

JULIANA ANDREA GARCÍA GALLEGO

**PLANO DE AÇÃO PARA A MELHORIA DA QUALIDADE DAS
ESTRUTURAS DE DUPLA CURVATURA DESENVOLVIDAS COM
*GUÁDUA ANGUSTIFOLIA***

São Paulo
2012

JULIANA ANDREA GARCÍA GALLEGO

**PLANO DE AÇÃO PARA A MELHORIA DA QUALIDADE DAS
ESTRUTURAS DE DUPLA CURVATURA DESENVOLVIDAS COM
*GUÁDUA ANGUSTIFOLIA***

**Trabalho de Formatura apresentada à
Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo e à Universidade Nacional
de Colômbia para obtenção do
Diploma de Designer Industrial.**

**Orientador:
Prof. Paulino Graciano Francischini.
Eng. Raul Díaz Pacheco**

**São Paulo
2012**

2336507
TF-2012
G11654
Forma: H2012D

DEDALUS - Acervo - EPRO



32100012274

ACOMPANHA CD

FICHA CATALOGRÁFICA

Gallego, Juliana Andrea

Plano de ação para a melhoria da qualidade das estruturas de dupla curvatura desenvolvidas com *guádua angustifolia* / P.O.P. Gallego – São Paulo, 2012.

77p.

Trabalho de Formatura – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Produção em conjunto com a Faculdade de Engenharia e Administração da Universidade Nacional de Colombia.

1. Qualidade 2. Design Industrial 3. Guádua Angustifolia
I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Produção. II. Universidade Nacional de Colômbia III.t.

AGRADECIMENTOS

À minha família, as três pessoas que me permanecerem a acreditar em mim desde os inícios da minha carreira: Gloria Gallego, Julio Delgado e Julián García.

Aos meus professores orientadores e co-orientadores entre eles o Professor D.I. Boris Villamil, pelo seu esforço e ajuda prestada no momento certo.

A todas as pessoas que me apoiarem na minha etapa de intercambio estudantil, principalmente a família que me acolheu e brindou o todo seu apoio incondicional. À família Melo.

A os engenheiros e futuros mestres da sala de matérias. Obrigada pelo tempo, seus ensinamentos, orientações e paciência.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo analisar e determinar as causas da baixa qualidade das estruturas de dupla curvatura feitas em Guadua Angustifolia para assim mesmo, criar e planejar um plano de ação para a melhoria da Qualidade do produto no protótipo desenvolvido pela Arquitetura Mixta, empresa de arquitetura colombiana. Principalmente, prevê se solucionar as limitações na qualidade do material de tal modo que a estruturas possam ser comercializadas como estruturas pré-fabricadas. O protótipo e os planejamentos deste trabalho forem estudados mediante conceito do design industrial aplicados na qualidade no produto.

ABSTRACT

This work aims to analyze and determine the causes of low quality of the structures of double curvature made in Guadua Angustifolia, for anyway, create and planning a plan action to improve the quality of the product in the prototype developed by *Arquitectura Mixta*, the architectural firm Colombian. Especially, it is expected address the limitations in material quality such that the structures may be marketed as prefabricated. The prototype and the planning of this work are studied through the concept of industrial applied to product quality.

ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1.1 – Cadeia de fornecimento da Guádua na A.M.	4
Figura 1.2 – Atividades da administração da produção na A.M.	5
Figura 1.3 – Representação gráfica Talho – Fibras	7
Figura 1.4 – Primeiro protótipo desenvolvido na M.A. com dupla curvatura.	8
Figura 2.1 – <i>Renderização</i> representativa. Esq.: fibras do falso teto (vista em planta).Dir.: Perspectiva das fibras delimitadoras de espaço.	12
Figura 2.2 – Modelo de raciocínio por designers. Fonte: The Delft Design Guide	13
Figura 2.3 – Estrutura do processo de inovação – Modelo I. Fonte: The Delft Design Guide	14
Figura 2.4 – Fases do processo detalhado, planejamento do produto. Fonte: The Delft Design Guide–RoozenburgandEekels.....	15
Figura 2.5 – Desenvolvimento concêntrico do projeto. Fonte: The Delft Design Guide –RoozenburgandEekels.....	15
Figura 2.6 – Classificação de materiais compostos por tipo, orientação e geometria do reforço.Fonte: Estrada Mejia, Martin[15] pagina 16.	16
Figura 3.1 – QFD Aplicado às superfícies de dupla curvatura.	22
Figura 3.2 – Percepção de barreiras pra a construção com matérias naturais.Fonte: Obataya, Eiichi. Kitin, Peter. Hidefumi, Yamauchi.[16] página 5.....	23
Figura 3.3 – Fatores que influencia a indústria da construção com matérias naturais.Fonte: Obataya, Eiichi. Kitin, Peter. Hidefumi, Yamauchi. [16] página 5.....	24
Figura 3.4 – Quiosque de 10m ² .Fonte: www.arquitecturamixta.com.....	27
Figura 3.5 – “Casa Quiosque” 35 m ² .Fonte: www.arquitecturamixta.com.....	27
Figura 3.6 – Montagem dos stands. Fonte: www.arquitecturamixta.com	28
Figura 3.7 – Montagem dos stands. Fonte: www.arquitecturamixta.com	28
Figura 3.8 – Imagem descritiva do corte manual da Guádua.	30
Figura 3.9 – Sequencia de uso, primeira parte. Obtenção duas primeiras fibras.	31
Figura 3.10 – Sequencia de uso, segunda parte. Obtenção quatro primeiras fibras.	32
Figura 3.11 – Sequencia de uso, terceira parte. – Corte mecânico das fibras.	33
Figura 3.12 – Sequencia de uso, quarta parte. – Corte mecânico das fibras II.	34
Figura 4.1 – Matriz de efeitos internos e externos.....	40

Figura 4.2 – Identificação da função global.....	40
Figura 4.3 – <i>Renderização</i> em vista explodida.....	41
Figura 4.4 – Rendering, vista em planta do falso teto.	42
Figura 4.5 – Rendering, perspectiva vigas de apoio por unidade.....	43
Figura 4.6 – Rendering, perspectiva vigas de apoio em conjunto.	43
Figura 4.7 – Rendering, perspectiva vigas de apoio e delimitador de espaço	44
Figura 4.8 – Estrutura terminada, ambiente noturno.Fonte: Arquitetura Mixta.	44
Figura 4.9 – Diagramas causa e efeito – Atividades do processo.....	45
Figura 4.10 – Sínteses do diagnóstico.	51
Figura 5.1 – Vigas conjuntas com amarres.	53
Figura 5.2 – Relação de escala entre as fibras envoltantes e as fibras que conformam as vigas conjuntas.	53
Figura 5.3 – Representação esquemática da solução.	54
Figura 5.4 – Esq.: vista superior do entrançado das fibras	54
Figura 5.5 – Partes da Guádua.Fonte:Estrada Mejia, Martin[15]	56
Figura 5.6 – Esq.: Corpo de prova com odiafragma (nó); Dir.: Corpo de prova internó.	57
Figura 5.7 – KRATOS modelo EC. Equipamento gentilmente fornecido pelo Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais da EPUSP.	57
Figura 5.8 – Testes de flexão executados nas amostras. Acima: corpo de proba com nó; Abaixo: Corpo de prova internó.	58
Figura 5.9 – Curvas obtidas esforço contra deformação.....	59
Figura 5.10 – Micrografia obtida por meio de preparação e observação do corpo de prova interno.....	61
Figura 5.11 – Micrografia obtida por meio de preparação e observação do corpo de prova com nó.....	61
Figura 5.12 – Perspectiva representativa da maquina de corte.	62
Figura 5.13 – Contra-ponto.	63
Figura 5.13 – Cabeçote placa.	63
Figura 5.14 – Estrutura de suporte.....	64

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 – Inventário de recursos fibrosos no mundo em toneladas. Fonte: Organização das Nações Unidas para a agricultura e a alimentação (FAO)..	17
Tabela 2.2 – Inventário de recursos fibrosos no mundo – propriedades mecânicas. Fonte: Estrada Mejia, Martin[15] página 2.	18
Tabela 3.1 – Mercado de importações de Bambu no ano 2010. Principais países importadores de Bambu – Dinamismos dos países importadores de Bambu. Fonte: [7].....	25
Tabela 3.2 – Mercado de exportações de Bambu no ano 2010. Principais países exportadores de Bambu – Rendimento dos países exportadores de Bambu. Fonte: [7].....	26
Tabela 3.3 – Tabela de relação diâmetro da Guádua vs. número de fibras obtidas...	30
Tabela 4.1 – <i>Alternativas vs. Critérios de qualidade</i>	50
Tabela 5.1 – Estatística das curvas obtidas	59
Tabela 5.2 – Módulo de ruptura (R_b) e módulo de elasticidade (E) calculados para cada corpo de prova.	60

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 OBJETIVO DO TRABALHO	1
1.1.1 Objetivos específicos	2
1.2 DESCRIÇÃO DA EMPRESA	2
1.2.1 Arquitetura Mixta: “Trabalhando com a comunidade”	2
1.3 CONTEXTUALIZAÇÃO	5
1.3.1 A <i>Guádua Angustifolia</i>	5
1.3.2 A indústria da Guádua no mundo	6
1.3.3 Estruturas de dupla Curvatura em <i>Guádua Angustifolia</i>	7
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
2.1 GESTÃO DA QUALIDADE NOS PRODUTOS ACABADOS	9
2.2 A INOVAÇÃO INDUZIDA PELO DESIGN	11
2.2.1 O processo de inovação do produto	13
2.3 TRANSFORMAÇÕES DA GUÁDUA EM FIBRAS	16
3 PROCESSO PRODUTIVO ATUAL DE ESTRUTURAS PRÉ-FABRICADAS EM GUÁDUA	19
3.1 APRESENTAÇÃO	19
3.1.1 O problema nas empresas da região do <i>Valle del Cauca</i>	19
3.2 ANÁLISE DE DADOS	20
3.3 SITUAÇÃO ATUAL DA INDÚSTRIA DA GUÁDUA	25
3.4 ESTADO ATUAL PROCESSO PRODUTIVO	26
3.5 DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	29
3.5.1 Procedimento de obtenção das fibras da Guádua	29
3.5.2 Descrição detalhada do processo	31
3.6 ESTRATÉGIA ATUAL PARA RESOLUÇÃO DO PROBLEMA	34
3.6.1 Certificações	35

3.7 DEFINIÇÕES DOS PROBLEMAS A SEREM RESOLVIDOS	36
4 INVESTIGAÇÃO DA CAUSA RAIZ	39
4.1 REQUISITOS DA EMPRESA.....	39
4.2 REQUISITOS DO PROCESSO.....	40
4.3 ELEMENTOS QUE CONFORMAM O SISTEMA DAS ESTRUTURAS DE DUPLA CURVATURA.....	41
4.3.1 Coberta.....	41
4.3.2 FalsoTeto	41
4.3.3 Vigas de apoio	42
4.3.4 Delimitador de espaço	44
4.4 REQUISITOS DO PRODUTO	45
4.4.1 Análise do produto através das dimensões da qualidade.....	46
4.5 DIAGNÓSTICO	50
5 PROPOSTAS DE SOLUÇÃO DO PROBLEMA	52
5.1 PROPOSTAS DE SOLUÇÃO NO PRODUTO	52
5.1.1 Entronçado de vigasconjuntas	52
5.2 ENSAIOS DE FLEXÃO APLICADOS ÀS FIBRAS DE BAMBU.....	55
5.2.1 Procedimentos de Laboratório	55
5.3 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	59
5.4 PROPOSTAS DE SOLUÇÃO NO PROCESSO	62
5.4.1 Design de ferramenta manual de corte dos talhos.....	62
6 CONCLUSÕES	67
REFERÊNCIAS.....	68
ANEXO A – Protocolos de comprovação.....	70
ANEXO B – Fotos da técnica de <i>Mimbre</i>.....	71
ANEXO C – Projeto da máquina.....	72

1 INTRODUÇÃO

O seguinte trabalho de formatura foi desenvolvido no departamento de engenharia de produção da Universidade de São Paulo em conjunto com a Faculdade de Engenharia e Administração da Universidade Nacional de Colômbia e conta com a participação da *Arquitectura Mixta* (doravante AM), uma empresa Colombiana de porte médio, catalogada como uma organização que atua no campo da arquitetura orgânica, ou seja, construída com materiais naturais.

Este documento visa o projeto de desenvolvimento do plano de ação para a melhoria da qualidade das estruturas de dupla curvatura desenvolvidas em *Guádua Angustifolia*, procurando o aperfeiçoamento dos produtos e processos produtivos baseados neste material. A *Guádua Angustifolia* consiste de um tipo de Bambu e um material pouco estudado na indústria madeireira. Neste relatório é apresentado um resumo do conteúdo da pesquisa que foi desenvolvida durante o período de intercâmbio acadêmico, criando assim um projeto de inovação tecnológica e processo essencial para a construção da arquitetura orgânica.

Neste projeto, os conceitos aprendidos durante a formação no curso de Design Industrial, assim como os conceitos abordados nas disciplinas do departamento de Engenharia de Produção, foram aplicados para gerar soluções aos problemas diagnosticados no processo de estágio realizado na Arquitectura Mixta.

Ademais, a pesquisa ratifica o conceito básico do design industrial, o qual consiste em, após uma determinação da forma dos objetos de uso, produzi-los de maneira industrial. Este fato, portanto, reforça o caráter de projeto interdisciplinar e demonstra como a concepção formal dos objetos de uso cotidiano tem de ser idealizados com uma boa parcela de engenharia.

1.1 OBJETIVO DO TRABALHO

Determinar as propriedades físicas e mecânicas das fibras da Guáduas que possam ser aplicadas ao desenvolvimento de estruturas de dupla curvatura. Aperfeiçoando o processo de transformação das Guáduas em fibras.

1.1.1 Objetivos específicos

- a) Mostrar que a Guádua é viável tecnicamente para a produção de estruturas pré-fabricadas dentro do mercado de materiais sustentáveis.
- b) Encontrar os limites de resistência à flexão, tração e compressão para o uso das fibras da Guadua em estruturas pré-fabricadas.
- c) Mostrar que o aumento da demanda por estruturas pré-fabricadas de Guadua contribui para o melhoramento da qualidade de vida da população rural da Colômbia sul-oriental que trabalha com este matéria prima.
- d) Melhorar o processo produtivo das superfícies de dupla curvatura, para aumentar a qualidade do produto segundo o enfoque de qualidade como estética.

A integração dos processos produtivos já existentes, aplicados à madeira. Junto com o desenvolvimento de materiais complementários que maximizem as propriedades do material no produto. Quebrando com as limitantes geométricas da estrutura da Guadua. Mesmo para desenvolver explorações geométricas na estética dos produtos.

O problema a ser resolvido foi diagnosticado na observação da dificuldade de comercialização dos produtos derivados da Guadua na Colômbia que apresentavam problemas graves de qualidade devido à baixa qualidade dos produtos baseados em fibras de Guadua.

1.2 DESCRIÇÃO DA EMPRESA

1.2.1 Arquitetura Mixta: “Trabalhando com a comunidade”

Na atualidade, “*Arquitetura Mixta*” é uma organização que ainda está em processo de implementação, e execução no mercado como companhia. Reconhecida como uma empresa de porte médio, localizada no sudoeste colombiana especificamente no município de *Buga*, no departamento de *Valle*

*delCauca*¹– Colômbia. A fábrica está situada ao lado da estrada pan-americana, em sentido do país vizinho, Equador.

Têm uma linha de produtos no campo da arquitetura construída com materiais naturais, como: *Guadua Angustifolia* (Bambu), Madeira, Terra, Argilas. O portfolio de produtos terminados que se estendem, entre construções arquitetônicas até estruturas pré-fabricadas. No caso especial dos produtos arquitetônicos pré-fabricados, são feitos na fábrica e ensamblados no lugar requerido pelo cliente. Também mobília e objetos exclusivos para decoração e ambientação de espaços interiores, nos que se podem encontrar: mesas, cadeiras, lâmpadas, jarros e entre outros utensílios. São desenvolvidos em diferentes escalas, de acordo com a necessidade do cliente.

A empresa consta de uma infraestrutura, composta pela maquinaria industrial para transformação da matéria prima que ainda se encontra em processo de desenvolvimento. Concluída em 70% no processo de manejo da *Guadua*.

No que corresponde ao processo de seleção e preservação da *Guadua*, chamado silvicultura, a empresa conta com as melhores condições para o tratamento do material. Tem um tanque de preservação fundido em cimento e concreto, com capacidade para 250 talhos de *Guadua* de no máximo 15m.

O processo de preservação requiera de um processo de secagem dos talhos, após sua salinização. Aquela secagem é feita por meio de energia solar, e os ventos da zona Sudoeste do país. O processo de armazenamento se desenvolve em um ambiente construído, mesmo com *Guadua*. Mas não é este sistema o mais adequado, já que algumas *Guaduas* apresentam deformações e curvaturas, prejudicando a manufatura do produto e dificultando sua utilização na construção. (Verfigura 1.1)

O processo de transformação que consiste em manufaturar os talhos da *Guadua*, para gerar produtos arquitetônicos para o mercado, como: casas, quiosques, pontes, escolas, etc.

¹*Valle delCauca*: É um dos 32 departamentos (províncias) da Colômbia, localizado no sudoeste do país. Possui 4,1 milhões de habitantes aproximadamente e sua capital é a cidade de Cali. Buga é a segunda maior cidade do departamento.

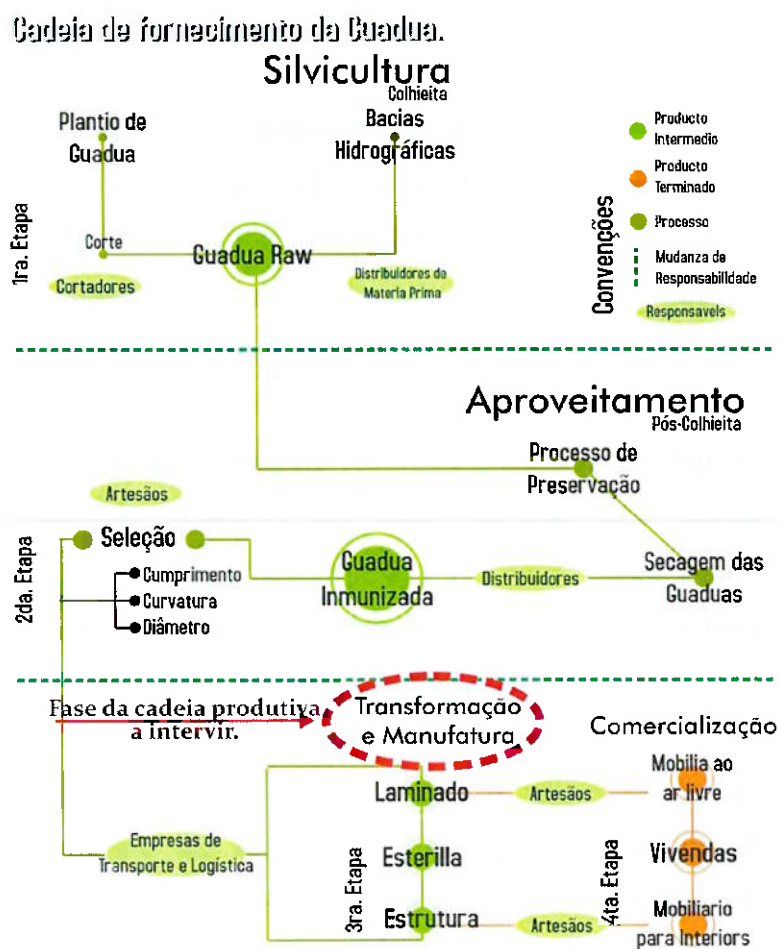


Figura 1.1 – Cadeia de fornecimento da Guádua na A.M.

Atualmente, a Arquitetura Mixta desenvolve projetos de desenho arquitetônico na Colômbia, Equador e França, também um projeto de moradia social ou aldeia comunitária no continente Africano, exatamente no Moçambique.

A maquinaria agora conta somente com três tipos de máquinas especializadas, uma “cepilladora”, “machimbreadora”, e uma serra circular. Utilizadas também no processo de laminados da Guadua. Há também dois “furos de árvore”, ferramentas de mão, onde o único parâmetro para a medida do rendimento é a capacidade e habilidade dos operários no momento de operar as ferramentas.

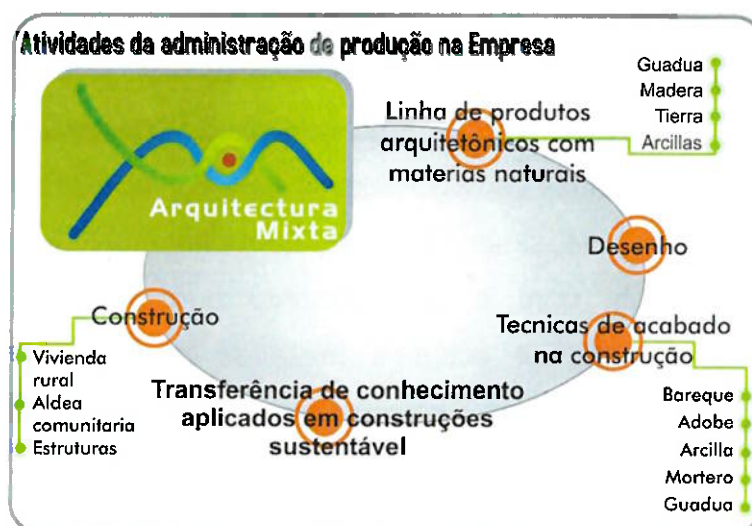


Figura 1.2 – Atividades da administração da produção na A.M.

Nos últimos meses a A.M. contabilizou, até o fim do mês de Dezembro de 2011, 6 *projetos de habitação rural*, 4 *projetos de habitação social “Aldeia comunitária”*, 1 *projeto de construção do museu Ambiental no departamento Vallecaucano* e 2 *projetos de mobília para workshop e exposições*, números considerados altos, principalmente pelo fato de ser uma empresa de porte meio.

1.3 CONTEXTUALIZAÇÃO

1.3.1 A *Guádua Angustifolia*

Para encerrar a introdução, nos próximos itens será descrito sucintamente itens uma breve contextualização sobre a matéria prima com a que se trabalha na A.M., o que é e como está se desenvolvendo atualmente no mercado madeireiro.

A *Guádua Angustifolia*, *Glomerata*, *Tacuara*, ou apenas Guádua, tem como habitat a selva tropical nas ribeiras de rios. Pelo feito de ser um Bambu, é considerada uma gramínea, e não uma árvore. Pode-se assemelhar com o arroz, o trigo, ou a cevada; posto que são gramíneas, ou também chamadas “gramados gigantes”. A Guádua se caracteriza por uma grande resistência mecânica, durabilidade e fácil manejo como material de construção e substituto da madeira, o que levou a denominá-la de aço vegetal. Cresce de maneira rápida se comparada com outros tipos de madeira, ou seja, em cinco anos conseguiu atingir a altura de trinta metros, diferente de uma árvore comum a qual para atingir 30 metros precisa

de mais de quinze ou vinte anos. No clima adequado, pode crescer até onze centímetros por dia e atingir sua altura total em seis meses. É um recurso sustentável e renovável, que se auto multiplica vegetativamente, ou seja, sem a necessidade de sementes campo industrial para construções sismo-resistentes[6].

Os processos industriais são bastante rudimentares e empíricos. O trabalho é feito exclusivamente com o conhecimento que artesões adquiriram de seus antepassados e tradições culturais deixadas na região onde se cultiva esta gramínea, onde geralmente também são comercializados seus produtos. As Guáduas Angustifólias são próprias dos bosques sudestes venezuelanas, e se estendem pelas selvas da Guiana, Brasil, Colômbia, Peru, Suriname, México, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicarágua, Panamá até o sul da Argentina e Uruguai, exceto Chile e as ilhas do Caribe. A Guádua cresce em muitos países da América Latina e em boa parte dos países asiáticos. E os principais polos de comercialização da Guádua no mundo são Japão, China, Brasil e México.

1.3.2 A indústria da Guádua no mundo

O principal comprador neste mercado é os Estados Unidos, que no ano 2003 importou produtos de bambu com valor de US\$ 7,2 milhões, sendo a China seu principal fornecedor, com US\$4,6 milhões em vendas nesse ano. Complementarmente tem-se o México, que foi nesse mesmo ano o principal país exportador da América Latina [7]. No mundo mais de 2,5 bilhões de pessoas comercializam ou usam Bambu. Desse total, a maior parte delas são pessoas desfavorecidas que vivem em função do comércio da Guádua, e que fazem uso dela para melhorar suas condições de vida e seus meios de subsistência[9].

Embora a Guádua seja um material inexplorado cientificamente, as técnicas modernas de processamento permitem o uso do bambu pelas indústrias como matéria prima para a fabricação de pisos, móveis, laminados e no setor da arquitetura e construção.

A indústria do bambu é um negócio em expansão em muitos países, o comércio doméstico e o uso de subsistência do bambu são estimados em um valor de US\$ 4.5 bilhões por ano. As exportações mundiais de bambu geram outros US\$ 2,7 bilhões[8].

É importante ressaltar a potencialidade da espécie da Guádua na América do sul, especialmente em países como Brasil, Colômbia e Equador, em comparação à China, posto que as espécies são diferentes nos continentes. Os atributos de Guádua da América do sul derivam das características das fibras da e diâmetro dela que permitem obter um maior número de fibras (Verfigura 1.3) para uma melhor aplicação e conseguir um maior número de aglomerados.

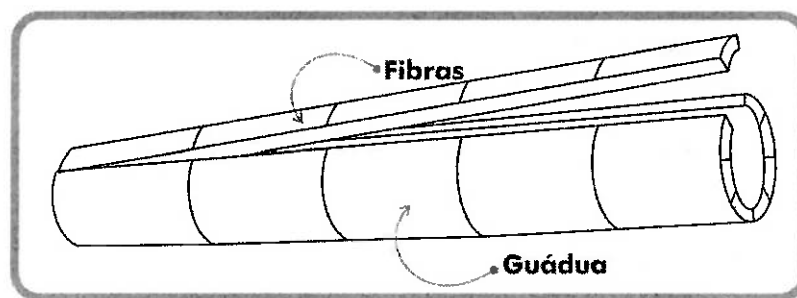


Figura 1.3 – Representação gráfica Talho – Fibras

Existem Associações em toda a América do Sul, como a ECUABAMBU no Equador, e um Projeto Nacional de Bambu, para vivendas populares e fomento da indústria e comércio. Na Colômbia existe a Sociedade Colombiana de Bambu, também com um Projeto Nacional. Na América Central a Costa Rica conta com a FUNBAMBU, fundação criada para gerenciar o Projeto Nacional do país. Há também a AMEB - Associação Mexicana de Bambu - e a ASOBAMBU - da Guatemala.

Em geral a Guádua como matéria-prima é um material que começa a ser reconhecido por seus amplos benefícios, mas a pouca inovação tecnológica em seus produtos se deve à falta de pesquisa e implementação em processos produtivos que sejam rentáveis economicamente.

1.3.3 Estruturas de dupla Curvatura em *Guádua Angustifolia*

As estruturas de dupla curvatura são composições regradas paramétricas, desenvolvidas a partir de uma geometria irregular. Isto quer dizer que são composições volumétricas desenvolvidas mediante planos seriados que ao juntar-se entre eles, dão forma a um corpo geométrico voluminoso.

A flexibilidade da Guádua é um campo não explorado o suficiente. E as estruturas que se têm descoberto, com volumes e geometrias irregulares são produtos que ainda não são comercializados. Além disso tudo, atualmente está se

tentando melhorar a qualidade em matéria de estética. Com isso, esses produtos poderão ser levados ao mercado e convergir em um altamente qualificado.

Adicionalmente, o desenvolvimento de produtos com características de sólidos volumétricos, que possuem curvaturas e formas orgânicas em dimensões diferentes, é a aposta do mercado guaduo da zona Vallecaucana, no sudeste Colombiano, dado que as superfícies de dupla curvatura geradas com este material são estética e visualmente inovadoras. Por fim, Os produtos são também inovadores no ramo da arquitetura orgânica, além de serem projetados segundo o conceito do design orgânico.

A maior parte das estruturas de dupla curvatura é feitas a partir de frações da Guádua denominadas fibras (figura 1.3). Estas são obtidas do talho da Guádua, e o número de fibras obtidas depende do diâmetro do talho. De acordo os diâmetros da Guádua comercializados, pode-se obter a quantidade correspondente de fibras.



Figura 1.4 – Primeiro protótipo desenvolvido na M.A. com dupla curvatura.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Tendo definido o problema e identificado como a organização está atualmente lidando com ele, será oferecido neste capítulo um apoio teórico para poder elaborar um diagnóstico.

O fundamento teórico deste trabalho está focado na qualidade estética dos produtos e as aplicações que podem ser feitas a partir da perspectiva do design industrial, incluindo os fatores de inovação, assim como a inovação induzida pelo design e o melhoramento da Qualidade aplicado à transformação das Guadua em fibras.

2.1 GESTÃO DA QUALIDADE NOS PRODUTOS ACABADOS

O objetivo geral do trabalho é melhorar a qualidade da curvatura das Guaduas. Entretanto, para atingir este objetivo, é preciso reconhecer as causas que originam os defeitos na qualidade do produto. As estruturas de dupla curvatura mencionadas são protótipos desenvolvidos durante a análise de novas configurações formais e desenhos que poderiam ser fabricados com as fibras da Guadua.

Após a experiência que se conseguiu com a implementação das fibras da Guadua nos desenvolvimentos de chãos e pisos de madeira Bambusea, pensou-se na ideia de aproveitar a propriedade da flexibilidade das fibras do Bambu. Partindo desta ideia, começaram a ser criados conceitos de objetos e estruturas que levam curvas simples. Após este procedimento, a empresa elaborou o protótipo e percebeu que era importante realizar o controle da qualidade a partir do ponto de vista da QTP (*Qualidade Total do Produto*)[13], que, como seu próprio nome indica, determina a qualidade do produto dentro das oito dimensões da qualidade, tendo sempre o objetivo principal de satisfazer os consumidores.

De acordo com a teoria descrita por Garvin[12], sobre as dimensões da qualidade do produto, estas serão baseadas em quatro perspectivas: a qualidade do produto em si, a qualidade do produto ao longo do tempo, a qualidade dos serviços ao uso do produto e por último o custo do ciclo de vida do produto. Destas quatro dimensões, é a primeira na qual vamos nos centrar totalmente para o

desenvolvimento da qualidade no produto. Para isto, deve-se também identificar as características dentro do conceito do produto, sendo este um produto tangível e bem durável para o contexto ao qual foi projetado.

O produto será analisado dentro dos oito elementos básicos da qualidade, os quais se dividem em dois grupos: os que correspondem às funções intrínsecas ao produto, e às características funcionais temporárias. Deste ponto em diante, serão definidos e analisados cada um destes elementos dentro do protótipo do produto no contexto projetado, tendo em conta que a qualidade está sendo percebida a partir das características físicas do produto [12].

Garvin define as oito dimensões da qualidade listadas a seguir:

Desempenho: Referem-se às características operacionais básicas de um produto. Esta dimensão combina elementos das abordagens com base no produto e no usuário.

Características: Características são os “adereços” dos produtos, as características secundárias são as que suplementam ou potencializam o funcionamento do produto.

Confiabilidade: A confiabilidade reflete a probabilidade de mal funcionamento do produto, como tempo de falha, possibilidade de defeitos, etc.

Conformidade: É o grau em que o projeto e as características operacionais de um produto estão de acordo com os padrões pré-estabelecidos. Existem duas abordagens distintas de conformidade:

- A primeira iguala conformidade ao cumprimento de especificações.
- A segunda iguala conformidade com o grau de variabilidade.

Durabilidade: Medida da vida útil de um produto possui dimensões econômicas e técnicas. Tecnicamente, pode-se definir durabilidade como o uso proporcionado por um produto até que ele se deteriore fisicamente.

Atendimento: É o atendimento, ou rapidez, cortesia e facilidade de reparo, pois os consumidores não se preocupam somente com a possibilidade de um produto

estragas, mas também com as condições a que ficam submetidos, tais como pontualidade e eficiência de reparos.

Estética: Diretamente relacionada à abordagem da qualidade baseada no usuário. É a aparência de um produto, o que se sente com ele, é uma questão bastante subjetiva e de julgamento pessoal.

Qualidade percebida: Qualidade percebida é uma dimensão mais diretamente ligada à “reputação” de uma empresa, ou seja, de uma maneira geral se refere ao fato de ser atribuída qualidade a um produto de uma empresa com base no conhecimento de que essa empresa tenha fabricado bons produtos anteriormente. A qualidade dos produtos fabricados pela empresa hoje é parecida com a qualidade dos produtos que ela fabricava em épocas passadas, ou que a qualidade dos produtos de uma linha de produtos recém-colocada é parecida com a qualidade dos produtos mais antigos de uma empresa.

Uma das maiores motivações para usar as dimensões da qualidade como referencia, é que apesar de elas serem “sutilezas teóricas”, passam a construir a base do uso da qualidade como arma da concorrência.

2.2 A INOVAÇÃO INDUZIDA PELO DESIGN

No guia de design de Delft são descritos vários dos métodos existentes da projeção e o enfoque do design de produtos a partir da perspectiva do design industrial. Nomeando as etapas essenciais que devem existir no projeto e a eficiência do trabalho dentro do projeto, também a forma de como serão atingidos os objetivos do projeto e o jeito como o designer deve comunicar-se com o cliente para explicar o conceito do produto.

Definindo design de produto como “a forma de conceber algum artefato ou sistema expressando-o de forma compreensível”², afirmando também que os produtos são concebidos por suas funções, sendo o raciocínio a partir da forma e uso. Isto ratifica a premissa de “a forma obedece à função”.

²The Delft Design Guide – Product design in Delft, What is product Design?

No entanto, são quatro os parâmetros que tem que ser definidos na sua concepção. Em primeira instancia a forma, que é o conjunto de peças diferentes, cada uma definida pela sua forma/geometria e tamanho. No caso da dupla curvatura das superfícies, estas são conformadas pelo conjunto de fibras, onde a forma de cada uma das fibras é definida pela função que estas cumprem. Por exemplos, o conjunto das fibras que compõem o falso teto (figura 2.1) não apresenta nenhuma curvatura pelo fato de fazer parte de um sistema de planos seriados desenrolável. Comparação com as fibras que funcionam como delimitadores de espaço e se encontram ao redor das vigas de apoio, apresentando duplas curvaturas em seus segmentos.



Figura 2.1 – Renderização representativa. Esq.: fibras do falso teto (vista em planta). Dir.: Perspectiva das fibras delimitadoras de espaço.

O design do produto também se cria a partir de algumas propriedades. Estas propriedades são particulares de cada peça do produto e são definidas pela sua forma. As propriedades podem ser intensivas e extensivas.

As propriedades intensivas que são as que dependem da forma físico-química. Por exemplo, a flexibilidade das fibras para poder obter a dupla curvatura é uma propriedade intensiva. E as propriedades extensivas são as mesmas propriedades intensivas adicionadas à forma geométrica. Ou seja, a curvatura que as fibras delimitadoras de espaço tomam quando estão ao redor das vigas de apoio.

O terceiro parâmetro é a função, é executada devido às propriedades anteriormente ditas, dado que a função de um objeto é a sua capacidade de modificar o ambiente (ou o usuário) do produto. A função vai diretamente relacionada com o processo de uso do produto. Exemplificando, as superfícies analisadas para abrigar o usuário do clima (frio ou quente). As propriedades e as funções do produto têm em comum feito que ambas dizem alguma coisa sobre o

comportamento dos produtos, pois elas têm propriedades particulares independentemente dos propósitos das pessoas³.

Por último, o quarto parâmetro consistia das necessidades e valores; as necessidades determinadas pelos usuários direitos do produto, que foram determinadas antes de definir a função que o produto ia cumprir. E os valores estéticos ou econômicos que são percebidos por os usuários. Neste caso pode-se perceber que o design do produto começa a partir de uma ideia inicial sobre a função.

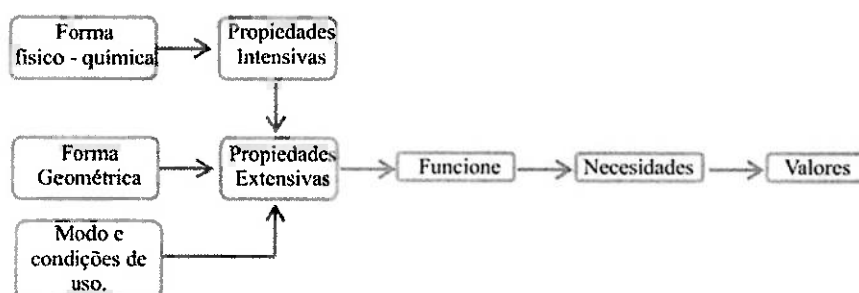


Figura 2.2 – Modelo de raciocínio por designers. Fonte: The Delft Design Guide

Na figura 2.2 mostra-se o desenvolvimento de um processo para gerar um produto. Da direita para a esquerda é a forma que muitos designers trabalham. Mas, quanto mais para a direita, mais aberto o processo de design.

O raciocínio da função para a forma é jogar com as possibilidades para chegar a novos conhecimentos que podem levar à inovação, determinando os limites do contexto para o qual o produto foi projetado e mapeando a situação na qual o usuário se encontra.

2.2.1 O processo de inovação do produto

Nas empresas industriais da atualidade a concepção de um produto novo não é uma atividade isolada. O design do produto é incorporado num processo maior que é o desenvolvimento do produto; isto inclui os planos de produção, distribuição e vendas. E o desenvolvimento do produto parte a sua vez do processo de inovação do produto. Assim a inovação compreende um novo produto ou processo de

³The Delft Design Guide – Product design in Delft, Function.

produção. No *Delft Design Guide*, mostram uma abordagem sistemática do processo de inovação de produto mediante dois modelos de processo de inovação.

Processo de inovação de produto

É o primeiro modelo, baseado no descobrimento de uma ideia genérica de produto. Estas ideias são fecundadas para a inovação e devem ser trabalhadas habilmente em planos globais de ação, estes planos devem de realizar de forma flexível para a compatibilização com as demais áreas da empresa.

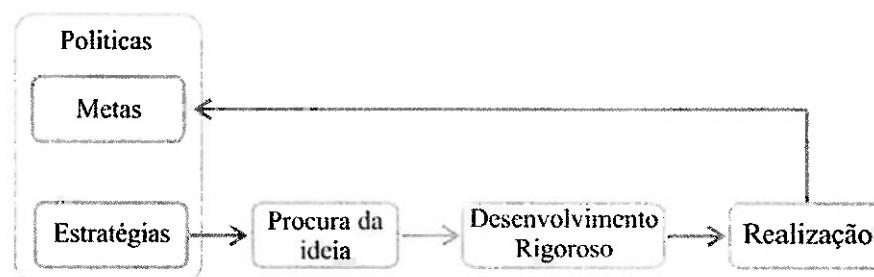


Figura 2.3 – Estrutura do processo de inovação – Modelo I. Fonte: The Delft Design Guide

No modelo de processo I, desenvolvido por *Roozenburg and Eekels*, parte-se de “descobrir a ideia”. Nesta ideia de produto se juntam dois eventos: as possibilidades técnicas e as necessidades do mercado. Na hora de “descobrir a ideia” deve-se demarcar as áreas nas que o mercado vai querer ser alcançado. Estas áreas são chamadas “campos de busca”. Um campo de pesquisa é uma ideia estratégica de atividades futuras de uma empresa, baseada no conhecimento das oportunidades externas e sensibilização das capacidades internas (pontos fortes do mercado). As políticas do produto direcionam o processo de descoberta da ideia e fornece informação normativa para realizar escolhas no processo de concepção.

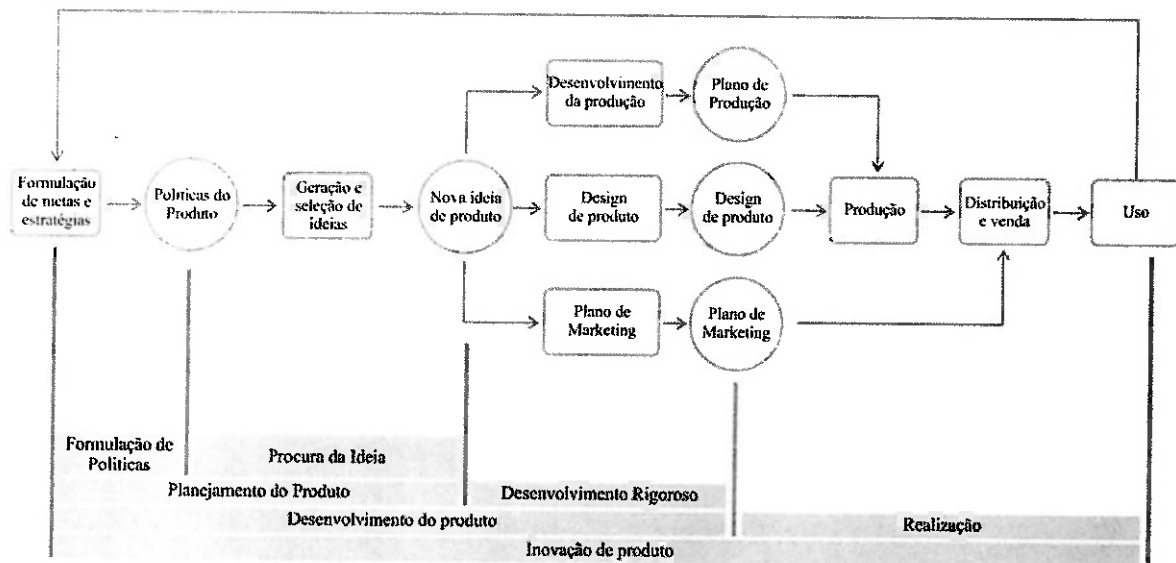


Figura 2.4 – Fases do processo detalhado, planejamento do produto. Fonte: The Delft Design Guide–RoozenburgandEekels

As ideias promissoras para novos produtos devem ser trabalhadas em planos detalhados para o produto, produção e venda. Esta fase é denominada “*desenvolvimento rigoroso*”, para isto o processo de desenvolvimento do produto deve ser providenciado concêntricamente.



Figura 2.5 – Desenvolvimento concêntrico do projeto. Fonte: The Delft Design Guide – RoozenburgandEekels

Um desenvolvimento concêntrico significa que no começo todos os planos são elaborados em linhas gerais, para estimar a viabilidade técnica e comercial das atividades dos novos produtos como um todo. Este processo recebe também outros nomes como: engenharia simultânea ou desenvolvimento integrado de produtos.

O desenvolvimento concêntrico tem uma grande vantagem, que é reduzir os gastos com tempo e dinheiro no desenvolvimento de ideias eventualmente “não bem

sucedidas”. Além disso, o desenvolvimento concêntrico estimula a interação entre design de produto, desenvolvimento, produção e planejamento de marketing, e também eleva a qualidade do produto e reduz os prazos de entrega dele.

A última fase proposta neste modelo inclui a produção, a distribuição, venda e uso real do produto. Na figura 2.4 mostra-se como o design do produto está inserido no processo maior de inovação industrial.

2.3 TRANSFORMAÇÕES DA GUÁDUA EM FIBRAS

A Guadua é um material composto por fibras naturais. Os materiais compostos em duas fases podem se classificar em três categorias dependendo do tipo, a orientação e a geometria do reforço.

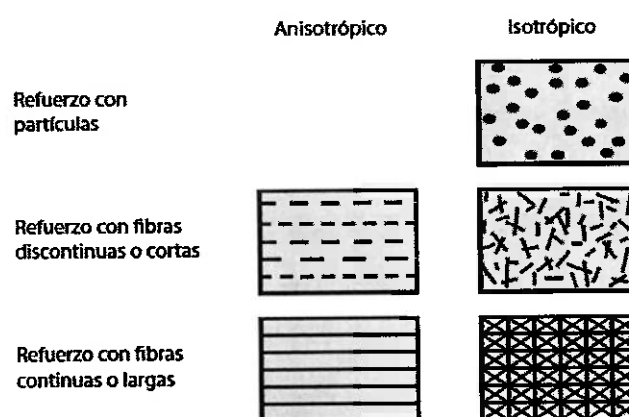


Figura 2.6 – Classificação de materiais compostos por tipo, orientação e geometria do reforço.Fonte: Estrada Mejia, Martin[15] pagina 16.

O bambu é uma planta fibrosa, que se classifica como material anisotrópico. Dentro desta classificação também se encontram três grandes grupos: as madeiras latifoliadas, as madeiras coníferas e as plantas não madeiráveis. Deste último grupo, o bambu merece destaque. As plantas não madeiráveis podem ser exploradas de forma sustentável. Os produtos não madeiráveis apresentam vantagens comparativas e são uma alternativa sustentável frente à deflorestação e a indústria ganadeira, por exemplo.

Os produtos não madeiráveis não se cultivam, somente são recolhidos os frutos ou produtos cada certo tempo, pelo que somente vai ter que fazer a colheita e não necessita de cultivo, plantação ou fertilizantes.

Paradoxalmente, as políticas nacionais de distribuição das concessões de recursos não madeiráveis e de limites de exploração são escassas, caso diferente do Brasil, na qual a tala de bambu sem regulação está proibida. No entanto, é necessário delinear um programa que tenha como objetivo o uso sustentável do Bambu.

Tabela 2.1 – Inventário de recursos fibrosos no mundo em toneladas. Fonte: Organização das Nações Unidas para a agricultura e a alimentação (FAO).

Recurso	Toneladas en el mundo
Madera	1 750 000 000
Paja (trigo, arroz, pasto)	1 145 000 000
Tallos (maíz, sorgo)	970 000 000
Bagazo de caña de azúcar	75 000 000
Otras cañas	30 000 000
Bambú	30 000 000
Algodón	15 000 000
Yute y cáñamo	11 000 000
Otros	7 080 000

As fibras do bambu constituem de 60% a 70% do peso total da planta. A estrutura destas fibras está composta por celulosa, hemicelulose⁴ e lignina. A celulosa é o principal elemento das fibras vegetais, formando o esqueleto na parede das fibras, proporcionando assim a resistência mecânica.

A hemicelulose esta ao redor das fibras celulosas, unindoem grupos as fibras de celulosa, criando assim umamatriz de hemicelulosa. Isto contribui à rigidez e capacidade mecânica da parede celular das plantas.

A lignina constitui 20% a 30% da matéria orgânica e é um dos componentes principais da madeira, pois é a que subministra as propriedades únicas de elasticidade. Sua principal função é formar a lamela que adere às fibras umas com outras e favorece o fluxo de água na parte superior da planta.

As fibras naturais mostram numerosas vantagens quando são comparadas com fibras sintéticas, pois são biodegradáveis, renováveis e abundantes. Particularmente o bambu é considerado um dos últimos recursos vegetais sustentáveis que não tem sido massivamente explorado.

⁴As hemiceluloses referem-se a uma mistura de polímeros de hexoses, pentoses e ácidosurônicos, que podem ser lineares ou ramificados, são amorfo e possuem peso molecular relativamente baixo.

Tabela 2.2 -- Inventário de recursos fibrosos no mundo – propriedades mecânicas. Fonte: Estrada Mejia, Martin[15] página 2.

Fibra	σ (MPa)	ε (%)	E (GPa)	Ref.
Manila	529-754	1.0-3.5	8.0-20.0	[18]
	500	7	12	[19]
	764	3	30.1-6.5	[20]
	764	2.6	6.2	[21]
Coco	220	15-25	6	[22]
	131-175	15-40	4.0-6.0	[18]
	95-118	23.9-51.4	2.8	[23]
	107	37.7	2.8	[24]
Lino	800-1500	1.2-1.6	60-80	[22]
	1339	3.27	54	[25]
	343-1035	2.7-3.2	27.6	[26]
Yute	400-800	1.8	10-30	[22]
	533	1.0-1.2	20-22	[27]
	393-773	1.5-1.8	26.5	[28]
Agave	600-700	2-3	38	[22]
	568-640	3.0-7.0	9.0-16.0	[18]
	458	4.5	15.2	[23]
	363	5.2	15.2	[24]
Canabis	511-635	2.0-2.5	9.4-22.0	[26]
	223	1.5	14.5	[29]
Cânãmo	550-900	1.6	70	[22]
	270	1.0	23.5	[30]
	534-900	1.6-3.5	30-90	[31]
	900	2.6	34.0	[32]

Segundo Estrada na sua tese, o modulo de elasticidade das fibras do Bambu varia entre 8 GPa e 150 GPa. E a resistência delas entre 187 Mpa e 1152 Mpa com um coeficiente de variação de entre 74.8% e 44.4%. Mas, neste caso as fibras foram decompostas para serem analisadas como reforço de material composto.

As estruturas de dupla curvatura estão compostas em 85% de fibras de Guadua. E as fibras são utilizadas no estado de imunização sem nenhum tipo de mistura de material, sendo um dos pontos afirmados na tese anteriormente citada, é que a umidade afeta de forma negativa as propriedades mecânicas das fibras.

3 PROCESSO PRODUTIVO ATUAL DE ESTRUTURAS PRÉ-FABRICADAS EM GUÁDUA

Em um primeiro momento, é preciso descrever qual será o problema tratado neste trabalho. É importante entender a origem do problema e as razões que levaram ao seu estudo.

Tendo o problema sido definido, serão apresentadas as informações e dados nas quais o problema foi baseado. A análise das informações apresentadas irá ajudar a compreender a atual situação da empresa Arquitetura Mixta em relação à inovação dos produtos e orientará a abordagem do problema.

3.1 APRESENTAÇÃO

3.1.1 O problema nas empresas da região do *Valle del Cauca*

O *Valle del Cauca* e o “Eixo cafeeiro”⁵ colombiano são as regiões onde o cultivo, transformação, e comércio da Guádua são proeminentes. Embora as empresas do segmento da região ainda não oferecem nem desenvolvem projetos em Guádua com superfícies de dupla curvatura, elas se encargam de adotar processos existentes.

A curvatura das Guáduas é um processo que ainda não está suficientemente desenvolvido para ser comercializado, principalmente porque ele ainda é artesanal e não se realiza de forma industrial, que não sustenta uma produção em série dos produtos.

O desenvolvimento das superfícies de dupla curvatura em Guádua surge empiricamente, com a necessidade de inovação do mercado. Oferece ainda uma perspectiva estética particular, que dá valor agregado aos produtos, objetividade e viabilidade às estruturas, garantindo sua funcionalidade.

O problema da curvatura dos talhos de Bambu reside na obtenção das fibras da Guádua. Tal afirmação se baseia em pesquisas sobre as necessidades da indústria, que são catalogadas nas oito dimensões da qualidade. As necessidades

⁵O eixo cafeeiro colombiano ou zona cafeeira compreende três regiões do país: Caldas, Risaralda e Quindío.

da indústria se centram no processo da transformação da Guádua em objetos de uso. Necessidades tais como:

- Controle estatístico, que busca melhorar os tempos de produção.
- Minimização das atividades de produção.
- Pesquisa científica para comprovações mecânicas.
- Desenvolvimento de maquinaria especializada para a produção.
- A armazenagem, que afeta diretamente a qualidade da matéria-prima.
- A economia dos resíduos, posto que o processo de gerar superfícies de dupla curvatura, independentemente da escala da estrutura, os resíduos restantes de desgaste de material são significativos.
- Reconhecimento da população que trabalha com o material; este último dentro do sentido social do projeto.

A resposta mais concisa para a solução de muitas necessidades na indústria, independentemente do nicho de mercado, pode ser obtida a partir da inovação tecnológica, diretamente dando saída a problemas socioeconômicos. Porém, o ideal é executar um planejamento integral dos processos produtivos orientado às necessidades.

3.2 ANÁLISE DE DADOS

Para entender o surgimento do problema é preciso analisar algumas informações disponibilizadas pelo sistema de informação da M.A correspondente à qualidade no processo produtivo e de transformação da matéria prima e também alguns dados que foram obtidos através de informações coletadas.

No processo ainda não existem planilhas de rota, nem de coleta de dados, ou seja, os operadores não coletam dados quantitativos e não existe um controle estatístico das falhas ou defeitos do produto.

Pelo fato de a curvatura das Guáduas ser uma técnica artesanal e rudimentar, ainda não existem dados quantitativos que demonstrem o retrabalho das fibras, quando se está na construção das superfícies. Portanto os operários não levam um registro nem quantitativo da produção. Os dados obtidos são dados coletados a partir de entrevistas e observações feitas no posto de trabalho durante as horas úteis de produção.

O controle dos índices de qualidade dos produtos desenvolvidos em Guádua é feito através de um gráfico denominado *QFD*(*qualityfunctiondeployment*)[4]que apresenta os dados qualitativos a partir de diferentes perspectivas. O *QFD*é focado nas necessidades e requerimentos da empresa. A primeira coluna em sentido verticalestá baseada nas demandas da empresa, ou seja, os requerimentos da empresa. Na coluna em sentido horizontalestão os possíveis métodos que podem ser implementados para atingir a qualidade do design. E por ultimo, na parte de baixo, estão os elementos específicos do processo de fabricação.

No gráfico dafigura 3.1encontra-se o *QFD* representativo da A.M., o qual foi desenvolvido em torno do aumento da produção e otimização da qualidade no processo produtivo das superfícies de dupla curvatura desenvolvidas em Guádua.

Observando o gráfico dos indicadores de qualidade do processo, notam-se as relações fracas, que são as que estão afetando a qualidade, tal como a minimização das atividades e a espessura das fibras.

Além disso, há oito fortesrelações positivas que correspondem com a implementação de maquinaria, termo-formação da madeira, mão de obra qualificada, tempos de produção, e fatoresrelacionados com as propriedades físicas do material, como elasticidade, a resistência à tração, diâmetro externo do talho do bambu e a resistência ao cisalhamento. Os ultimo fatores nomeadosdevem ser aprofundados na pesquisa científica.

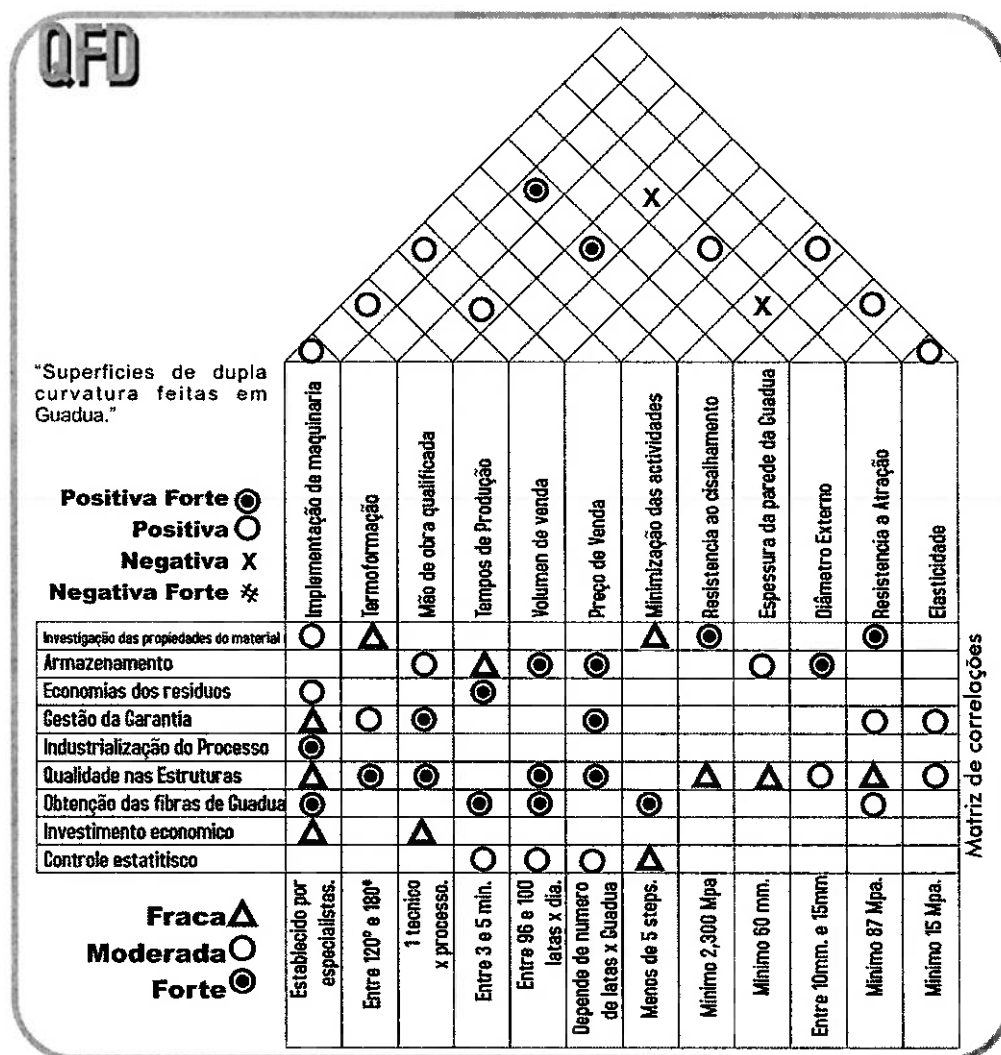


Figura 3.1 – QFD Aplicado às superfícies de dupla curvatura.

A implementação de maquinaria é o método que se relaciona com sete dos nove requerimentos da empresa na fabricação do produto, o qual seria o método de maior urgência de desenvolvimento. O que se aspira é dirigir a implementação de métodos organizacionais e de estruturação do trabalho para solucionar os problemas na produção.

Dentro da coluna dos requerimentos da empresa, a gestão da garantia e qualidade nas estruturas são as necessidades que devem ser atendidas em primeira instancia. Portanto é mais umas das razões para focar este trabalho na qualidade do processo quelevasse de maneira conjunta à qualidade do produto.

É importante observar que a política adotada pela Arquitetura Mixta esta encaminhada à inovação na construção, com ênfase em inovação social, mas para isto é necessário aumentaro investimento empesquisas e estudos aplicados.

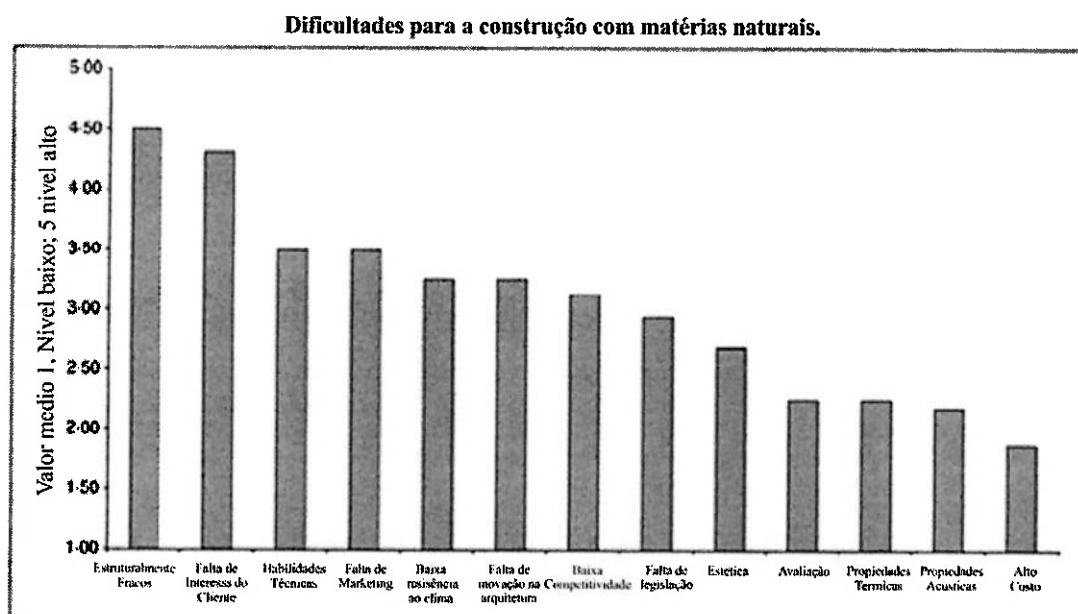


Figura 3.2 – Percepção de barreiras pra a construção com matérias naturais.Fonte: Obataya, Eiichi. Kitin, Peter. Hidefumi, Yamauchi.[16] página 5.

Os dados anteriores demonstram as barreiras e os fatores que podem influenciar os limites e impedimentos para a construção com matérias naturais, conforme as necessidades da população.

Nota-se, por exemplo, que as maiores barreiras percebidas na construção com matérias naturais, num campo de 1 a 5, sendo o 1 o menor nível e o 5 o maior barreira, que a barreira denominada fraqueza estrutural atingiu 4,5, que faz referência à restrição chave nas especificações dos projetos. Adicionalmente, a falta de interesse do cliente que chega num nível 4,31. E por fim, as habilidades técnicas, que correspondem à baixa manufatura e a pouca mão de obra especializada, somada à baixa comercialização dos produtos que alcançam um nível de 3,5 na escala.

Similarmente, a baixa resistência ao clima, junto com uma infraestrutura debilitada, são mais duas barreiras que resultam na escala 3,25. Seguidos pela baixa competitividade no mercado da construção e a não legislação e existência de normas que regulem o tratamento e o desenvolvimento das estruturas. A estética como uma das barreiras atinge 2,7 na escala, seguida de mais três barreiras que chegam ao mesmo campo, que são: disponibilidade do material, propriedades térmicas e propriedades acústicas, que atingiu o nível 2,4. E por último, tem-se o alto custo de aquisição dos materiais.

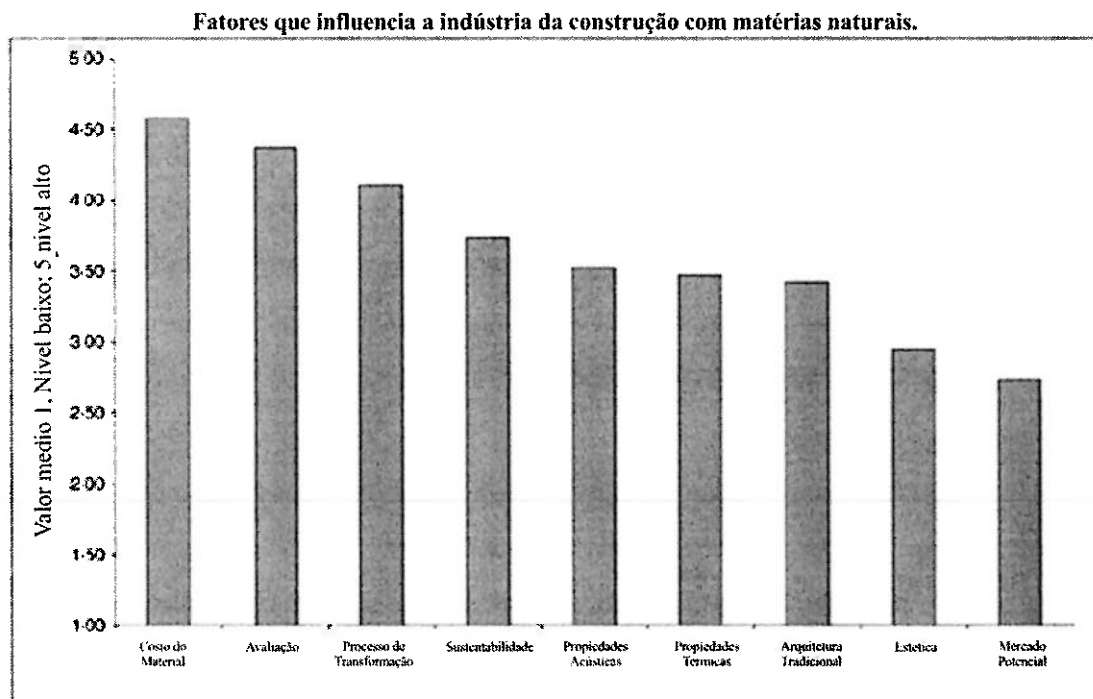


Figura 3.3 – Fatores que influencia a indústria da construção com matérias naturais.Fonte: Obataya, Eiichi. Kitin, Peter. Hidefumi, Yamauchi. [16] página 5

No em tanto, os anteriores nove fatores que limitam e influenciam o baixo crescimento da indústria da construção com matérias naturais. Ampliados da seguinte forma: encabeçando a lista e com um nível de 4,6 se encontra o alto custo do material, em quanto à extração e manufatura. Após da disponibilidade do material com um nível de 4,4 envolvendo a parte ambiental que tem que ver com recursos naturais.

Além disso, a viabilidade que faz referência com a manipulação e o processo de transformação do material. Sendo a sustentabilidade outro fator que limita o crescimento do mercado, esta num nível de 3,8, pois é claro que o feito de ser matérias naturais não quer dizer que sejam matérias ambientalmente sustentáveis, caso contrário o da Guádua que será explicado no capítulo seguinte no que ver com as referencias bibliográficas. Posteriormente da limitante da sustentabilidade, segue duas limitantes que se encontram no mesmo rango de 3,6 que são: propriedades acústicas e propriedades térmicas, as quais se comportam concordo com são atributos físicos do material. Também, a arquitetura tradicional e a estética da mesma, que ainda não estão desenvolvidas a partir exclusivamente dos materiais naturais em contexto. Sendo estas duas ultimas limitantes as que potencializam o mercado da Guádua.

Claramente, a figura 3.2 e a figura 3.3 ilustram os pontos mais importantes pra serem avaliados e discutidos, nas seguintes recomendações e formulação de propostas para a indústria da construção.

3.3 SITUAÇÃO ATUAL DA INDÚSTRIA DA GUÁDUA

É pertinente trazer dentro dos dados estatísticos, a amostrar dos dados que reflexam o crescimento da indústria dos materiais naturais, denominados como: Materiais para entrançar e produtos vegetais, não específicos nem compreendidos em outras posições. Dentro deste grupo se encontra o Bambu e os tipos de bambu.

Os dados indicam um crescimento da indústria da Guádua, de acordo com Aso-Bambu em relação ao ano de 2010 e isso se deve principalmente ao aumento das atividades de exportação da indústria do Bambu. Até agora a A.M. tem exportado duas casa pré-fabricadas e planeja ampliar sua capacidade de entregar produtos, de forma que possam conseguir atender todo o mercado externo exaltado. Em contrapartida, o investimento não é gradual ao crescimento do mercado, dando um sinal de que a empresa pode não estar preparada para o aumento da demanda do mercado.

É importante recalcar o crescimento das importações, que reflexa os principais países nos que se importa o bambu. Pode perceber-se que nos últimos anos, os países mais ativos em matéria de importação não forem os principais. Dentro deste grupo se encontra o Bambu e os tipos de bambu que são vendidos como matéria prima. Em contraste com as importações que não chegam a atender a demanda do mercado.

Tabela 3.1 – Mercado de importações de Bambu no ano 2010. Principais países importadores de Bambu – Dinamismos dos países importadores de Bambu. Fonte: [7]

Principais países importadores de: Bambu			Dinamismo dos países importadores de: Bambu		
	Quantidade em USD das Importações	Evolução das Importações		Peso das Importações	Evolução das Importações
1 - Estados Unidos	13 M USD	54,0%	Maldivas	0,0%	90,5%
2 - Países Baixos	12 M USD	21,4%	Madagascar	0,0%	589,3%
3 - Italia	8725 K USD	-0,1%	Letonia	0,0%	519,4%
4 - Reino Unido	6468 K USD	-19,9%	Guatemala	0,0%	-98,6%
5 - Japão	5893 K USD	-3,7%	Mauricio	0,0%	-90,6%
			Polinesia Francesa	0,0%	-53,8%

Tabela 3.2 – Mercado de exportações de Bambu no ano 2010. Principais países exportadores de Bambu – Rendimento dos países exportadores de Bambu. Fonte: [7]

Principais países exportadores de: Bambu			Rendimento dos países exportadores de: Bambu		
	Quantidade em USD das exportações	Evolução das exportações		Peso das exportações	Evolução das exportações
1 - China	60 M USD	-5,6%	Argentina	5,9%	+
2 - Tailândia	5230 K USD	-3,1%	Singapur	0,5%	215,2%
3 - Argentina	5183 K USD	+	Francia	0,4%	93,9%
			China	-3,4%	-5,6%
			Bélgica	-1,8%	-56,2%
			Taiwan	-0,7%	-16,2%

Entrando no foco deste trabalho, para melhor entendimento de quais seriam os procedimentos que poderiam chegar a ser programados na empresa, foi feita uma pesquisa no processo produtivo atual que ajudou a entender a origem da baixa qualidade dos produtos, apresentada no próximo capítulo.

Além do crescimento nas exportações, a indústria madeireira vem passando por diversas mudanças ao longo dos últimos anos, seja do ponto de vista do relacionamento do design industrial ou da inovação dos materiais naturais na construção.

3.4 ESTADO ATUAL PROCESSO PRODUTIVO

Para melhor compreensão do problema, é importante realizar uma contextualização do processo produtivo completo da indústria da Guádua, seguido por uma análise mais concreta e detalhada, da atual situação do processo produtivo e da fase do processo na qual vamos centrar as soluções do problema.

A cadeia produtiva da Guádua há ido desenvolvendo-se num longo processo, que até agora esta gerando uma alta produtividade, no que corresponde a economia da escala e os processos industriais. O setor Guaduero está-se centrando agora, na parte de manufatura e transformação da Guádua, posto que os problemas de silvicultura e o aproveitamento fossem superados, trás pesquisas nas faculdades de Engenharia Agronômica e Ciências da Agronomia da região.

Há uma percepção na empresa em relação à indústria da Guádua, à medida que o processo produtivo avança para a transformação do produto, o processo vai se tornando mais e mais empírico. Com menos parâmetros e sentido de

organização. Os operários mais abaixo do processo são menos dedicados a uma determinada peça.

É muito comum que os produtos desenvolvidos em Guádua, sobretudo com os que têm que ver as superfícies de dupla curvatura; somente, as fibras são cortadas e polidas na fabrica. Pois o resto das peças da estrutura é feitas e desenvolvidas no ponto de montagem da estrutura.

Um dos maiores projetos da A.M. foi o workshop *Bio-Expo Neiva 2010*. Qual foi uma feira realizada em torno à sustentabilidade ambiental, onde a firma A.M. foi contratada para desenhar e construir os stands e quiosques de exibição da feira.

Para este projeto forem construídos quatro quiosques, cada um com dimensões diferentes. O menor quiosque tinha 10m^2 , os dois seguintes tinham 20m^2 e 30m^2 . E por ultimo, o maior deles tinha 35m^2 , o qual a A.M. denomina “Casa Quiosque”.



Figura 3.4 – Quiosque de 10m^2 . Fonte: www.arquitecturamixta.com



Figura 3.5 – “Casa Quiosque” 35m^2 . Fonte: www.arquitecturamixta.com

Além de estes quiosques forem construídos 252 pontos de stands. Cada stand composto por três painéis. Painéis de dimensões de 3m x 2m. A montagem de estes stands foi feita sobre 8.000 m². Em total forem construídos 756 painéis.



Figura 3.6 – Montagem dos stands. Fonte: www.arquiteturamixta.com

Além das peças das estruturas serem fabricadas no mesmo ponto de montagem das estruturas. Os andaimes para subir as estruturas também são feitos em Guádua. E as peças são fabricadas e as cobertas das estruturas são feitas a partir de módulos, do jeito como se desenvolvem nos planos seriados, que ao unirem resultam na estrutura de dupla curvatura. No diagnostico serão explicados os passos de conformação dos módulos.



Figura 3.7 – Montagem dos stands. Fonte: www.arquiteturamixta.com

Outra importante característica para ressaltar do design das cobertas é a técnica utilizada. É uma arte que está baseada na “*Quincha*”⁶ técnica do legado peruano antigo. A palavra vem da língua *Quechua*. E que quer dizer tecer ou entrelaçar. Segundo o arquiteto participe do design das cobertas, tem certeza que esta técnica permite desenvolver peças idôneas da arquitetura vernácula e representar formas orgânicas da natureza na arquitetura.

3.5 DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES

As atividades dos técnicos e operários dependem do segmento em que estes atuam, que são atualmente: “corte”, “polimento” e “construção”. Que são os mesmos nas três atividades. Cada um desses segmentos de atividade exige a utilização de diferentes processos e a execução de diferentes atividades.

Basicamente, a atividade dos operários no “corte” é a obtenção das fibras da Guádua, pois justamente a atividade deles é também determinar o estado das fibras que podem ser utilizadas na construção da estrutura. Esses operários devem verificar ao mesmo tempo o estado de qualidade da fibra obtida do talho da Guádua.

Os problemas de qualidade que estão ocorrendo é preciso identificar primeiramente se o problema foi ocasionado pelo método de produção da fábrica. Caso o problema seja identificado na hora pelo operário, ele deve de deve identificar qual foi o defeito na peça.

Em sua ação os operários após o corte das fibras da Guádua, elas são levadas até a serra circular, na qual é feito o polimento das fibras. (procedimento que será explicado e ilustrado mais adiante). Com o polimento, as fibras são deixadas numa zona de armazenagem, prontas para ser colocadas na construção.

3.5.1 Procedimento de obtenção das fibras daGuádua

O processo de obtenção das fibras de Guádua é um dos processos que apresenta maiores problemas, no que se refere ao processo produtivo. É um processo 100% manual. No que se precisa de mínimos dois operários para cortar um talho. Somente no final do processo é utilizado uma serra circular, como

⁶ A “*quincha*” é um sistema construtivo tradicional da América do Sul, que consiste fundamentalmente em criar um entrançado com as fibras do bambu e cobrir ele com barro.

ferramenta mecânica. Como se reflete na imagem em baixo, as fibras são aquela subdivisão do talho da Guádua. Geralmente estas fibras vão ter uma largura de máximo de 20 m e um mínimo de 10m Por um comprimento de 0,10 m. O talho geralmente é cortado antes de sua maturação.

O talho é aberto, batendo o machado sob a Guádua, onde são feitos os cortes parciais, no sentido das fibras da Guádua. Após de estas aberturas o talho é rasgado pelas aberturas feitas com o machado.

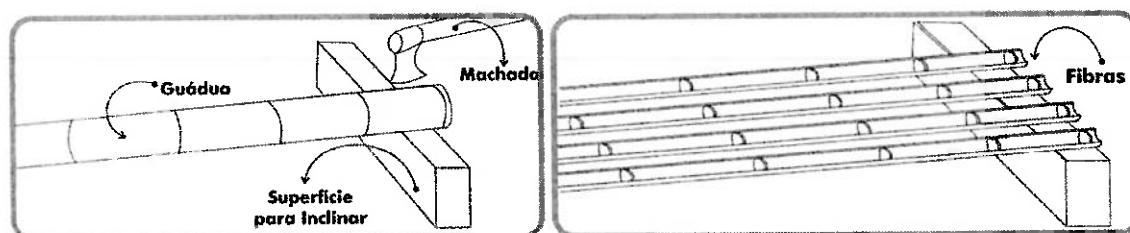


Figura 3.8 – Imagem descritiva do corte manual da Guádua.

Depois de rasgar o talho são obtidas quatro fibras, (sempre serão quatro independentemente do diâmetro do talho) Estas quatro fibras são levadas na serra circular para ser cortadas pela moldura e a dimensão do formato da serra circular, sendo devastadas e polidas.

Tabela 3.3 – Tabela de relação diâmetro da Guádua vs. numero de fibraa obter.

Diâmetro em cm.	Número de fibras
10	8
12	10
13	11
15	12
16	13
20	16

Após o corte se geram um os desperdícios. Estes desperdícios são utilizados, e recolhidos por outros artesãos que os transformam em pequenos artesanatos. Comumente, as pessoas que coletam este tipo de resíduos, são esposas dos operários da região.

3.5.2 Descrição detalhada do processo

A seguinte sequência fotográfica (figuras 3.9 a 3.12) é o processo de obtenção das fibras da Guádua. Desenvolve-se no contexto da oficina da A.M.. Este processo foi feito com um talho de Guádua de 8 m de comprimento e 0,10m de diâmetro.



Figura 3.9 – Sequencia de uso, primeira parte. Obtenção duas primeiras fibras.

A Guádua é apoiada, sob uma base que permite ter ela elevada a 15° do chão. Do jeito como se mostra na figura 3.9. Para este processo são necessários dois operários. E uma ferramenta de corte manual que é um machado convencional.

Após de o talho estar situado (1), um dos operários procede fazer a primeira rachadura, batendo fortemente no machado apoiado sobre a parte elevada da Guádua (2 e 3). Após disso, dão um giro de 180° na posição deitada do talho, para fazer outra rachadura oposta à primeira rachadura. Estes dois são os cortes principais para obter as quatro fibras fundamentais.

Logo de ter as duas rachaduras nos dois lados do talho, o machado é introduzido num dos lados rachados (4) de forma horizontal (5). Desta forma o machado vai ser deslizado pelo operário, por uma das rachaduras; separando os nós internos do talho (6). Após de isto se observa as duas fibras principais (7).



Figura 3.10 – Sequencia de uso, segunda parte. Obtenção quatro primeiras fibras.

Após de ter as duas peças, cada uma delas é lascada na metade para obter quatro fibras, da seguinte forma: na metade de cada fibra se faz uma rachadura como o machado (8). E a separação é feita manualmente pelos operários (9 e 10). Nesta parte de despegar as fibras manualmente os operários tem que ir avançando muito bem coordenados, puxando e pressionando ao mesmo tempo para não estragar a fibra (9). Este procedimento se repete com a mesma fibra.

Tendo as quatro peças cortadas, o operário pega cada uma delas e com o mesmo machado, vai tirando a parte que sobressai dos nós do talho (11). Isto ação é polimento manual antes de passar pelo polimento mecânico.

Agora há uma peça de 8m lascada em quatro seções (12). Esta é a primeira parte manual do processo. Seguido do corte mecânico, descrito no seguinte paragrafo:



Figura 3.11 – Sequencia de uso, terceira parte. – Corte mecânico das fibras.

As fibras são levadas até o lugar de corte. Que fica a um os 6m dentro da mesma oficina (13 e 14). O corte mecânico é feito por uma serra circular ou marcenaria bancada. Este é uma ferramenta básica. Composta por uma serra afilada para fazer o corte, mais um suporte de apoio feito a partir de um marco de madeira, o qual é apoio da fibra a cortar. Mais, um motor pequeno de três cavalos de força. Esta ferramenta foi construída pelos mesmos operários.

O operário liga a maquina (15) e pega a fibra de um dos extremos, passando-a pela serra, em quanto o outro operário recebe o outro extremo do lado oposto da maquina (16) de este jeito obtêm a primeira fibra (17). O processo é realizado com as outras três fibras (18, 19 e 20). Cada uma de estas fibras é passada pelos seus dois lados dos quais se obtêm três fibras, mas uma delas é descartada, pois fica com uma dimensão diferente.

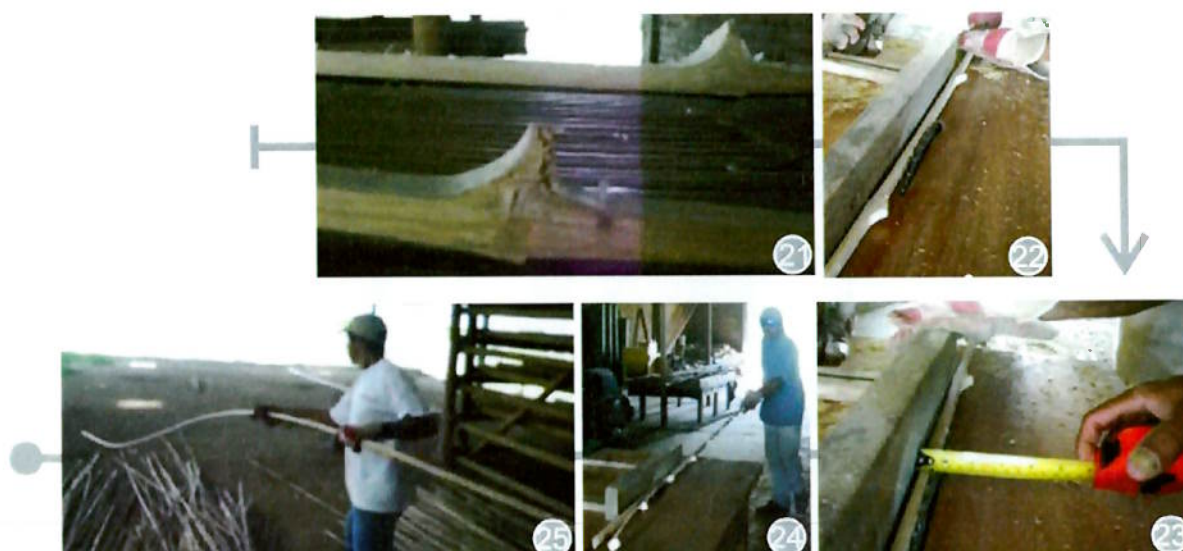


Figura 3.12 – Sequencia de uso, quarta parte. – Corte mecânico das fibras II.

Após de ter cortado cada fibra em duas partes, obtemos oito fibras. Destas oito fibras as protuberâncias que ficam onde estavam os nós da Guádua são tiradas (21). A fibra é situada pela lateral, onde as protuberâncias ficam em sentido da serra (22). O canto da fibra é medido e ela tem que ficar de 0,01m (23). A maquinaria é ativada e o operário passa a fibra (24). O procedimento é repetido com as outras fibras, enquanto o outro operário recebe as fibras e as arranjando no chão (25).

3.6 ESTRATÉGIA ATUAL PARA RESOLUÇÃO DO PROBLEMA

Atualmente há uma iniciativa específica da A.M. para resolver os problemas relacionados à qualidade dos produtos de dupla curvatura. Porém, há algumas ações envolvendo especificamente o processo produtivo de este tipo de produto, a partir do qual se pretende adotar procedimentos para a criação de novos produtos.

Como dito anteriormente, a Arquitetura Mixta seria a primeira empresa Vallecaucana em oferecer produtos com dupla curvatura em Guádua. A inovação no produto é a estratégia utilizada na empresa, do mesmo jeito focado na inovação tecnológica.

Em decorrência do exposto, vem a competitividade no mercado e o aumento nas vendas, na procura do crescimento empresarial no setor *guaduo*. É importante esclarecer que este tipo de inovação leva a grandes mudanças na produção, mudanças estas que impulsionam este projeto, o qual pretende deixar um panorama

inequívoco, para assim conseguir atingir o *Target Group* projetado, que é a exportação.

O tipo de inovação refletido no projeto encerra-se no campo da inovação radical e a inovação em gestão. Posto que a introdução de um novo produto no mercado e as mudanças substanciais na produção; são razões para qualificar o projeto em esta área.

A ferramenta de gestão do conhecimento é um dos complementos da inovação. De fato, é mais essencial, pois as pessoas que trabalham a Guádua são artesãos, nos que o conhecimento do material e os tratamentos para aquele, foram obtidos de geração em geração, sendo aplicado agora a novas formas de negocio.

Explicações como a anterior deixam aproximar-se um pouco mais, na inovação social. Neste caso poderíamos afirmar que a criação de uma inovação social esta dando passo a criação de uma inovação técnica.

3.6.1 Certificações

Atualmente, a A.M. utiliza a normalização que existem nas NTC (Normas técnicas Colombianas) às quais fornecem uma normativa comum para o bambu e a Guádua em Colômbia. Estas estabelecem requerimentos fundamentais de qualidade, segurança, proteção e saúde do usuário e ambiente, para produtos, serviços, processos ou sistemas em torno da Guádua.

Estas normas foram feitas por um comitê interdisciplinar de profissionais, conformado por representantes da indústria, consumidores e partes interessadas em geral. As normas elaboradas são as seguintes:

- NTC 5300 "Colheita e Pós-Colheita colmos de Guádua angustifolia Kunth."
- NTC 5301 "Secagem e imunizados nos colmos de Guádua angustifolia Kunth"
- NTC 5405 "Propagação vegetativa de Guádua angustifolia Kunth"
- NTC 5407 "Juntas de estruturas construídas em Guádua angustifolia Kunth"
- NTC 5458 "Artesanato e Móveis Guádua angustifolia Kunth"
- Pré Norma "Métodos para testar as propriedades físicas e mecânicas de Guádua angustifolia Kunth. Parte 1. Requisitos "(ISO 22157-1).

O que se pode observar é que as normas estabelecidas estão focadas à primeira parte da cadeia da Guádua: Colheita, pós-colheita, secagem, preservação, berçário. Só duas das normas estão focadas aos produtos desenvolvidos em Guádua que tem que ver com artesanais e uniões estruturais. A A.M. também conta com as permissões e exigências nacionais e internacionais, nos produtos que já se tem comercializado. Estas requisições forem outorgadas pelas seguintes entidades:

CVC (Corporação regional Autônoma do Valle del Cauca): Entidade que exerce a autoridade ambiental e promove o desenvolvimento sustentável do dimensionamento ambiental na região do Valle del Cauca.

ICA (Instituição Colombiana Agropecuária): Contribui ao desenvolvimento sustentável do sector agropecuário mediante a pesquisa, a transferência tecnológica e a preservação de riscos naturais.

MinAmbiente (Ministério do Meio Ambiente e desenvolvimento sustentável Colombiano): O MinAmbiente é encarregado da gestão ambiental e dos recursos naturais renováveis, encarregado de orientar e regular o ordenamento territorial e definir as políticas e regulações as quais estão sujeitas à recuperação, conservação, proteção, ordenamento, gestão, uso e aproveitamento sustentável dos recursos naturais renováveis e do ambiente da nação, com a finalidade de garantir o desenvolvimento sustentável, sem perjúrissimos das funções atribuídas a outro sectores.

3.7 DEFINIÇÕES DOS PROBLEMAS A SEREM RESOLVIDOS

Analizando os índices de qualidade dos requisitos exigidos pelo mercado de indústrias madeireiras e verificando a situação atual da qualidade dos produtos de dupla curvatura desenvolvidos em Guádua, o desafio para Arquitetura Mixta é desenvolver seu processo produtivo com um alto nível de capacidade para produzir em massa. Dirigido à inovação de produtos madeireiros. Controlando os problemas pontuais de grande impacto na qualidade e nos custos da produção.

Através da análise dos dados, foi possível verificar que grande parte desses problemas que impactam a construção de estruturas com matérias naturais são

originados na qualidade que o produto oferece ao usuário. Em quanto ao produto se refere.

Sendo um dos fatores importantes na qualidade dos produtos é a pressão por redução nos tempos de produção. E em quanto ao processo podem observar-se problemas nos tempos de produção, dado que tem havido pontos de estrangulamento ou “*bottlenecks*” que não conseguem ser atingidos pela empresa no processo. Estes pontos de estrangulamento apresentassem mais na primeira fase do corte das fibras de Guádua.

Para entender a razão do grande impacto da qualidade nos produtos de dupla curvatura da A.M. é preciso buscar uma visão mais geral da organização da A.M. e seu relacionamento com o processo produtivo e de transformação.

Primeiramente, nos últimos anos as exportações de produtos pré-fabricados em madeira, tiveram um grande crescimento do que a comercialização corresponde. Hoje, devido ao grande crescimento da indústria madeireira o *core business* das empresas transformadores de madeira esta focada a criar produtos com um alto valor agrado.

A relevância que este trabalho tem na Arquitetura Mixta, é que esta empresa chegaria ser, a primeira empresa Colombiana em oferecer este tipo de produtos. Além, de se-estar empreendendo um projeto para desenvolver uma inovação tecnológica, que envolve um novo processo produtivo.

Guádua é catalogada dentro do grupo dos materiais madeireiros, por suas características. Então por esta razão ela é tratada com os mesmo processos de transformação aplicados nas madeiras comuns, mas o que se consegue perceber é que os processos não são iguais de objetivos e efetivos, enquanto a tempos de produção e qualidade da matéria se refere.

As características físicas das madeiras comuns são diferentes das características físicas dos bambus, pois por ser um talho de uma árvore, seu estado natural sempre será redondo. Mas isso não impossibilita que com ela possam-se realizar laminado de Guádua e superfícies de dupla curvatura, usualmente utilizados em chãos e telhados.

A integração dos processos produtivos já existentes, que são aplicados na madeira, junto com o desenvolvimento de novos processos produtivos exclusivos para a Guádua. Estes podem quebrar com as limitantes geométricas da estrutura da

Guádua, assim mesmo conseguir novas explorações geométricas na forma dos produtos baseados em Guádua.

O seguinte gráfico é um fluxograma representativo da cadeia produtiva toda da Guádua como matéria natural. Onde se define qual é a fase a intervir durante o projeto. Dado que a fase que compete e na qual podem se propor as soluções através do design industrial.

Para entender como a A.M. tem atuado frente ao mercado em termos de qualidade e relacionamento é necessário primeiramente entender como a empresa está estruturada organizacionalmente, focando principalmente a área dos processos produtivos.

4 INVESTIGAÇÃO DA CAUSA RAIZ

Com base na referência teórica exibida no capítulo anterior e na análise legítima da situação, referente às dificuldades no produto e na produção do mesmo, será descrito um diagnóstico para melhor compreensão do cenário atual.

Os pontos propostos no diagnóstico terão muita importância na proposta de soluções, para que elas sejam novas e inovadoras ou uma melhoria das ações já existentes na empresa.

4.1 REQUISITOS DA EMPRESA

Os requisitos da empresa são planejamos, para programar uma estratégia da produção que tenha um efeito abrangente na organização, em quanto à tática, que defina uma posição da organização relativamente a seu ambiente, aproximando-se a organização de seus objetivos em longo prazo.

A estratégia das operações na empresa tem uma perspectiva *bottom-up*, uma perspectiva baseada na experiência diária que sugere o que as operações deveriam fazer. A visão ortodoxa que oferece esta perspectiva deve-se a falta de planejamento integral do processo produtivo.

Dada à função global do processo de produção, a qual esta baseada numa atividade principal que é a obtenção das fibras da Guádua. Nesta função se planejam um os requisitos mutuamente exclusivos na parte de manufatura de toda a cadeia produtiva. Requisitos que foram planejados a partir da posterior experiência e mesma expressão das pessoas que operam a maquinaria e ferramentas.

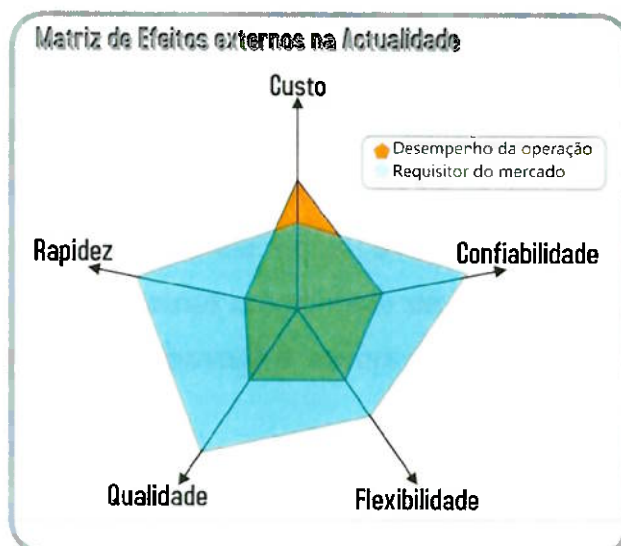


Figura 4.1 – Matriz de efeitos internos e externos

4.2 REQUISITOS DO PROCESSO

Dadas às funções principais da administração da produção na empresa e depois de planejar um plano de ações, elas foram classificadas em funções técnicas, funções de uso, de mercado-tênia, as quais foram enfrentadas as necessidades da indústria e do processo. As quais têm umas quantidades quantitativas que permitem medir respectivamente dentro do processo.

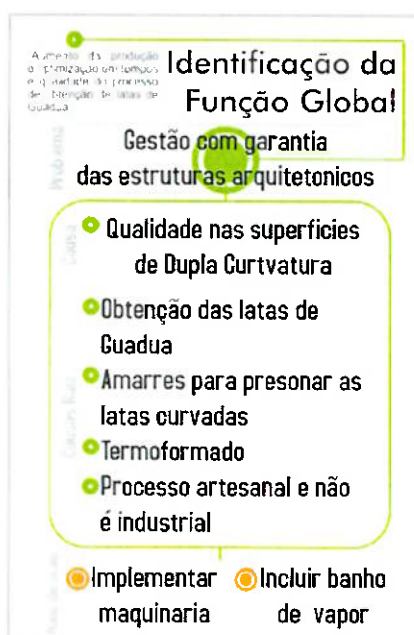


Figura 4.2 – Identificação da função global

4.3 ELEMENTOS QUE CONFORMAM O SISTEMA DAS ESTRUTURAS DE DUPLA CURVATURA

A análise das estruturas de dupla curvatura propostas, foi feito mediante a observação dela como um sistema. Composto por três subconjuntos, que a sua vez, possuem elementos que definem a geometria da estrutura. Os subconjuntos nos que se descompus são:

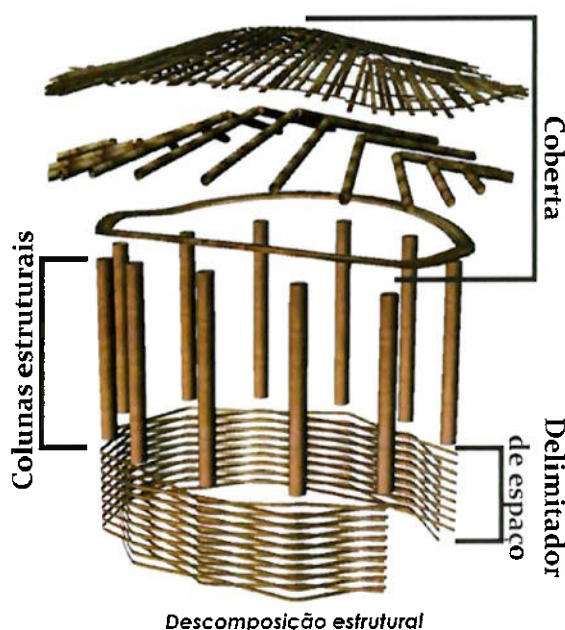


Figura 4.3 – Renderização em vista explodida

4.3.1 Coberta

Situa-se na parte superior da estrutura. Está composta por duas partes:

4.3.2 FalsoTeto

É um entrelaçado feito por varetas nos sentidos longitudinal e transversal. Formando um tipo de tecido. Estas varetas fixadas em sentido vertical e horizontal. São colocadas continuamente ao longo da estrutura para formar o entrelaçado mediante planos seriados, dando assim, um sentido fechado e de composição na cobertura, fazendo a estrutura observar-se volumosa, completando as linhas que geram sua dupla curvatura. O seccionamento visual que elas causam é dado pelas distâncias entre as varetas. Sua fixação é feita mediante parafusos calibrados. As

dimensões no comprimento das varetas verticais oscilam de 0,5 a 3,0 metros e largura 0,1 metro. A distância do posicionamento delas é de 0,1 metro. Em quanto às varetas horizontais tem um comprimento de 0,9 metros e largura 0,1 metro.

No que obedece na parte funcional, às varetas horizontais sustentam as varetas verticais. São distribuídas três varetas horizontais ao longo de cada grupo de cinco varetas verticais.

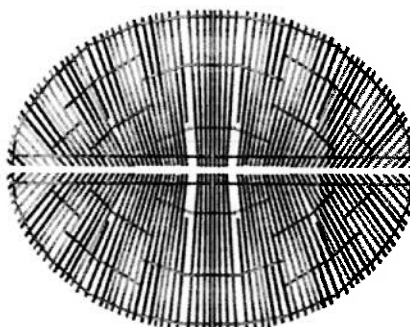


Figura 4.4 – Rendering, vista em planta do falso teto.

4.3.3 Vigas de apoio

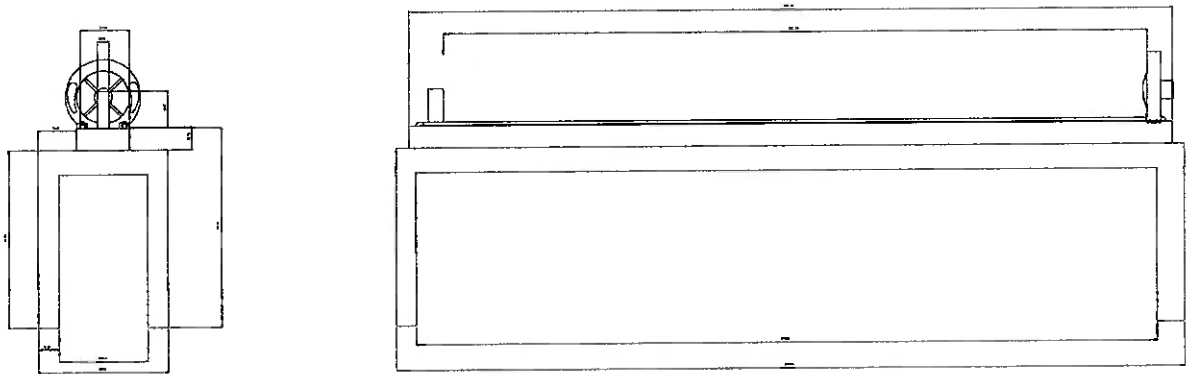
As vigas de apoio ou de suporte que seguram o entrançado formando um tipo de esqueleto, fazendo uma analogia com uma espinha dorsal. Estas vigas definem a geometria da cobertura.

Neste caso, as vigas de suporte, são de dois tipos:

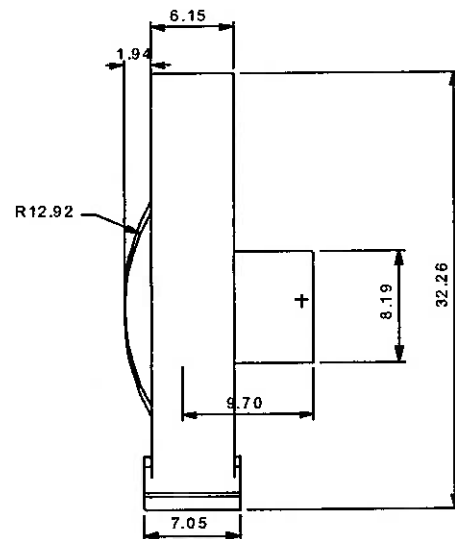
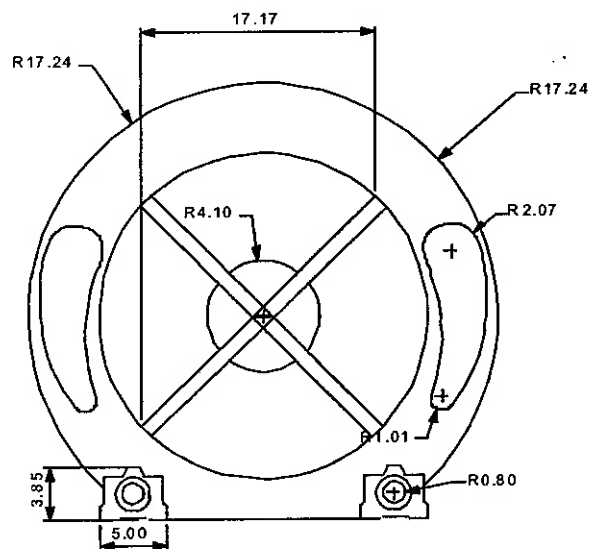
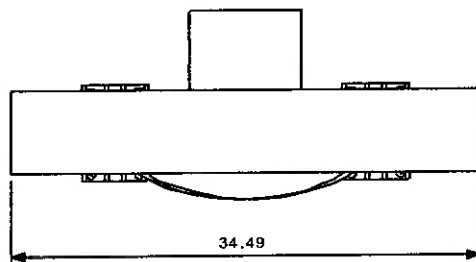
Por unidade

São os talhos inteiros da Guadua com diferentes comprimentos, que são distribuídos pela cobertura tantas vezes como os módulos (entrelaçado das varetas) conforme a cobertura. A fixação deles leva-se a cabo com parafusos de alta resistência.

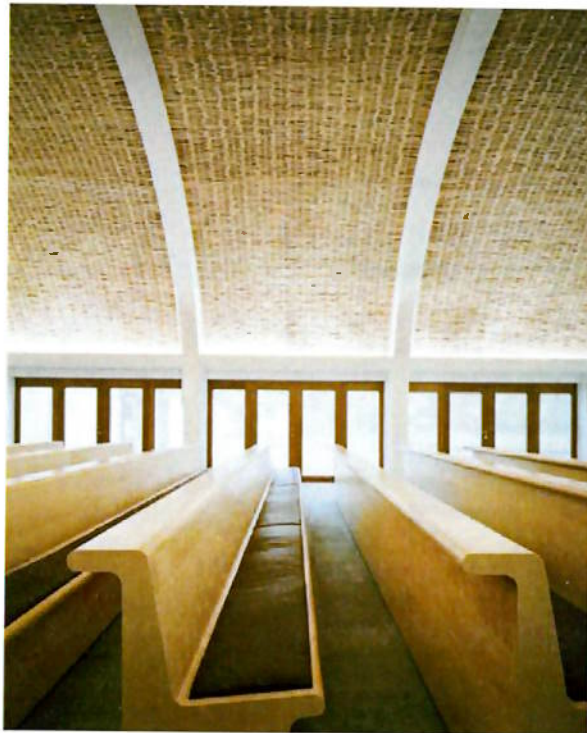
ANEXO C – Projeto da máquina



Planos vista frontal e lateral – Estrutura de suporte.



ANEXO B – Fotos da técnica de *Mimbre*



Fonte: www.visitacasas.com/

ANEXO A – Protocolos de comprovação

Protocolo de comprovação

No.1 – Ensaaios de flexão a corpos de prova de Guádua.

Data: Maio 18 2012

Hora: 7am

Nome da proba: Ensaio de flexão fibras de Guádua

Objetivo: Conhecer o ponto máximo de flexão das fibras da Guádua.

Hipóteses: As propriedades flexíveis do material não permitem criar ângulos maiores a 45° sem apresentar rompimentos nas suas fibras externas.

Descrição: Os corpos de proba forem cortados de acordo com a norma internacional *ASTM Standard D1037 06* onde se descreve o processo de no Item C de ensaios de flexão. Com especificações da máquina de ensaios e os aumentos de força paulatinos.

Indicadores: - Força aplicada (N) vs deslocamento do material (mm)

Determinantes:

- **Variáveis:** Corpos de proba (Grupo A e Grupo B)

- **Fixas:** Máquina de ensaios

Câmara fotográfica

Força aplicada

Condições da proba:

- **Iluminação:** Natural

- **Temperatura:** 26°C - 28°C

- [13] Silveira de Almeida, Henrique. Toledo, José Carlo. *Qualidade Total de Produto*. Rio de Janeiro, 1991.
- [14] Parsons, James J. *Giant American Bamboo in the Vernacular Architecture of Colombia and Ecuador*. EBSCOH, April, 1991
- [15] Estrada Mejia, Martin. *Extracción y caracterización mecánica de las fibras de Bambú (Guadua Angustifolia) para su uso potencial como refuerzo de materiales compuestos*. Jstor, Bogotá, Colombia, Enero, 2010.
- [16] K. Hadjri; M.Osmani; B. Baiche; C. Chifunda. *Attitudes towards earth building for Zambian housing provision*. Springer, August, 2007.
- [17] *ASTM Standard D1037 06a. Standard Test Methods for Evaluating Properties of Wood-Base Fiber and Particle Panel Materials*. American Society for testing and material, November, 2006.
- [18] Obataya, Eiichi. Kitin, Peter. Hidefumi, Yamauchi. *Bending characteristic of bamboo (Phyllostachys pubescens) with respect to its fiber-foam composite structure*. Springer, February, 2007.
- [19] Hiroyuki, Kinoshita. Kaizu, Koichi. Fukuda, Miki. Tokunaga, Hitoo. Koga, Keisuke. Ikeda, Kiyohiko. *Development of green composite consists of woodchips, bamboo fibers and biodegradable adhesive*. Elsevier, April, 2009.
- [20] *Delf Design Guide*. TUDelf. Amsterdam, 2011.
- [21] Saleme, Horacio. Aráoz, Soledad. *La herustica de las estructuras de Bambú: Principios y criterios de diseño*. Tucumán, Argentina.
- [22] Comoglio, Susana. Méndez Muñoz, José. *Comportamiento de formas estructurales de eje curvo en Bambú*. Tucumán, Argentina, 2006
- [23] Julius Panero, *Human dimension and Interior Space*.

REFERÊNCIAS

- [1] Nigel Slack, Stuart Chambers, Robert Johnston. *Administração da Produção*. São Paulo, Brasil, Segunda edição, Atlas, 2002.
- [2] Henrique Ronzefeb, Daniel Capaldo Amaral, José Carlos de Toledo, Fernando Antônio Forcellini, Sergio Luis da Silva, Dario Henrique Alliprandini, Regis Kovacs Scalice. *Gestão de Desenvolvimento de Produtos, uma referencia para a melhoria do processo*. São Paulo, Brasil, Primeira Edição. Saraiva, 2009.
- [3] Viera, Sonia. *Estatística para a Qualidade*. Rio de Janeiro, Brasil, Segunda Tiragem. Campus, 1999.
- [4] William E. Eureka, Nancy E. Ryan. *QFD, Perspectivas Gerencias do desdobramento da Função Qualidade*. Quarta reimpressão, QualityMark.
- [5] Carlos Federico Espinal G, Héctor J. Martínez Covaleta, Nidyan Pinzón Ruíz, Diana Espinosa Pérez. *La cadena de la Guadua en Colombia*. Ministério de Agricultura e Desarrollo Rural, Observatório Agro cadenas Colombia – Documento de Trabajo No. 65. Bogotá, Colombia, 2005.
- [6] Perea Rivas, Jairo. Villegas, Juan. Cerquera, Yesinith. Cortes, M Pilar. *Evaluación y documentación de prácticas sobresalientes sobre el manejo de la cosecha y maduración de la Guadua en el departamento del Huila*. Ministerio de agricultura y desarrollo rural. Huila, Neiva, Colombia, 2003.
- [7] ProExport - Promoción de Turismo, Inversión y Exportaciones.
<http://www.proexport.com.co/>
- [8] Ministerio de Comercio dos EE. UU.
<http://www.commerce.gov/>
- [9] INBAR – International Network for Bamboo and Rattan. <http://www.inbar.int/>
- [10] Camargo García, Juan Carlos; Christop Klein. *Length curves volume functions for Guadua Bamboo (Guadua Angustifolia Kunth) for the coffee region of Colombia*. EBSCO, July, 2010.
- [11] Darunkumar Singh, Konjengbam; Roger Parry, Matthew; Sinclair, Ian. *Variable amplitude fatigue crack growth behavior - a short overview*. Elsevier, November, 2010.
- [12] David A. Garvin, *Operations Strategy* Prentice Hall, 1992.

6 CONCLUSÕES

De acordo com as propostas feitas focadas no produto, conseguiu-se demonstrar que a propriedade mecânica da flexibilidade das fibras demonstrada no modulo de elasticidade, é uma opção viável para o desenvolvimento do recobrimento das fibras conjuntas.

De acordo com as propostas feitas focadas no processo, a maquina projetada corta de maneira exata o talho da Guádua, permitindo ao operário fazer duas atividades do processo em somente uma, é dizer em quanto cortava quatro fibras em doce minutos, poderá cortar as mesmas quatro fibras em até uma quarta parte do tempo utilizado anteriormente. Reduzindo também os riscos de acidentes laborais e traumatismos induzidos pelas posturas de trabalho não adequadas no processo anterior.

Trabalhos futuros

Depois das observações feitas nos ensaios das fibras, se pode perceber que as fibras da Guadua, poderiam chegar ter uma maior resistência nas suas propriedades, se eles recebem tratamento com outro materiais que potencializem sua estruturas internas. Por exemplo, após da curvatura do material existe a possibilidade de usar um a resina como proteção ao esforço ao qual forem submetidas as fibras internas. E assim ter um modelo para conhecer a durabilidade do material no esta de flexão permitido.

Orçamento e Possibilidade de construção

A seguinte é uma estimativa de custos, orçada na cidade de São Paulo, na região sul da cidade, no ano 2012. Os preços forem orçados incluindo a mão de obra e a maquinada das peças.

Tabela 5.3 – Orçamento de custos.

Nome da peça	Características	Preço em R\$ aproximado*
Contra-ponto	Estrutura metálica maquinada mediante fundição, valor do molde incluído.	R\$5.000,00
Guias de deslizamento	Tubos metálicos com curvaturas específicas.	\$R120
Cabeçote placa	Similar ao cabeçote do torno mecânico, pode ser comprado como ferramenta de reposto.	R\$600,00
Estrutura de suporte	Construída a partir de perfis de aço estrutural unidas com soldagem.	R\$2.000,00
TOTAL R\$		R\$7.720,00

* O preço inclui mão de obra

- Após do material estar situado nos dois extremos, o operário que estava alocando o material no cabeçote placa caminha em direção ao contra ponto.
- Estando os dois operários no extremo do contra-ponto, cada um deles introduz a mão dentro de cada cavidade do contra-ponto, fazendo com as mãos um agarre de pressão e uma compressão palmar, impulsando o contra-ponto até o extremo do cabeçote, para realizar o corte do material nas quatro partes esperadas.
- Após de obter as quatro fibras, o procedimento finaliza, quando o operário pega o material obtido e leva até o ponto de mecanizado na cerra circular.
- O contra-ponto volta à posição inicial para reiniciar o procedimento com outro material.

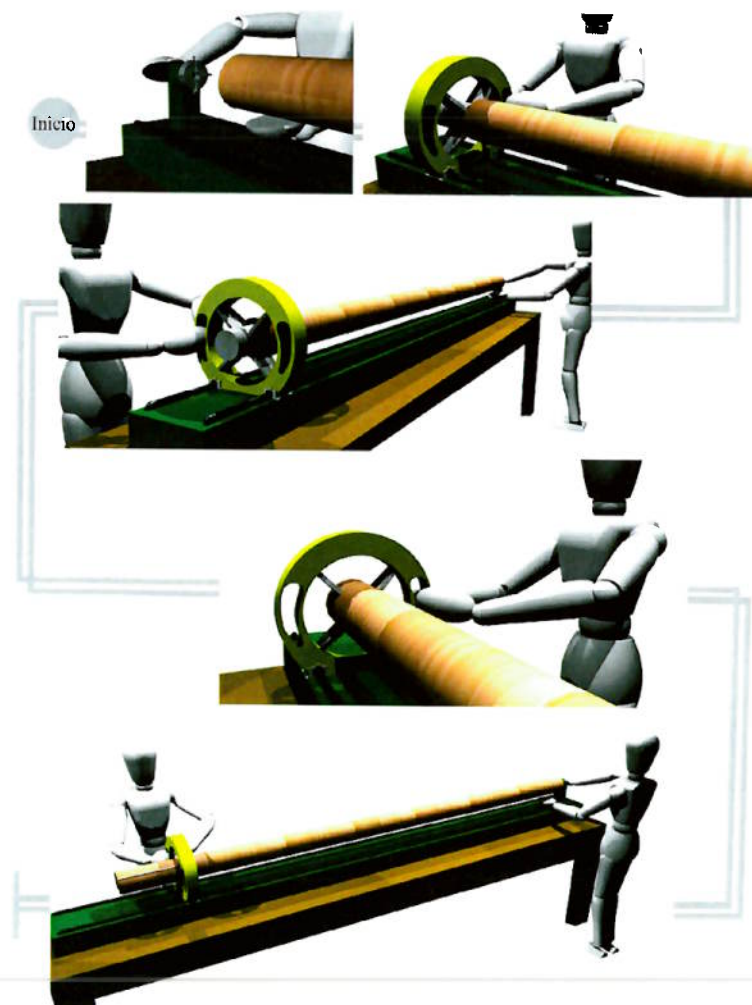


Figura 5.15 – Sequencia de uso ilustrada.

- *Estrutura de suporte:* a estrutura de suporte são perfis de aço estrutural que formam uma mesa, e acima dela um suporte aonde vão serão alocadas as guias pelas quais vai se movimentar o contra-ponto e onde vai ficar fixo o cabeçote placa. Esta estrutura foi desenhada para Guáduas até de 3m de comprimento.



Figura 5.15 – Estrutura de suporte.

Sequência de uso

O processo de uso são as atividades e esforços físicos que se produzem por parte dos operários no momento de utilização da máquina. A máquina foi desenhada baixo parâmetros e aplicações ergonômicas, nas que se teve em conta a antropometria e a biomecânica dos usuários. Usuários definidos por um padrão latino-americano, utilizando um percentil 60¹² [23]

A continuação, uma simulação da possível sequência de uso:

- O operário levanta o material e coloca em posição horizontal sobre a estrutura de suporte, simulada de cor verde (ver figura 5.14) a Guádua ou material para cortar.
- O outro operário levanta o um dos extremos da Guádua e situa o diâmetro dentro do cabeçote placa ligando as castanhas para apresar o material.
- Simultâneo ao ponto anterior, o outro operário encontrava se levantando o outro extremo da Guádua posicionando lhe e fazendo pressão nele com o contra-ponto.

¹²Teoría e aplicações antropométricas.

- *Contra-ponto:* é uma peça móvel, constituída de duas lâminas de corte cruzadas e uma estrutura que segura elas, e um par de uniões deslizantes que dirigem o recorrido do contra ponto sobre o material a maquinar, neste caso o talho da Guádua. A estrutura que segura às laminas e as uniões é a ferramenta que vai o operário vai deslizar pela maquina, por isto ela tem duas cavidades para o aperto da mão. As laminas de corte estão unidas por um cilindro, cilindro que pode ser sometido a golpes de martelo para fazer pressão, caso seja necessário. Este contra-ponto esta apoiado pelas guias principais pelas quais se movimenta. O contra será construído por médio de ferro fundido. As dimensões¹¹ do contra-ponto forem estabelecidas para cortar Guáduas de mínimo 10cm e máximo 20cm.



Figura 5.13 – Contra-ponto.

- *Cabeçote placa:* o cabeçote placa esta composto por quatro castanhas e esta apoiado sobre um perfil fixo de aço estrutural. Sobre este vai se fixar o diâmetro do material. Quando a peça é colocada e é acionado pelo operário um fuso que encaixe com a pressão apropriada em um furo cônico cego, chamado ponto central.



Figura 5.14 – Cabeçote placa.

¹¹ Ver planos da maquina com dimensões em anexos.

5.4 PROPOSTAS DE SOLUÇÃO NO PROCESSO

5.4.1 Design de ferramenta manual de corte dos talhos.

Baseado na causa da variabilidade das fibras cortadas da Guadua se apresenta uma proposta que aponta a melhoria tanto do processo, como do produto. Trata-se de uma ferramenta manual na qual sua função consiste em realizar um corte simétrico-radial do talho da Guadua, para aperfeiçoar o processo da obtenção das fibras da Guadua na primeira e segunda parte da sequência de uso, explicadas no capítulo 3 (ver figuras 3.9 e 3.10).

O design desta máquina-ferramenta foi desenvolvido seguindo a metodologia para inovação do produto, tendo em conta os parâmetros do processo ao qual queria ser melhorado. E visando o produto como estratégia para a inovação na empresa.

Descrição

Esta máquina de operação manual, é uma máquina de corte composta por um conjunto de ferramentas que permite cortar peças de forma geométrica de revolução. Esta máquina opera colocando o extremo da peça a cortar num cabeçote placa de quatro castanhas e sendo presa por um o contra ponto que conte as lâminas de corte cruzadas.



Figura 5.12 – Perspectiva representativa da máquina de corte.

As ferramentas que conformam o conjunto são as seguintes:

as fibras é tão forte que o rompimento das fibras se dá internamente. Também é possível induzir que as vibrações ocorridas nas curvas de força x deslocamento dos corpos de prova internó podem ser traduzidas como a ruptura paulatina e longitudinal das fibras. Caso o corpo de prova fosse convexo, as fibras romperiam de forma longitudinal, impedindo a aplicação da força no diafragma das fibras da prova e exercendo a força na matriz de lignina (ver foto 6.2).

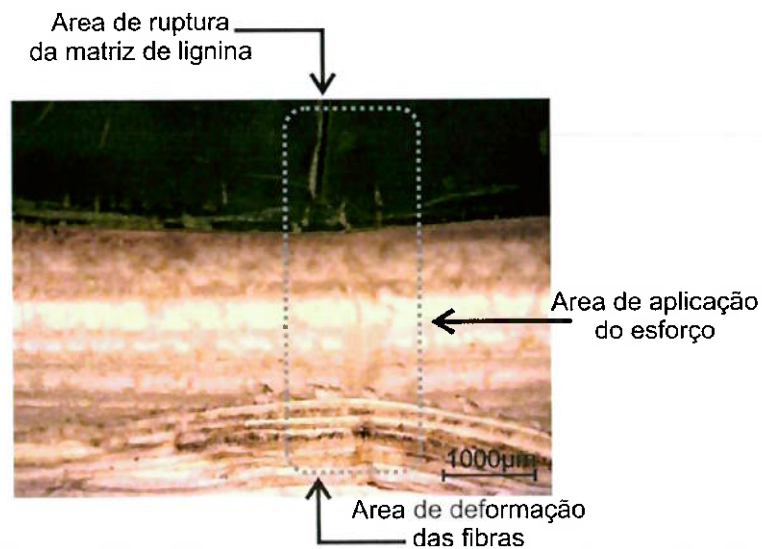


Figura 5.10 – Micrografia obtida por meio de preparação e observação do corpo de prova interno.

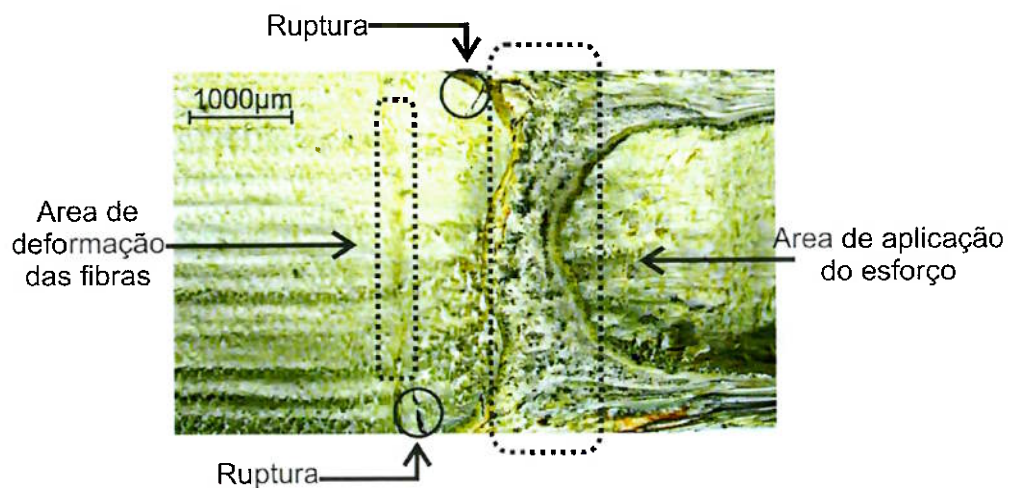


Figura 5.11 – Micrografia obtida por meio de preparação e observação do corpo de prova com nó.

onde P é a carga máxima expressa em Newtons, L é a deformação expressa em mm, b que é a largura e d que é a espessura do corpo de prova. $\frac{\Delta P}{\Delta Y}$ representa a inclinação da curva força x deslocamento tomado a 10% antes do esforço máximo [Nota 17 da ASTM D1037 6a] e, portanto, é expresso em N/mm. Por sua vez, em posse da curva força x deslocamento do material, a inclinação m para cada curva foi calculada mediante a seguinte equação:

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \quad (5.3)$$

em que x_i, y_i representam, respectivamente a abscissa e a ordenada de dois pontos do trecho linear da curva força x deslocamento.

Os resultados para cada corpo de prova são expressos na tabela 5.2, junto de uma média dos resultados. É possível observar que os corpos de prova nos quais a força foi feita no diafragma (amostras com nó) têm uma maior resistência à ruptura e uma menor capacidade de deformação (devido ao módulo de elasticidade mais elevado). Os corpos de prova internó, por sua vez, têm menor resistência à ruptura e maior capacidade de deformação (menor módulo de elasticidade).

Tabela 5.2 – Módulo de ruptura (R_b) e módulo de elasticidade (E) calculados para cada corpo de prova.

Corpos de prova internó		
	R_b (MPa)	E (MPa)
CP-1A	187,4	22,2
CP-2A	186,0	22,9
CP-3A	237,4	20,1
Média	203,6	21,7
Corpos de prova com nó		
	R_b (MPa)	E (MPa)
CP-1B	228,3	36,3
CP-2B	319,7	38,4
CP-3B	259,9	29,4
Média	269,3	34,7

Os corpos de prova ensaiados foram preparados e observados por meio da técnica de microscopia óptica. A micrografia gerada para o corpo de prova internó (figura 5.10) deixa claro que a função de proteção que a lignina desempenha sobre

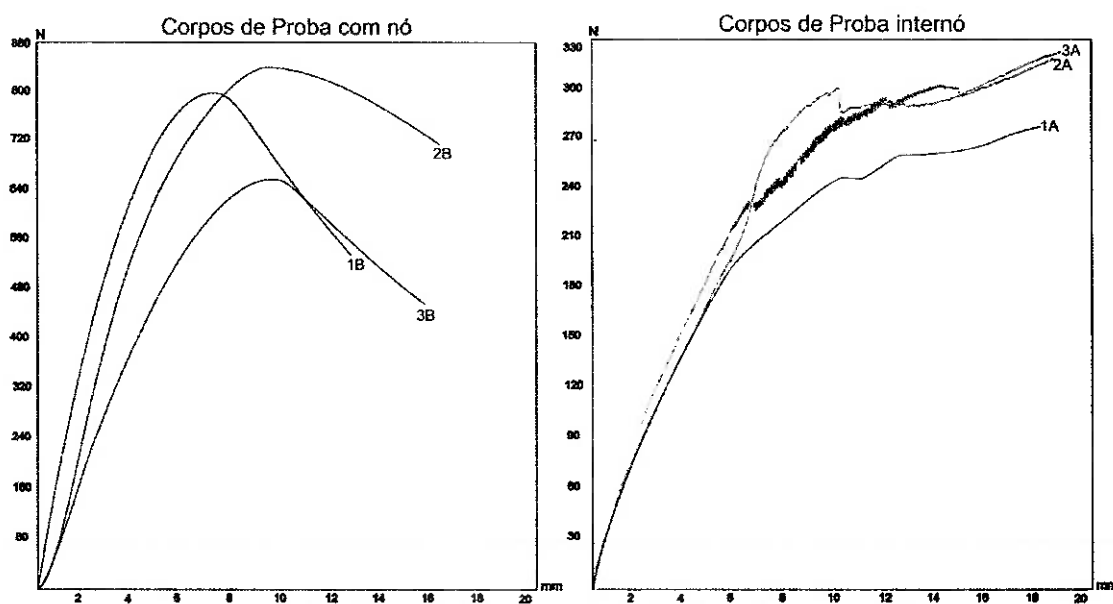


Figura 5.9 – Curvas obtidas esforço contra deformação.

Tabela 5.1 – Estatística das curvas obtidas

Corpos de prova internó		
	Força máxima (N)	Alongamento (%)
CP-1A	266	18,30
CP-2A	270	24,69
CP-3A	328	25,75
Média	288	22,9

Corpos de prova com nó		
	Força máxima (N)	Alongamento (%)
CP-1B	808	13,56
CP-2B	843	19,89
CP-3B	665	12,27
Média	772	15,2

5.3 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Segundo a norma, o cálculo dos resultados deve ser expresso no módulo de ruptura (R_b) e no módulo de elasticidade (E). O cálculo destas grandezas deve ser feito segundo as seguintes equações:

$$R_b = \frac{3P_{max}L}{2bd^2} \quad (5.1)$$

$$E = \frac{L^3 \triangle P}{4bd^3 \triangle Y} \quad (5.2)$$

velocidade constante de 0,9 mm/min, especificada pela norma. A força aplicada no material pelo punção (medida em Newtons) e a deformação de flexão (medida em mm) foram adquiridas por um computador acoplado à máquina. Devido ao posicionamento das amostras, a força aplicada pelo punção nos corpos de prova com diafragma foi exatamente sobre o nó (figura 5.8).

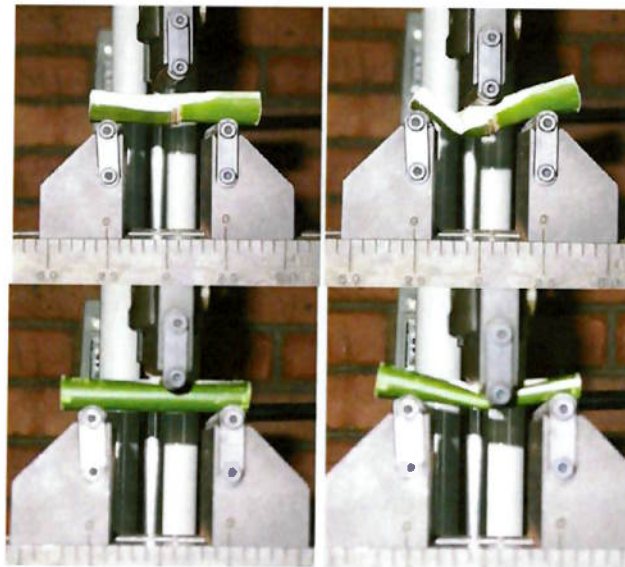


Figura 5.8 – Testes de flexão executados nas amostras. Acima: corpo de prova com nó; Abaixo: Corpo de prova internó.

Resultado dos Ensaios de Flexão

Comparando as curvas força x deslocamento apresentados na figura 5.9, pode-se observar que os corpos de prova com nó atingiram uma maior força máxima 2,6 vezes maior que nos corpos de prova internó. No entanto, o alongamento máximo do dos corpos de prova internó foi menor em 1,6 vezes em relação aos corpos de prova com nó. Os resultados são sumarizados na tabela 5.1.

metade do corpo de prova, enquanto que no outro grupo, nas três amostras restantes o diafragma ficasse sem o diafragma, ou seja, consistisse somente do internó (figura 5.6).



Figura 5.6 – Esq.: Corpo de prova com odiafragma (nó); Dir.: Corpo de prova internó.

Os ensaios de flexão foram realizados utilizando uma máquina KRATOS modelo EC no Hall Tecnológico do Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais da EPUSP. Os corpos de prova foram posicionados na máquina de ensaio de flexão, tendo cuidado desealinhar o diafragma dos corpos de prova com nó ao punção da máquina. Também foi tomado o cuidado de posicionar a camada contrária à matriz de lignina voltada para cima (para sofrerem ação do punção), região na qual se localizam as fibras transversais e longitudinais. Este posicionamento é justificado pelo fato das estruturas desenvolvidas da camada exterior, é a parte da Guádua que protege as fibras de romperem.



Figura 5.7 – KRATOS modelo EC. Equipamento gentilmente fornecido pelo Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais da EPUSP.

Os roletes de apoio foram posicionados, cada um, a uma distância de 25 mm do eixo de esforço. O punção da máquina foi configurado a se movimentar em uma

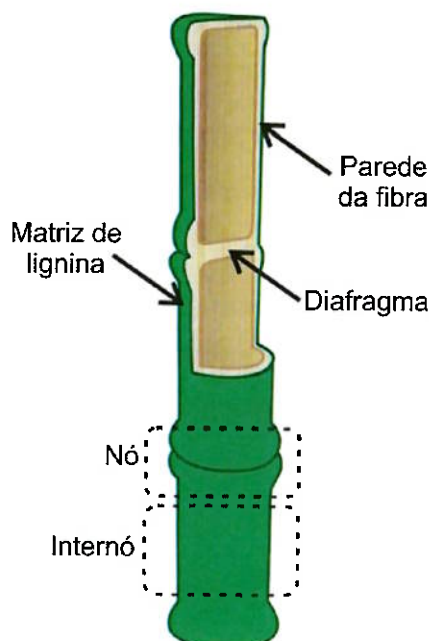


Figura 5.5 – Partes da Guádua.Fonte:Estrada Mejia, Martin[15]

Ensaio de Flexão

O ensaio de flexão, geralmente é utilizado para testar materiais frágeis, para os quais há dificuldade na realização de ensaios de tração. A técnica utilizada foi a flexão a três pontos. As fibras da Guádua obtidas foram ensaiadas com o objetivo de encontrar as propriedades mecânicas mais importantes nos produtos projetados, especificamente o módulo de elasticidade e o ponto de esforço máximo da flexão. Em posse destas informações, é possível determinar até que ponto as curvaturas (simples ou duplas) poderiam atingir nos futuros produtos projetados em fibras de Guádua.

As amostras foram elaboradas baseadas na norma ASTM D1037-06a [x], a qual determina o procedimento para ensaios de fibras naturais de madeira e matérias base para criar materiais compostos.

Os ensaios foram feitos sobre seis corpos de prova. Os corpos de prova foram preparados de acordo com as especificações dimensionais da norma aplicada, com largura de 7,6 mm, espessura 0,85 mm e comprimento de 2,5mm. Neste caso, as dimensões da amostra se encaixam na categoria subsize7 da birna ASTM D103-06a, de modo que foi necessário modificar a velocidade do punção para se adequarem a espécimes com comprimento menor a 5,1 mm.

Estes corpos de prova foram escolhidos e divididos em dois grupos: no primeiro grupo, três amostras foram cortadas de forma que o diafragma ficasse na

5.2 ENSAIOS DE FLEXÃO APLICADOS ÀS FIBRAS DE BAMBU

Um das propostas de melhoria expressas no texto foi realizar um ensaio de flexão aplicado às fibras de bambu, para conhecer o módulo de elasticidade e esforço máximo das fibras, para assim determinar os pontos sobre os quais são possíveis começar a projetar os futuros designs.

Na revisão bibliográfica foram encontrados vários ensaios e publicações focados na determinação das propriedades mecânicas do bambu (resistência, tração, flexibilidade). Entretanto, nas referências encontradas, os testes foram realizados com o talho inteiro da Guádua.

Em função dos objetivos específicos deste trabalho, os testes foram realizados somente sobre as fibras da Guádua, tal qual como são utilizadas nas superfícies de dupla curvatura.

Nos próximos itens são descritos os procedimentos durante a caracterização física do material, a extração das fibras e o ensaio de flexão.

5.2.1 Procedimentos de Laboratório

Obtenção das fibras

A seleção do processo mais adequado de extração das fibras depende do material bruto [x], a disponibilidade dos equipamentos, laboratórios, reagentes químicos, segurança de pessoal e a integridade requerida nas fibras. Existem muitas técnicas de extração das fibras naturais, como processo mecânicos, semi-mecânicos, químico-mecânicos, termomecânicos e químicos. O processo mecânico foi o processo utilizado na extração do material das seguintes amostras. [x]

As fibras da Guádua forem extraídas de um talho cortado durante a etapa de maturação da planta, a cerca de quatro anos de idade. Os talhos da Guádua possuíam um diâmetro de 10 cm e comprimento de 3 m. A espessura da parede das fibras era de 0,85 mm.

O bambu foi comprado na companhia Bambu-RYCY, da cidade de Vinhedo. Ele foi cortado na sua etapa de amadurecimento e a secagem das fibras foi feita ao ar livre, como geralmente é feita na A.M.

Portanto, para gerar a solução das vigas trançadas, forem considerados os princípios do *mimbre*, propondo extrair da *Guadua* as fibras para o recobrimento das vigas. Ademais, além da finalidade neste caso é reforçar a função dos amarres para evitar que as fibras das vigas cedam, esta solução também permite a melhoria da *função estética*¹⁰ das vigas.



Figura 5.3 – Representação esquemática da solução.

Embora o fato de que a solução, a princípio, era somente trivial, chegou-se na conclusão de que se era definitivamente necessário realizar testes dos respectivos materiais, para assim determinar a viabilidade da solução. Foi avaliada como uma mera utopia o fato de que apenas bambu pudesse ser utilizado em fibras de menor tamanho. Para isto, determinou-se que era imprescindível conhecer as propriedades mecânicas deste material em fibras menores.

Após uma extensiva pesquisa, foram encontradas propriedades mecânicas de resistência a compressão e tensão em fibras de bambu. No entanto, o módulo de elasticidade ainda fora achado em corpos de prova nas dimensões e características aplicadas no presente trabalho.

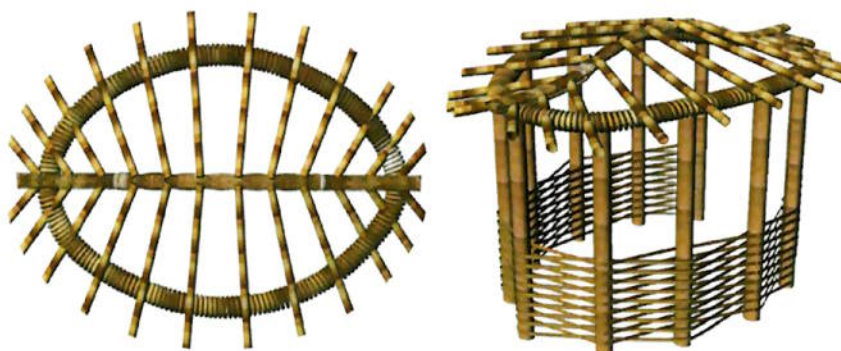


Figura 5.4 – Esq.: vista superior do entrançado das fibras

¹⁰ No design de produto destacam-se três funções globais nos objetos de uso que são: A função prática, estética e simbólica.



Figura 5.1 – Vigas conjuntas com amarres.

Como foi proposto anteriormente, uma das ações corretivas planejadas no diagnóstico foi o entrançamento de varetas. O entrançado será feito de forma que as fibras envolvam a viga conjunta, ajudando a reforçar a função das amarrações nas vigas. Para tanto, as fibras envolventes serão 25% menores em comprimento e 50% menores em espessura em relação à fibra da viga conjunta. A relação de escala entre a fibra envolvente e a fibra da viga conjunta é representada na figura 5.2.

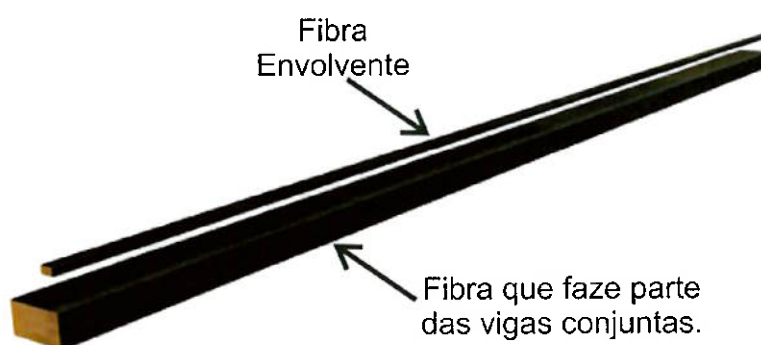


Figura 5.2 – Relação de escala entre as fibras envolventes e as fibras que conformam as vigas conjuntas.

O procedimento utilizado para desenvolver esta solução é baseado numa técnica artesanal conhecida como *mimbre*⁹. O *mimbre* é uma fibra vegetal obtida de um arbusto, normalmente é tecida ou entrelaçada sobre um marco de madeira ou alguma base de um material mais rígido e firme. Este procedimento permite criar móveis, cestos, e outros objetos artesanais de uso cotidiano. A função que o *mimbre* executa como tecido é para recobrir e suavizar a rigidez ou rugosidades dos materiais em que reveste.

⁹Exemplos de móveis feitas de mimbre nos anexos

5 PROPOSTAS DE SOLUÇÃO DO PROBLEMA

As propostas de melhoria apresentadas nesse capítulo são baseadas nas referências bibliográficas previamente definidas e nas circunstâncias observadas na empresa.

A solução do problema como um todo é muito complexa, abrangendo diversas áreas da organização. Sendo assim, não seria possível atingi-la completamente no escopo deste trabalho. Porém, as propostas apresentadas deverão ser uma grande avaliação para reduzir o impacto do problema na empresa e na criação de produtos de qualidade que marquem a pauta de inovação no mercado.

Tendo em conta os estudos feitos neste trabalho, as propostas de melhoria consistem de três enfoques: a empresa em geral, o processo produtivo e produto terminado. Desta forma, será elaborada uma proposta em cada um destes enfoques, onde os dois primeiros estarão dirigidos à melhoria do produto em termos de qualidade.

Em seguida, será mostrado um estudo das iniciativas das respostas técnicas, relacionadas ao planejamento da qualidade, tanto do processo, como do produto e da organização, ambos a serem utilizadas na implantação das melhorias. Entretanto, a implantação efetiva não será feita até o fim deste trabalho, sendo que as propostas serão estruturadas e preparadas para a avaliação técnica da empresa.

5.1 PROPOSTAS DE SOLUÇÃO NO PRODUTO

5.1.1 Entrançado de vigasconjuntas

As vigas conjuntas consistem de fibras unidas, de forma a criar uma estrutura encurvada que suporta o teto falso. No capítulo anterior uma estrutura de vigas produzidas por amarrações metálicas de arame galvanizado foi descrita. Na figura 5.1, onde a estrutura descrita é representada, percebe-se que há também uma tira de borracha que une as vigas de apoio por unidade, junto às vigas conjuntas. Estas amarrações de borracha prejudicam a qualidade final do produto. Assim, a melhoria será focada no desempenho satisfatório das amarrações.

Da forma que se observam na tabela, as alternativas que conseguem atender o 90% dos critérios para melhorar a qualidade do produto são o controle da variabilidade das fibras e os amarres das vigas conjuntas. São estas duas alternativas nas quais vai se basear o desenvolvimento das ações corretivas.

A causa raiz da baixa qualidade da curvatura reside na variabilidade da largura das tiras que são obtidas do tarugo da Guádua, já que a escolha destas é arbitrária e não se conta com um padrão de escolha. Mas, pode-se evidenciar que o processo de escolha que os operários fazem, depende do comprimento do tarugo, assim mesmo eles consideram a maturidade do tarugo.

Seguindo com o planejamento do problema se faz uma classificação hierárquica das causas consequentes: a primeira delas é a baixa durabilidade da curvatura e a estética pouco agradável ao usuário. A primeira percepção que se tem dos operários é sua capacidade e grande habilidade que eles têm com a transformação do material, o qual poderia ser catalogado como um ativo intangível. Mas, a falta de padronização é uma das razões, da alta incidência de problemas na qualidade dos produtos, tais como a durabilidade das peças conformadas a partir de fibras.

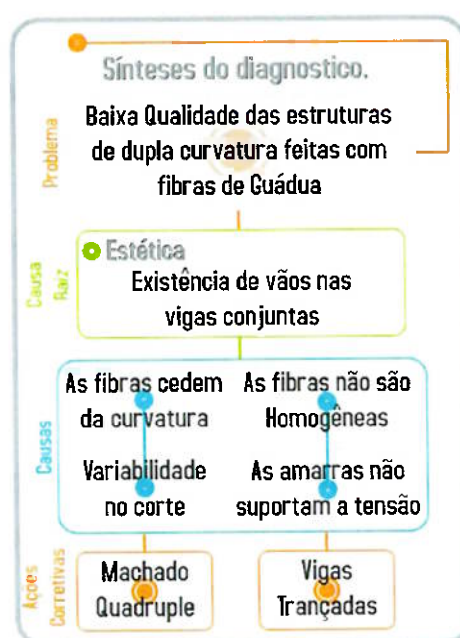


Figura 4.10 – Sínteses do diagnóstico.

atacado, visando aumentar as vendas, procurando a inovação em lançamentos de produtos no mercado, os quais serão baseados em superfícies de dupla curvatura. Adicionalmente, conseguir uma diferenciação e um posicionamento no mercado, já que este tipo de estruturas tem um grande potencial de inovação no campo da arquitetura orgânica e o design biônico. Esta é uma das razões para aperfeiçoar o processo produtivo e assim obter um plano de ação que resolva pontualmente cada um dos problemas diagnosticados.

4.5 DIAGNÓSTICO

Segundo a análise do desmembramento do produto, onde se explicam cada uma das partes que conformam o sistema, seguido da análise baseada nas dimensões da qualidade, é observado que as possíveis ações corretivas propostas se repetem continuamente na análise das dimensões da qualidade. Sendo assim, foi elaborada uma tabela para confrontar as alternativas e os critérios a os quais estas alternativas iam favorecer. Estes critérios forem escolhidos como subdivisões que se derivam de uma causa raiz, neste caso a baixa qualidade do produto.

Tabela 4.1 – Alternativas vs. Critérios de qualidade.

Alternativas Critérios	Implementação de Software	Classificação das Guáduas no armazenamento	Controle da variabilidade das fibras	Amarres das vigas conjuntas	Aumento do polimento das fibras	Matérias que reforcem a variabilidade das fibras.
Ataca diretamente a causa raiz	0	1	1	1	1	0
Baixo Custo	0	1	1	1	0	1
Menor margem de erro	1	0	0	1	1	1
Melhoria nos tempos da produção	1	0	1	1	0	0
Impactos positivos nas operações	1	0	1	1	0	1
Total	3	2	4	5	2	3

Atende = 1

Não Atende = 0

Esta sexta dimensão da qualidade não afeta o processo; posto que a empresa conta com as facilidades de reparo e assistência técnica; embora estas ainda não sejam utilizadas.

Estética

É a função secundária das superfícies, desde a perspectiva do Design Industrial, mas na margem de desempenho é uma característica que está quase ligada à qualidade percebida. A estética também é um parâmetro subjetivo e qualitativo. Mas esta característica está é afetada pelo material, pelo método de construção das superfícies e pelos os amarres metálicos, dado que não são muito agradáveis à percepção visual.

Problema: O acabamento do material não é ideal.

Causas: Neste caso se veem refletidas quase as mesmas causas que foram nomeadas anteriormente nas outras dimensões.

1. A variabilidade das fibras de Guaduas que compõem os planos seriados.
2. A falta de polimento e acabamento das peças nomeadas anteriormente.

Possíveis ações Corretivas:

1. Incluir uma capa de resina que fortalecesse a formação das estruturas nas superfícies.
2. Aumentar o processo de polimento e acabamento das fibras de Guadua.

Qualidade Percebida

É mais uma dimensão bastante subjetiva e que depende também do feedback do cliente, a qual ainda não se conhece. A qualidade percebida em qualquer produto desenhado em Guadua depende estritamente do acabamento do material. Sendo os produtos da Guadua uma novidade no mercado industrial, no mercado artesanal eles contam já com uma qualidade e um reconhecimento dados pelos clientes, os quais reconhecem este tipo de madeira como uma das melhores pela força e resistência que ela proporciona. Esta percepção chega com os móveis, que foram os primeiros produtos construídos a partir da Guadua.

O objetivo geral ao executar o plano de ação proposto é conseguir a superioridade em alguma das dimensões estimadas anteriormente. O problema será

ICONTEC⁸. Também se pode afirmar que a característica de conformidade na cadeia produtiva da Guadua é igualmente aplicado na fase de silvicultura e aproveitamento do material, mas não é aplicado no processo de transformação produtiva.

Durabilidade

Aqui o problema principal, e com maior influência, é parte técnica do processo, o qual é causado pela armazenagem da matéria prima. Nesta dimensão, a garantia do produto e seu ciclo de vida útil são explícitos e determinam a durabilidade do produto. Embora o caso dos produtos feitos em Guadua tem que ter um programa de manutenção frequente.

A durabilidade da curvatura está sendo afetada, posto que não ficasse o tempo esperado na posição desejada.

Problema: A curvatura das Guaduas não fica na posição curvilínea correta. Mas ainda não se conhece um padrão de tempo de deformação destas.

Causas: Só se conhecem causas qualitativas.

1. O armazenamento da matéria prima, posto que não seja o adequado, já que os talhos somente estão suportados por seus extremos e a força gravitacional que age no meio das vigas de suporte, deforma o talho.
2. Os amarres e as ferramentas com os que as fibras são agrupadas não são adequados para mantê-las adequadamente.
3. Variabilidade no corte das fibras da Guadua.

Possíveis ações corretivas:

1. Reestruturação da armação do armazenamento.
2. Depositar uma película de resina, que fortalece a formação das estruturas nas superfícies.
3. Aumentar o processo de polimento e acabamento das fibras de Guadua.

Atendimento

⁸Instituto colombiano de normas técnicas e certificação.

Características

Esta dimensão não tem presença neste tipo de produto, pois ele não precisa e nem tem característica que reforce seu funcionamento básico, posto que este tipo de produto foi criado para cumprir uma única função: resguardar, fornecer um teto e proteger de agentes externos, i.e., clima, ar e água.

Se esta dimensão for analisada do ponto de vista do design industrial, ela acaba por entrar em controvérsia com a dimensão estética, posto que em design industrial, a estética de um objeto é catalogada como uma função secundária. Ou seja, a estética cumpre com uma função específica no produto, já que é o grande poder que impulsiona a decisão de compra do cliente, além de ser um atributo subjetivo e qualitativo.

Neste caso, a função estética será analisada futuramente como uma dimensão à parte e um dos critérios qualitativos sujeito à análise da engenharia, como os critérios da qualidade, dado que aquela característica não poderia ser avaliada quantitativamente. Sendo uma característica secundária não tangível, não afeta diretamente o desempenho.

Confiabilidade

A probabilidade de o produto falhar num determinado período de tempo está definida pelo processo da imunização e salinização da Guadua. Sendo uma situação que afeta diretamente a qualidade do produto, esta totalmente controlada e solucionada no que compete parte da silvicultura do material.

Entretanto, pelo feito de o produto não estar ainda no mercado, não se possui retornos consideráveis dos clientes. Mas até agora a confiabilidade não é uma limitante para atingir a qualidade do produto.

Conformidade

Esta dimensão corresponde à aplicabilidade das normas técnicas complementarias para o design e construção de estruturas de madeira. O tema ainda não é específico no processo produtivo das superfícies de dupla curvatura, embora elas fossem construídas baixo dos padrões de construção, e aprovados pelo

Ainda ela seja catalogada neste grupo de matérias o bambu não é uma madeira e o processo de extração das duas fibras não há sido estudado com a profundidade necessária para logra um método standard [15].

4.4.1 Analise do produto através das dimensões da qualidade

Desempenho

Inicialmente as superfícies de dupla curvatura são construídas para cumprir com a função de cobertas autoportantes⁷ delimitadoras de espaço, protegendo da umidade, iluminação ou ar; dependendo da aplicação. As estruturas são construídas em planos seriados, constituídos por segmentos que ao se unirem dão o volume da superfície.

Problema: As estruturas não estão cumprindo as funções básicas para que fossem criadas, posto que existem fendas que impossibilitam o resguardo da luz e da água.

Causa:A mencionada função básica está sendo afetada pela mudança nas dimensões das fibras, que compõem os planos seriados. O modelo dos planos seriados não está errado, e sim o planejamento que não é apropriado, fato que se reflete nas fendas que surgem na estrutura.

Possíveis ações Corretivas:

1. Fazer um projeto do produto ou planejamento do telhado por meio do processo bidimensional, e desenhado a partir de um volume, dividido em seções. Atualmente pode-se realizar este processo através de softwares e ferramentas CAD.
2. Controle da variabilidade da largura das fibras de Guadua: este controle pode funcionar quando se tem um planejamento pronto, do qual será possível conhecer as dimensões das fibras.

⁷ Uma estrutura autoportante é um conjunto de peças resistentes por se mesmas. Exemplo uma barraca é uma estrutura autoportantes. No nosso caso: as vigas estruturais conseguem suportar as vigas conjuntas e as vigas conjuntas o falso teto.

4.4 REQUISITOS DO PRODUTO

A causa raiz da baixa qualidade da curvatura reside na variabilidade da largura das tiras que são obtidas do tarugo da Guadua, já que a escolha destas é arbitrária e não se conta com um padrão de escolha. Mas, pode-se evidenciar que o processo de escolha que os operários fazem, depende do comprimento do tarugo, assim mesmo eles consideram a maturidade do tarugo.

Seguindo com o planejamento do problema se faz uma classificação hierárquica de três causas conseqüentes: a primeira delas é a baixa durabilidade da curvatura, a segunda é o baixo desempenho da função dos produtos com superfícies de dupla curvatura e a terceira e ultima é a estética pouco agradável ao usuário.

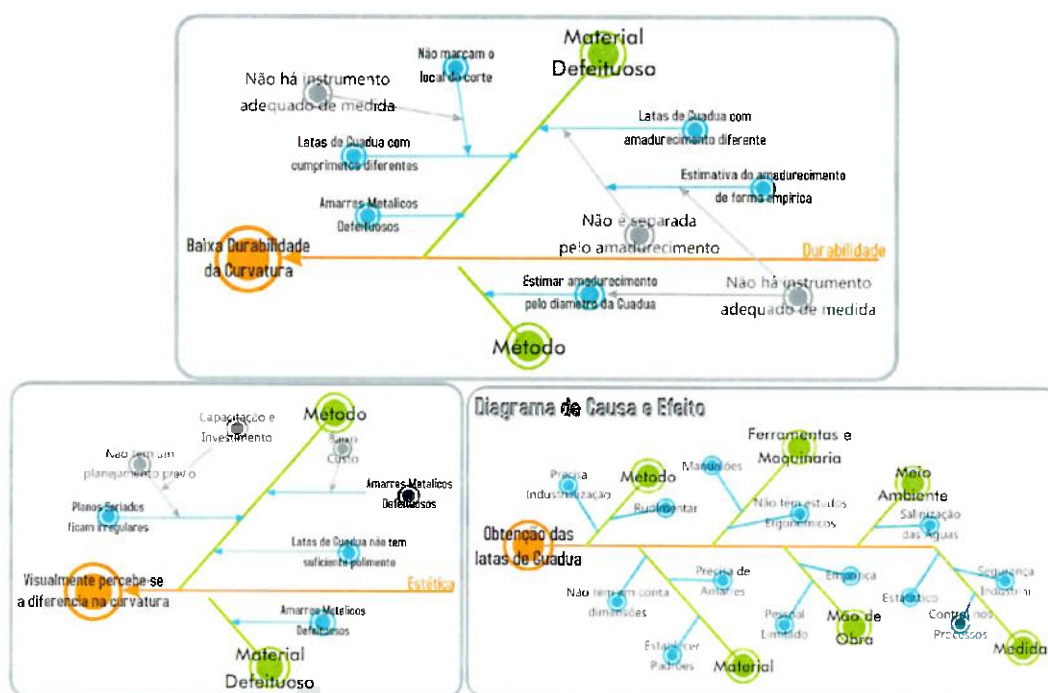


Figura 4.9 – Diagramas causa e efeito – Atividades do processo.

Dado que a Guadua é catalogada dentro do grupo dos materiais madeireiros, por suas características. Ela é tratada com os mesmo processos de transformação aplicados às madeiras comuns. Entretanto, o que se consegue perceber é que os processos não conseguem ser iguais de objetivos e efetivos em quanto a tempos de produção e qualidade da matéria.

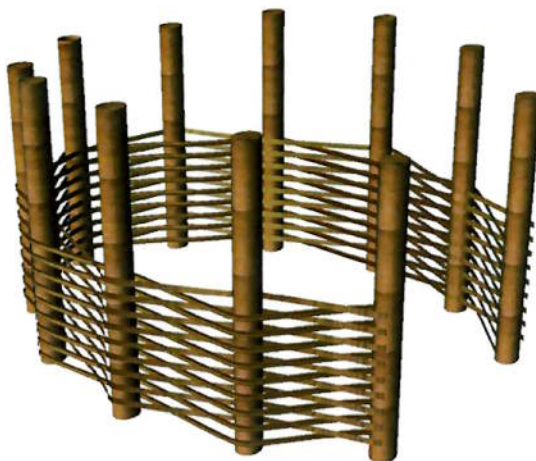


Figura 4.7 – Rendering, perspectiva vigas de apoio e delimitador de espaço

4.3.4 Delimitador de espaço

Aquele que demarca e fecha a área determinada. É feito também por um conjunto de varetas que se entrelaçam por médio das vigas estruturais. O método de entrelaçado é o mesmo que se da no falso teto. Tem uma geometria regular, pelo que as varetas se-podem perceber mais continuas.

As vantagens este recurso permite um grão versatilidade de soluções estruturais para a construção de cobertas de grandes luzes, que podem ser aplicadas em diversas realizações. Também, é possível conseguir soluções geométricas muito complexas com um alto nível de acabamento. Além disso, são estruturas leves e de rápida montagem.



Figura 4.8 – Estrutura terminada, ambiente noturno.Fonte: Arquitetura Mixta.

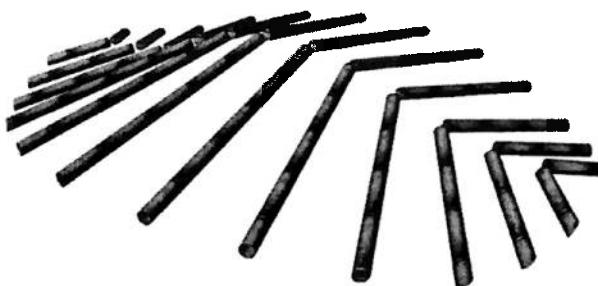


Figura 4.5 – Rendering, perspectiva vigas de apoio por unidade.

Vigas de Apoio em conjunto

É um conjunto de varetas, unidas por arame, que definem o diâmetro do espaço a ser delimitado pela estrutura. Estas podem ter diferente geometria. É onde mais se podem perceber as forças atuantes da flexibilidade da Guadua.



Figura 4.6 – Rendering, perspectiva vigas de apoio em conjunto.

As vigas de apoio consistem dos talhos inteiros da Guadua, com um mesmo comprimento. São os responsáveis de suportar e transmitir até a cimentação as ações provenientes da cobertura. Sua distribuição coincide, geralmente com os extremos das vigas de apoio.

No seu dimensionamento também se tem em conta a atuação de outras possíveis sobrecargas, além das do teto, como a ação do vento. Estas colunas estruturais têm umas âncoras, sob elas se dá a união entre os talhos da Guadua, que funcionam como colunas e cimentação. Elas estão feitas conforme a geometria das colunas. Cada âncora tem uma zona roscada que facilita a nivelção das colunas. Geralmente, estas âncoras são colocadas 20cm. Em baixo do nível do solo.