energia em sua produção e uma menor geração de resíduos, e embora sua utilização venha sendo ampliada de forma significativa por arquitetos e construtores, no Brasil e em outras partes do mundo, ainda existe um desconhecimento bastante generalizado sobre seu uso na construção civil. Esta lacuna é ainda maior quando se procura entender a sua cadeia produtiva.

Nesse sentido, o trabalho de campo desenvolvido na presente pesquisa, juntamente ao referencial teórico estudado, permite a compreensão de que a cadeia produtiva do bambu como material construtivo no Estado de São Paulo, além de não seguir o “padrão” estabelecido na literatura, principalmente com relação aos atores e processos envolvidos diretamente na transformação da matéria-prima, se apresenta de forma desorganizada e frágil, com a concentração de processos em poucos atores, resultando pouca eficiência e dificultando o seu desenvolvimento.

Alguns fatores podem ser apontados como responsáveis por essa desorganização e fragilidade da cadeia produtiva do bambu e sua pouca utilização como material construtivo no país.

Em primeiro lugar, para se construir qualquer tipo de estrutura em bambu, seja uma residência, um galpão ou uma passarela, que seja útil, estável e durável, é necessário dispor de uma matéria-prima de qualidade, com idade comprovada para uso estrutural (é imprescindível que seja feita a identificação dos colmos), com as suas características físico-mecânicas conhecidas e que tenha passado por processo adequado de tratamento preservativo. Porém, esta matéria-prima deve possuir um preço acessível, além de ser disponível no comércio (atacado ou varejo). Neste caso, adquirir bambu com as características supramencionadas no Brasil ainda não é viável, seja pelo preço “alto”, qualidade “não

comprovada”, falta de garantia quanto à qualidade do tratamento e desconhecimento das características do material (as características do material bambu sofrem influência das condições edafoclimáticas – clima, solo, relevo, precipitação pluviométrica, radiação solar).

Em segundo lugar, é necessário um bom projeto, bem detalhado, que leve em consideração todas as particularidades do bambu, a ortotropia do material (o conhecimento do material construtivo, por parte do profissional que projeta, é fundamental), os tipos de ligação entre elementos estruturais, as formas de concepção projetual que considerem o “conceito de proteção pelo projeto”. Com exceção de alguns cursos/oficinas de construção com bambu, geralmente ministrados por ONGs, de curta duração, a divulgação/circulação do conhecimento não ocorre de maneira efetiva, ficando a maior parte das informações sobre o uso do bambu como material construtivo isoladas no ambiente acadêmico, principalmente na esfera de pós-graduação, o que acaba gerando um desconhecimento quase geral da sua utilização na construção civil, e também nos cursos de graduação de arquitetura e engenharia civil, retroalimentando um círculo vicioso, que provoca mais desconhecimento e poucas oportunidades de aplicação do material.

Outros dois fatores importantes, que dificultam o uso do bambu no setor da construção civil, são a inexistência de uma norma para projeto de estruturas de bambu adequada para a realidade do Brasil e a inexistência de mão de obra qualificada para trabalhar com o bambu roliço, que saiba executar todos os tipos de entalhes, encaixes e conexões – técnicas que, apesar de um pouco artesanais, oferecem beleza e eficiência, principalmente nas ligações submetidas a esforços de compressão. Neste caso, faz-se necessário a criação de cursos profissionalizantes, tanto no nível fundamental, como no nível técnico, como é feito pelo SENA na Colômbia.

Diante do exposto, em relação à cadeia produtiva do bambu como material construtivo, podem ser citadas, como lacunas ou setores não consolidados, a produção, o manejo, o tratamento e o processamento da matéria-prima; no comércio varejista e atacadista, os preços e disponibilidade de matéria-prima; na fase de execução, o desenvolvimento de projetos e mão de obra qualificada; no ambiente organizacional, a ausência ou pouco efetiva circulação do conhecimento; no ambiente institucional, a falta de leis de incentivo e linhas de crédito e de uma norma nacional de estruturas de bambu.

Somente o setor de insumos, que possui um perfil parecido àquele de cultivo de outras gramíneas, pelo menos no Estado de São Paulo, conta com um número razoável de fabricantes/vendedores das principais espécies indicadas para uso como material construtivo, com destaque para a produção de

mudas. Porém, mesmo neste setor existem possibilidades de melhoria, como: investir na produção de mudas por reprodução “in vitro”, que resultaria em maior quantidade de mudas, com menor custo e preço mais acessível para o agricultor; a inserção de espécies de bambu em sistemas agroflorestais, com a realização de consórcio com outras culturas agrícolas, gerando renda antes da colheita dos colmos adultos; o registro da idade dos colmos, como forma de agregar valor à matéria-prima, junto com a criação de uma certificação que comprove essa prática; e aprimorar os métodos de tratamento, para que não sejam agressivos ao meio ambiente e aos trabalhadores e ainda mais eficientes.

Por fim, diante de todas essas lacunas, de que maneira as obras e/ou estruturas construídas em bambu foram viabilizadas?

Com exceção da obra de Pardinho, que envolveu atores diferentes nas diversas fases de produção, em uma espécie de cadeia produtiva (embora frágil e desorganizada), todas as obras e/ou estruturas construídas em bambu analisadas no presente estudo foram projetadas e executadas de forma centralizada, com o mesmo ator assumindo todos os elos da cadeia.

Este estudo, embora trabalhe com uma amostragem reduzida, o que não permite generalizações, pode apontar a direção para novas pesquisas, que ratifiquem e complementem as observações aqui listadas. Seria interessante, por exemplo, fazer a caracterização físico-mecânica das espécies utilizadas como material construtivo que são adaptadas à realidade brasileira, para compreender se há e quais são as variações regionais com relação à idade e à resistência mecânica; fazer nova análise das obras, à luz da norma brasileira, assim que esta for concluída; e construir um modelo ideal de cadeia produtiva, que colabore com o preenchimento das lacunas encontradas.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFFONSO, S. B. A. **Esquadrias residenciais em bambu laminado colado**. 2014. 54p. Relatório de Iniciação Científica – Faculdade de Engenharia de Bauru, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2014.

ALCHETRON. Free Social Encyclopedia for the World. Disponível em <<https://alchetron.com/Dinoderus-minutus#demo>>. Acesso em: 05 fev. 2018.

AMADOR, E. C. La aspirina y las soluciones de boratos para preservar madera. **Kurú: Revista Forestal**, Costa Rica, v. 1, n. 1, 2004.

AMIMA Arquitetura. **Centro Max Feffer – Cultura e Sustentabilidade**. Disponível em: <<http://www.amima-arquitetura.com.br/projetos/institucional/centrodeculturamaxfeffer>>. Acesso em: 11 mar. 2015.

APUAMA. Disponível em <<http://www.apuama.org>>. Acesso em: 05 fev. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190**: Projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro, 1997. 107 p.

AZAMBUJA, M. A. et al. Execução e montagem de galpão oficina com componentes de bambu. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 13, 2012, Vitória. **Anais...** Vitória: UFES, 2012.

BALLESTÉ, J. F. **Desempenho construtivo de estruturas de cobertura com colmos de bambu**, 2017. 222p. Dissertação (mestrado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

BAMBOO BIODIVERSITY. Disponível em: <<http://www.eeob.iastate.edu/research/bamboo/maps/world-total-woody.gif>>. Acesso em: 25 fev. 2015.

BAMBOO GARDEN. **Fully Enclosed Barrier**. Disponível em: <<http://bamboogarden.com/barrier%20installation.htm#barrier%20enclosure>>. Acesso em: 20 abr. 2017.

BAMBOO TECHNICAL SUPPORT GROUP – KERALA FOREST RESEARCH INSTITUTE. Manual for establishment and management of bamboo plantations. National Bamboo Mission. 2015. 83p. Disponível em: <<http://www.kfri.res.in/btsg.asp>>.

BAMBOOSTIC. Disponível em: <<http://www.bamboostic.be/>>. Acesso em: 11 abr. 2015.

BAMBU KA HA. Disponível em: <<https://www.facebook.com/pg/BambuKaHa/photos/>>. Acesso em: 25 fev. 2015.

BAMBUS. **Modern bamboo architecture**. Disponível em: <https://bambus.rwth-aachen.de/eng/fr_referate.html>. Acesso em: 26 fev. 2015.

BAMBUSC. Associação Catarinense do Bambu – BambuSC. Disponível em: <http://bambusc.org.br/?page_id=365>. Acesso em: 25 fev. 2017.

BANIK, L. B. A **Manual for vegetative propagation of bamboos**. International Network for Bamboo and Rattan – INBAR. 1995. 74p.

BARBOSA, J. C. **Utilização do bambu na produção de habitação de interesse social**. 1997. 180p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1997.

BARELLI, B. G. P. **Design para a sustentabilidade: modelo de cadeia produtiva do bambu laminado colado (BLC) e seus produtos**. 2009. 152p. Dissertação (Mestrado em Design) – Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2009.

BENINCASA, V. Casas rurais mineiras e do nordeste paulista. **RESGATE**, Campinas, v. 18, n. 2, p. 02-36, 2010. ISSN 2178-3284.

BORGES, O.; GUTIÉRREZ-CÉSPEDES G. H. Os benefícios das florestas de bambu (*Bambusa vulgaris*), no nordeste do Brasil. In: SEMINÁRIO NACIONAL DO BAMBU – ESTRUTURAÇÃO DA REDE DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO, 2006, Brasília. **Anais...** Brasília: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, 2006. p.86-90.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento/Secretaria de Defesa Agropecuária. **Glossário ilustrado de morfologia** / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. – Brasília: Mapa/ACS, 2009. 406 p. ISBN 978-85-99851-74-6.

BRASIL. Lei nº. 12.484, de 8 de setembro de 2011. Dispõe sobre a Política Nacional de Incentivo ao Manejo Sustentado e ao Cultivo do Bambu e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 09 set. 2011.

BRONDANI, G. E. et al. Estabelecimento in vitro de *Bambusa vulgaris* Schrad. ex J. C. Wendl e *Dendrocalamus asper* (Schult. & Schult. F.) Backer ex K. Heyne. In: DRUMOND, P.; WIEDMAN, G. **Bambus no Brasil: da biologia à tecnologia**. 1. ed. Rio de Janeiro: Instituto Ciência Hoje – ICH, 2017. p.86-102. ISBN 9788589962223.

CASA & BAMBU. **Biblioteca: Tratamento de bambu**. Disponível em: <<https://www.casaebambu.com/tratamento-de-bambu>>. Acesso em: 20 jan. 2017.

CASTRO, A. M. G.; LIMA, S. M. V.; CRISTO, C. M. P. N. Cadeia Produtiva: Marco Conceitual para Apoiar a Prospecção Tecnológica. In: SIMPÓSIO DE GESTÃO DA INOVAÇÃO TECNOLÓGICA, 12, 2002, Salvador. **Anais...** Salvador: 2002.

CHINA RESEARCH BAMBOO CENTER. **TCDC Network Members**. Disponível em: <<http://www.ecdc.net.cn/newindex/english/page/members/cbrc.htm>>. Acesso em: 15 jul. 2016

COMARTEC. **Polietileno – PEAD**. Disponível em: <<http://www.comatec.com.br/produtos-polietileno.php>>. Acesso em: 20 jan. 2018.

COOPERACIÓN COLOMBO – ALEMANHA. **Guía para la autoconstrucción utilizando guadua como elemento principal**. Bogotá: Edición JM Calle, 2000.

COORDENADORIA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA INTEGRAL. **Distribuição Geográfica de área cultivada e número de produtores, 2007/2008**. Disponível em: <<http://www.cati.sp.gov.br/projetolupa/mapaculturas/Bambu.php>>. Acesso em: 05 nov. 2017.

CORREAL J. F.; ARBELÁEZ J. Influence of age and height position on colombian *Guadua angustifolia* bamboo mechanical properties. **Maderas: Ciencia y Tecnología**, Concepción, v. 12, n. 2, p. 105-113, 2010. ISSN 0717-3644.

CORTÉS, L. F. B. **Propagation of *Guadua angustifolia* using the chusquines method**. International Network for Bamboo and Rattan – INBAR. 2004. 16p. Transfer of Technology Model (TOTEM).

COSTA, A. C. **Rio de Muitos Frutos: O quilombo compoendo identidades em Ivaporunduva (Vale do Ribeira – SP)**. 2011. 133p. Dissertação (Mestrado em História Social). Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2011.

COSTA, F. A. et al. Protocolo para propagação de duas espécies de *Guadua*. In: DRUMOND, P.; WIEDMAN, G. **Bambus no Brasil: da biologia à tecnologia**. 1. ed. Rio de Janeiro: Instituto Ciência Hoje – ICH, 2017. p.71-85. ISBN 9788589962223.

CRU! ARCHITECTS. Disponível em: <<http://www.cru-architecten.be/architecture/#bamboostic-project>>. Acesso em: 08 mar. 2017.

D'ANGELIS, W. R.; VEIGA, J. Habitação e Acampamento Kaingang hoje e no passado. **Cadernos do CEOM**. n. 18, p. 213-242. 2003.

DAZA, J. F. C.; ARBELAEZ, J. **Estimación de la Edad Óptima de Corte de Guadua Rolliza para Uso Estructural**. Centro de Investigación en Materiales y Obras Civiles, Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad de los Andes. 2010.

DELGADO, E. S. **Actualidad y future de la arquitectura de bambu en Colômbia – Simón Vélez: “Símbolo y busqueda de lo primitivo”**. 2006. 410p. Tesis (Doctorado em Construcción – Restauración y Rehabilitación Arquitectónica) – Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona, Universidad Politécnica de Cataluña, 2006.

D'ELBOUX, R. 2004. Vale do Paraíba: fusão de saberes e técnicas. In: SEMINÁRIO DE HISTÓRIA DA CIDADE E DO URBANISMO. 8, 2004, Niterói, 2004.

DER/SP DEPARTAMENTO DE ESTRADA E RODAGEM. Plantio e manutenção de mudas de essências florestais nativas. **Boletim técnico**, 2007.

EBIOBAMBU. Disponível em: <<https://www.ebiobambu.com.br/cursos>>. Acesso em: 20 abr. 2017.

ECOBAMBOO. Disponível em: <<http://www.ecobamboo.net/en/index.htm>>. Acesso em: 17 jul. 2016.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Adubação alternativa**. 1. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. 30 p. (ABC da Agricultura Familiar, 7). ISBN 85-7383-344-0.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Rio Branco recebe evento internacional sobre bambu**, 19 set. 2017. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/27705058/rio-branco-recebe-evento-internacional-sobre-bambu>>. Acesso em: 10 dez. 2017.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Livro reúne conhecimentos científicos sobre bambu**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/acre/busca-de-noticias/-/noticia/34301883/livro-reune-conhecimentos-cientificos-sobre-bambu>>. Acesso em: 15 jan. 2018.

ESPAÇO CASABELA BUFFET. Disponível em: <<http://www.casabelabuffet.com.br/>>. Acesso em: 20 abr. 2017.

ESPAÇO NATURALMENTE. **Bambu**. Disponível em: <<http://espaconaturalmente.blogspot.com/p/bambu.html>>. Acesso em: 17 jan. 2018.

ESPELHO D'ÁGUA. **Restaurante Casa Bela**. Disponível em: <<http://espelhodagualagos.blogspot.com/p/bioarquitetura.html>>. Acesso em: 19 abr. 2017.

ESPELHO, J. C. C. **Tratamento químico de colmos de bambu pelo Método de Boucherie modificado**. 2007. 113p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

FILGUEIRAS, T. S.; GONÇALVES, A. P. S. Bambus nativos no Brasil: oportunidades e desafios para seu conhecimento. In: SEMINÁRIO NACIONAL DO BAMBU – ESTRUTURAÇÃO DA REDE DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO, 1, 2006, Brasília. **Anais...** Brasília: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, 2006. P.33-42.

GALVÃO, A. P. M.; MAGALHÃES, W. L. E.; MATTOS, P. P. **Processos práticos para preservar a madeira**. Colombo: Embrapa Florestas, 2004. 1. ed. 49p. ISSN 1679-2599.

GHAVAMI, K.; BARBOSA, N. P.; MOREIRA, L. E. Bambu como Material de Engenharia. In: FABRÍCIO, M. M.; BRITO, A. C.; VITTORINO, F. **Avaliação de Desempenho de Tecnologias Construtivas Inovadoras**: Conforto Ambiental, Durabilidade e Pós-Ocupação. 1.ed. Porto Alegre: Scienza, 2017. 412p. ISBN 978-85-5953-005-6.

GONÇALVES, R. B. O sincretismo de culturas sob a ótica da arquitetura vernácula do imigrante japonês na cidade de Registro, São Paulo. **Museu Paulista**, São Paulo, v. 16, n. 1, p. 11-46. 2008. ISSN 0101-4714.

GRAÇA, V. L. **Bambu: técnicas para o cultivo e suas aplicações**. 2ª. ed. São Paulo: Ícone, 1988. 124p. ISBN 85-274-0073-1.

GRECO, T. M.; CROMBERG, M. **Bambu: cultivo e manejo**. Florianópolis: Insular, 2010. 183p.

GUADUA BAMBU. Disponível em: <<https://www.guaduabamboo.com/bamboo-poles/>>. Acesso em: 10 out 2017.

GUADUA BAMBU COLÔMBIA. Disponível em: <<https://guaduabambucolombia.com/>>. Acesso em: 10 out 2017.

GUERRA et al. Estudo de caso de plantio adensado de *Bambusa vulgaris*. In: **Bambus no Brasil: da biologia à tecnologia / organização** Patrícia Maria Drumond, Guilherme Wiedman. 1. ed. Rio de Janeiro: ICH, 2017. 655 p. ISBN: 9788589962223

HAGUENAUER, L. et al. **Evolução das Cadeias Produtivas Brasileiras na Década de 90**. Texto para discussão n. 786. Instituto de Pesquisa Econômica e Aplicada – IPEA. Brasília, 2001.

HERRERA, E. G.; OSPINA, A. S. **Una alternativa sostenible: la Guadua**. Técnicas de cultivo y manejo. Bogotá: Davivienda, 2007. 192p.

HIDALGO-LÓPEZ, O. **Bamboo: The gift of God's**. Bogotá: D'Vinni, 2003.

HIJOKA, A.; JOAQUIM, B.; INO, A. **Minka – The houses of japanese imigrants in Ribeira Valley, São Paulo**. 2013. Disponível em: <<http://www.producao.usp.br/handle/BDPI/43370>>. ISBN: 978-1-138-00083-4.

HUNNARSHĀLĀ. **The Source Book of Bamboo Construction**. 2013. Disponível em: <https://issuu.com/hunnarshala/docs/the_bamboo_book_final_12-5-13>.

ICONTEC. **NSR-10: Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente**. Capítulo G.12: Estructuras de Guadua. Bogotá, 2010. 32p.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. **IN 112: Documento de Origem Florestal**. Brasília, 2006.

INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN. **INEN 42**: Bambú Caña Guadua. Quito, 1976. 33p.

JANSSEN, J. J. A. **Designing and building with bamboo**. 2000. Technical report. International Network for Bamboo and Rattan – INBAR, Beijing, 2000.

JAVARONI, C. E. et al. Projeto e dimensionamento de galpão oficina em telhado duas águas em estrutura de bambu. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 13, 2012, Vitória. **Anais...** Vitória: UFES, 2012.

JUDZIEWICZ, E. J., CLARK, L. G., LONDOÑO, X & Stern, M. 1999. **American Bamboos**. Smithsonian Institution, Washington, D.C.

KORNDÖRFER, G.H.; PEREIRA, H.S.; CAMARGO, M.S. Papel do silício na produção de cana-de-açúcar, **Stab**, v.21, p. 6-9, 2002.

KUMAR, S. et al. **Bamboo Preservation Techniques**: a review. International Network for Bamboo and Rattan – INBAR and Indian Council of Forestry Research Education – ICFRE. 1994. 24 p.

LEMOES, E. E. P. et al. Inovações tecnológicas para a propagação de espécies de bambu. In: SEMINÁRIO NACIONAL DO BAMBU – ESTRUTURAÇÃO DA REDE DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO, 2006, Brasília. **Anais...** Brasília: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, 2006. p.133-138.

LEPAGE, E. S. **Tratamento Preservativo do Bambu**. São Paulo, 2008. Disponível em: <http://www.montana.com.br/download/1187/file/InfTec_TraPre-Bambu.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2017.

LIESE, W. **Bamboo – Biology, silvics, properties, utilization**. GTZ, Germany, 1985. 132p.

LIESE, W. **The anatomy of bamboo culms**. International Network for Bamboo and Rattan – INBAR. v. 18, p. 1-204, 1998. Technical report.

LINDHOLM, M. **Guadua chacoensis in Bolivia**: an investigation of mechanical properties of a bamboo species. 2007. 145 p. Thesis (degree of Magister) – Linköping University, Department of Management and Engineering, Carl Malmsten – Centre for Wood Technology & Design. Linköping, 2007.

LOBOVIKOV, M. et al. **World Bamboo Resources; A thematic study prepared in the framework of the Global Forest Resources Assessment 2005**. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. 2007. ISBN 978-92-5-105781-0. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/pdf/010/a1243e/a1243e00.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2018.

LONDONO, X. Distribuição, morfologia, taxonomia, anatomia, silvicultura y usos de los bambues de lo Nuevo Mundo. **Anais** do III Congreso Colombiano de Botânica, Popayan, 2004. 25p.

LONDOÑO, X. **Especies de Bambues de Argentina**. 2006. 35p. Sociedad Colombiana del Bambú. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/document/15022036/Especies-de-Bambu-en-Argentina>>. Acesso em: 15 jan. 2018.

LOPES, E. P. **Produção orgânica de mudas de bambu em viveiro e campo de propagação**. 2012. Disponível em: <<http://eliseupinheirolopes.blogspot.com/>>. Acesso em: 20 nov. 2017.

LOPES, A. S.; SILVA, M. C.; GUILHERME L. R. G. **Acidez do solo e calagem**. 3. ed. São Paulo: ANDA, 1990. 22 p. (Boletim Técnico, 1).

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil. 2.. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002. v. 2, 368p.

MACHADO, G. O. et al. Preservante natural de madeira para uso na construção civil – Óleo de Neem. **Revista Minerva – Pesquisa & Tecnologia**. V. 3, n. 1, p.1-8, 2006.

MACIEL, N. M. M. et al. Classificação ecológica das espécies arbóreas. **Revista Acadêmica: ciências agrárias e ambientais**, Curitiba, v.1, n.2, p. 69-78, abr./jun. 2003. Disponível em: <<https://periodicos.pucpr.br/index.php/cienciaanimal/article/view/14922/14451>>. Acesso em: 15 jan. 2018.

MANHÃES, A. P. **Caracterização da cadeia produtiva do bambu no Brasil: abordagem preliminar**. 2008. 39p. Monografia (Engenharia Florestal) – Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2008.

MANZINI, E; VEZZOLI, C. **O desenvolvimento de produtos sustentáveis: os requisitos ambientais dos produtos industriais**. São Paulo: EDUSP, 2005.

MATSUOKA, J. H. **Avaliação da eficiência do ácido pirolenhoso no tratamento preservativo de taliscas de bambu gigante contra a deterioração por fungos**. 164p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011.

MERCEDES, J. R. **Guia Técnica Cultivo del Bambú**. 1. ed. Santo Domingo: Centro para Desarrollo Agropecuario y Florestal, Inc. – CEDAF, out.2006. 38p. ISBN: 99934-59-04-6.

MINAS GERAIS (Estado). Lei nº. 15.951 de 28 de dezembro de 2005. Dispõe sobre a política estadual de incentivo à cultura do bambu e dá outras providências. **Diário Oficial de Minas Gerais**, Belo Horizonte, MG, 29 dez. 2005.

MINISTERIO DE DESARROLLO URBANO Y VIVIENDA – MIDUVI. Norma Ecuatoriana de la Construcción – **NEC – SE – GUADÚA**: Estructuras de Guadúa (GaK). Quito, 2016. 108p.

MÓRAN UBIDIA, J. **Traditional bamboo preservation methods in Latin America**. Technical report. International Network for Bamboo and Rattan – INBAR. n. 25, 72p., Ecuador, 2002.

MÓRAN UBIDIA, J. **Construir com bambú (Caña de Guayaquil) – Manual de construcción**. 3. ed. Lima: Red Internacional del Bambú y el Ratán – INBAR. 2015. 80p. ISBN: 978-92-95098-76-3.

MORÉ, T. N. M. **Estrutura treliçada em bambu para utilização em telhados residenciais**. 2003. 87p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

MORENO, J. C. **Temporalidades da Paisagem: uma análise das temporalidades que emergem no espaço de vida da comunidade de Pedro Cubas, Vale do Ribeira, SP**. 2009. 380p. Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental) Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

MORENO, J. C. V.; VERHOEVEN, M. **Bamboo construction: practical experience with natural building**. 2015. Disponível em: <<https://pt.slideshare.net/MaxVerhoeven/bamboo-presentation-natuurlijk-bouwen-kun-ji-ook-16-juni-juan-carlos-gaviria-moreno-max-verhoeven>>.

NATIONAL MISSION ON BAMBOO APPLICATIONS – NMBA. **Technology, information, forecasting and assessment council** (TIFAC). Government of Índia, 2004 Disponível em: <<http://www.bambootech.org/>>. Acesso em: 15 jul. 2015.

NOIA, P. R. C. **Sustentabilidade socioambiental: desenvolvimento de sistemas construtivos em bambu no Vale do Ribeira, SP**. 2015. 211p. Dissertação de mestrado – Curso de pós-graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2012.

NOGUEIRA, C. L. **Ciência do material bambu e tecnologia de sua aplicação em vigas laminadas coladas de seção transversal composta**. 2013. 167p. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.

NOGUEIRA, J. S. et al. Micropropagação de bambu em larga escala: princípios, estratégias e desafios. In: DRUMOND, P.; WIEDMAN, G. **Bambus no Brasil: da biologia à tecnologia**. 1. ed. Rio de Janeiro: Instituto Ciência Hoje – ICH, 2017. p.103-129. ISBN 9788589962223.

NUNES, A. R. S. **Construindo com a natureza. Bambu: uma alternativa de eco desenvolvimento**. 2005. 142p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Núcleo de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2005.

OLIVEIRA, J. F.; LEMOS, E. E. P.; REZENDE, L. P. Desenvolvimento de métodos de micropropagação para produção de mudas de Bambu – *Bambusa nutans* G. C. Wall Ex Munro. **Ciência Agrícola**, v.10, n.1, p.25-29, 2012.

ORNELLAS, T. S. **Micropropagação do bambu americano *Guadua chacoensis* (Rojas) Londoño & P. M. Peterson**. 2017. 66p. Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.

PADOVAN, R. B. **O bambu na arquitetura: design de conexões estruturais**. 2010. 181p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, 2010. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/8970>>.

PAINEL FLORESTAL a. **Cadeia produtiva do bambu no país entra em nova fase**. 03 set. 2014. Disponível em: <http://www.painelflorestal.com.br/noticias/artigos/cadeia-produtiva-do-bambu-no-pais-entra-em-nova-fase?fb_comment_id=734202759982203_847759768626501#f1cf6c8b9e7b8>. Acesso em: 15 jan. 2018.

PAINEL FLORESTAL b. **Grande acionista da Suzano acredita no mercado do bambu brasileiro**, 22 set. 2014. Disponível em: <<http://www.painelflorestal.com.br/noticias/mercado/grande-acionista-da-suzano-acredita-no-mercado-do-bambu-brasileiro>>. Acesso em: 15 jan. 2018.

PARANÁ, M. M. Política de habitação indígena no Paraná. In: ENCONTRO NACIONAL DA ANPUR, 14, 2011, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: 23 a 27 de maio de 2011.

PAULA E SILVA, A.; JONOV, C. M. P. **Falhas e patologias dos materiais de construção**. 2018. Disponível em: <http://www.demc.ufmg.br/adriano/Falhas_Patologias_2018.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2018.

PEIXOTO, L. K. **Sistema construtivo em bambu laminado colado: Proposição e ensaio do desempenho estrutural de uma treliça plana do tipo Warren**. 2008. 205p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

PEREIRA, M. A. R. **Bambu: espécies características & aplicações** (Apostila). Bauru, São Paulo, 2001.

PEREIRA, M. A. R. Determinação de características físicas do bambu gigante laminado (*Dendrocalamus giganteus*), cultivado na UNESP/campus de Bauru. **Madeira: arquitetura e engenharia**, São Carlos, v. 7, n. 18, jan. / jun. 2006. Disponível em: <<http://madeira.set.eesc.usp.br/article/view/227>>. Acesso em: 28 set. 2012.

PEREIRA, M. A. R.; BERALDO, A. L. **Bambu de corpo e alma**. 1ª. ed. Bauru: Canal6, 2008. 240p. ISBN 978-85-9972828-4

PEREIRA, M. A. R.; GARBINO, L. V. Desenvolvimento e produção do bambu gigante (*Dendrocalamus giganteus*) cultivado na UNESP – Bauru com vistas à sua utilização na engenharia agrícola. In: XXXII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 32, 2003, Goiânia. **Anais...** Goiânia: UFG, 2003.

PEREIRA, M. A. R. et al. Projeto de produção e processo de pré-fabricação de componentes de bambu. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 19, n. 2, p. 200-209, 2012. Disponível em: <<http://floram.org/doi/10.4322/floram.2012.024>>. Acesso em: 22 mai. 2012.

PEREIRA, M. A. R. et al. Projeto de produção e processo de pré-fabricação de componentes de bambu. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 19, n. 2, p. 200-209, 2012. Disponível em: <<http://floram.org/doi/10.4322/floram.2012.024>>. Acesso em: 22 mai. 2012.

POPPENS, R. **Tropical Bamboos – propagation manual**. International Network for Bamboo and Rattan – INBAR. [200?]. 41p.

PURDUE. Disponível em: <<https://extension.entm.purdue.edu/CAPS/pestInfo/pics/big/bambooLH1.jpg>> Acesso em: 17 jan. 2018.

RIGHI, L. A. **Oficina de bambu**. Disponível em: <<http://coral.ufsm.br/righi/agenteeiciente/bambu.php>>. Acesso em: 17 jan. 2018.

RIO GRANDE DO SUL (Estado). Lei nº. 290 de 01 de novembro de 2013. Dispõe sobre a Política Estadual de Apoio ao Bambu. **Diário Oficial da Assembléia Legislativa**, Porto Alegre, RS, 01 nov. 2013.

ROSA, C. C. **Análise experimental das propriedades dinâmicas dos bambus das espécies *Guadua*, *Dendrocalamus* e *Phyllostachys***. 2005. 103p. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

RUGGIERO, M. N. **O bambu e a construção da arquitetura contemporânea: um olhar às obras no Brasil**. 2015. 295p. Dissertação (mestrado) - Curso de pós-graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2015.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. **Casa do artesão inaugurada em Piracaia seguiu preceitos da arquitetura sustentável**. São Paulo, 2008. Disponível em: <<http://www2.ambiente.sp.gov.br/noticias/2008/06/16/casa-do-artesao-inaugurada-em-piracaia-seguiu-preceitos-da-arquitetura-sustentavel/>>. Acesso em: 05 nov. 2017.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Agricultura e Abastecimento. **Secretaria reúne lideranças das cadeias produtivas para reafirmar compromisso de Geraldo Alckmin com setor**. São Paulo, Disponível em: <<http://www.agricultura.sp.gov.br/noticias/secretaria-reune-liderancas-das-cadeias-produtivas-para-reafirmar-compromisso-de-geraldo-alckmin-com/noticias/3584-secretaria-cria-comissoes-tecnicas-para-responder-com-conhecimento-as-demandas-dos-produtores>> acesso em: 11 abr. 2016.

SARLO, H. B. **Influência das fases da lua, da época de corte e das espécies de bambus sobre o ataque de *Dinoderus minutus* (Fabr.) (Coleoptera: Bostrichidae)**. Tese. Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2000.

SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE – SENA. **Caracterización Ocupacional de la Guadua**. Bogotá: Ministerio de la Protección Social: 2006. 114p. ISBN: 978-958-15-0145-8

SÍTIO DA MATA. **Bambu para agronegócio**. Disponível em: <<https://www.sitiodamata.com.br/bambu-para-agro-negocio>>. Acesso em: 20 abr. 2017.

SLAMET, N. I. **Examining the potential of strand woven bamboo as an alternative to wood construction material in Japan**. 2012. 118p. Dissertation (Master of Science) – International Cooperation Policy, Ritsumeikan Asia Pacific University, 2012.

SILVA, L. C. Cadeia produtiva de produtos agrícolas. 2005. 10p. Boletim técnico, Departamento de Engenharia Rural, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.

SGAI, R. D. **Fatores que afetam o tratamento para preservação de madeiras**. 2000. 122p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

STAMM, J. **Construcciones con diferentes espécies de Bambú**. Festival Internacional del Bambú – VIVAGUADUA, 2011. Disponível em: <<https://pt.slideshare.net/vivaguadua2011/8-joerg-stamm>>. Acesso em: 15 jul. 2016.

STAMM, J.; TESFAYE, M.; GIRMA, H. **Construccion Manual with Bamboo**. 1.ed. Addis Ababa: 2014. 112p. GIZ – Africa Bamboo.

TARGA, G. N. **Compósito reforçado por laminado de bambu com matriz de poliuretano e epóxi: Desenvolvimento, produção e caracterização mecânica**. 2011. 106p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

THAILAND BAMBOO SOCIETY. Disponível em: <<https://www.facebook.com/groups/1425147204407632/photos/>>. Acesso em: 15 jul. 2016.

TOBOLATO et al. Bambu. In: Aguiar et al. **Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas**. 7. ed. rev. e atual. Campinas: Instituto Agrônomo, 2014. 452 p. Boletim IAC, n.º 200.

TORRES, G. R. C., HOULLOU, L. M., DE SOUZA, R. A. Control of contaminants during introduction and establishment of *Bambusa vulgaris* in vitro. **Research in Biotechnology**, v.7, p.58-67. 2016.

UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION. **Bamboo Harvesting and Preservation – Bamboo Training Manual** 1. 1. ed. 2012. 46p. Disponível em: <<https://www.unido.org/#>>.

VILLALOBOS, O. A. A. **Fundamentals of the design of bamboo structures**. 1993. 270p. Thesis (Doctor in Structural Design) – Eindhoven University of Technology, Eindhoven, 1993.

VILLEGAS, M. **Guadua Arquitectura y Diseño**. 1.ed. Bogotá: Villegas Editores. 2003. 208p. ISBN: 95881560500.

VIVERDE. Disponível em: <<https://www.flickr.com/photos/grupoviverde/>>. Acesso em: 20 abr. 2017.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. **Fazenda Experimental da Ressacada – CCA**. 2015. Disponível em: <http://galeria.ufsc.br/fazenda/2015/?g2_page=40>. Acesso em: 20 abr. 2017.

XAVIER, L. M. **Caracterização química, física e mecânica do *Phyllostachys aurea* e sua resistência ao ataque de térmitas, preservado com Ácido Bórico e Tanino Condensável**. 2004.

54p. Dissertação (Magister Scientiae em Ciências Ambientais e Florestais) – Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2004.

ZANIN, N. Z. **“Abrigo na natureza: Construção Mbyá-Guarani, sustentabilidade e intervenções externas.”** 2006. 180p. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

7. ANEXOS

Anexo A – Máquinas e equipamentos para plantio

Carrinho de mão agrícola
Fonte: www.metalosa.com.br

Enxada
Fonte: www.bellota.com

Pá de cavar

Fonte: <https://tramontina.com/6-reforma-e-construcao>

Cavadeira manual

Fonte: <https://tramontina.com/6-reforma-e-construcao>

Vanga quadrada

Fonte: <https://tramontina.com/6-reforma-e-construcao>

Regador universal

Fonte: www.metasul.ind.br

Perfurador a gasolina

Fonte: <http://fortg.com.br/>

Anexo B – Máquinas e equipamentos para manejo

Facão de poda

Fonte: <https://tramontina.com/233-jardim-e-agricultura>

Tesoura de poda

Fonte: <https://tramontina.com/233-jardim-e-agricultura>

Serrote de poda “dente de tubarão”

Fonte: <https://tramontina.com/233-jardim-e-agricultura>

Roçadeira a gasolina

<https://www.vulcanequipamentos.com.br/maquinas/rocadeiras.html>

Anexo C – Máquinas e equipamentos para extração

Motoserra a gasolina
<https://www.stihl.com.br>