



PGDESIGN | Programa de Pós-Graduação
Mestrado | Doutorado



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
FACULDADE DE ARQUITETURA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN**

Silvie Janis Mossate Jobim

**CARACTERIZAÇÃO DA BAINHA FIBROSA DA PALMEIRA *LIVISTONA
CHINENSIS* PARA APLICAÇÃO NO DESIGN DE PRODUTO**

Dissertação de Mestrado

Porto Alegre

2018

SILVIE JANIS MOSSATE JOBIM

CARACTERIZAÇÃO DA BAINHA FIBROSA DA PALMEIRA *LIVISTONA CHINENSIS* PARA APLICAÇÃO NO DESIGN DE PRODUTO

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Design da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial à obtenção do Grau de Mestre em Design.

Orientador: **Prof.^a Dr.^a Lauren da Cunha Duarte**

Porto Alegre

2018

CIP - Catalogação na Publicação

Jobim, Silvie Janis Mossate
CARACTERIZAÇÃO DA BAINHA FIBROSA DA PALMEIRA
LIVISTONA CHINENSIS PARA APLICAÇÃO NO DESIGN DE
PRODUTO / Silvie Janis Mossate Jobim. -- 2018.
123 f.
Orientador: Lauren da Cunha Duarte.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, Faculdade de Arquitetura,
Programa de Pós-Graduação em Design, Porto Alegre, BR-
RS, 2018.

1. Fibras vegetais. 2. caracterização. 3.
Livistona chinensis. I. Duarte, Lauren da Cunha,
orient. II. Título.

Silvie Janis Mossate Jobim

CARACTERIZAÇÃO DA BAINHA FIBROSA DA PALMEIRA *LIVISTONA CHINENSIS* PARA APLICAÇÃO NO DESIGN DE PRODUTOS

Essa Dissertação foi julgada adequada para a obtenção do Título de Mestre em Design, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Design da UFRGS.

Porto Alegre, 02 abril 2018.

Prof.º Dr.º Régio Pierre da Silva

Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Design da UFRGS

Banca Examinadora:

Orientador: Prof.ª Dr.ª Lauren da Cunha Duarte

Programa de Pós-Graduação em Design – PGDesign/UFRGS

Prof.º Dr.º Jorge Ernesto de Araújo Mariath

Laboratório de Anatomia Vegetal – LAVeg/UFRGS

Prof. Dr.º Luis Henrique Alves Cândido

Programa de Pós-Graduação em Design – PGDesign/UFRGS

Prof.ª Dr.ª Jocelise Jacques de Jacques

Programa de Pós-Graduação em Design – PGDesign/UFRGS

DEDICATÓRIA

A minha filha Nathalia Jobim Romero, que além de filha é amiga e grande companheira a quem não canso de dizer o quanto a amo, e que sempre estará em primeiro lugar em minha vida.

Aos meus pais, Clarení e Jorge André, pelo exemplo de dignidade e perseverança, pela confiança na minha capacidade, pelo suporte emocional, pelo seu amor e por, através dele, terem transmitido seus princípios de vida, alicerces de quem eu sou.

Aos meus irmãos Letícia e Andréa minha cunhada Cláudia, pelo incentivo e companheirismo.

A minha madrinha Carmen Ligia e minha avó Lyra Jobim pelo apoio, acolhimento e incentivo, e pelas boas risadas que suavizaram todo este processo.

E a toda minha família, muito obrigada!

A minha orientadora, Professora Lauren da Cunha Duarte pelos ensinamentos, por seu exemplo de ética, empenho e sentido prático com que sempre me orientou, por acreditar e valorizar nosso trabalho e confiar na minha capacidade, pela amizade, cuidado e, sobretudo, sua paciência em todos os momentos.

Aos meus colegas e amigos de mestrado, em especial Danieli Neжелiski, Jaqueline Dilly, Gabriel Barbieri, Juliana Breda, Gabriela Guarienti, João Finamor, Denise Barp, Jussara Porto e Paula Fraga pela amizade, troca de experiências e contribuições para o trabalho, e também pelas nossas alegrias, vitórias e anseios. Torço pelo sucesso de cada um.

A Nadine e Rosane Kist pela pronta receptividade e pela disponibilidade em dividir o conhecimento.

A Universidade Federal do Rio Grande do Sul e ao Programa de Pós-Graduação em Design e em especial ao LdSM por todo apoio e estrutura nessa etapa e também a todos os professores envolvidos direta e indiretamente, que contribuíram na minha trajetória dividindo seus conhecimentos, conselhos e orientação.

Agradeço aos funcionários da Biblioteca de Engenharia, que foram sempre prestativos, e em especial à Silvia Rossi que, sem me conhecer, me ajudou sempre fazendo o possível para atender minhas solicitações.

Aos componentes da minha banca, Jorge Ernesto de Araújo Mariath, Luis Henrique Alves Cândido e Jocelise Jacques de Jacques por compartilharem seus conhecimentos através das valiosas observações que contribuíram com sugestões para a evolução da minha pesquisa.

Ao Centro Tecnológico de Pedras, Gemas e Jóias do Rio Grande do Sul (CT Pedras), aos laboratórios de Design e Seleção de Materiais – LdSM, de Processamento Mineral – LAPRON, de Materiais Cerâmicos – LACER, de Anatomia Vegetal – LAVeg e Nutrição Animal (LNA) do Departamento de Zootecnia da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS.

Aos Laboratório de Polímeros e Compósitos - POLICOM e de Vibrações e Acústica - LVA, do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC.

Á Renan Demori, pelas colaborações e esclarecimento de dúvidas.

Á Carlos Thomas, Rodrigo Barros, Bruno Barcellos Pavan, Giordano Demoliner e Samuel Benison pela prontidão e disposição em auxiliar.

Aos professores Carlos H. Sampaio e Gelsa Edith Navarro Hidalgo do Laboratório de Processamento Mineral e Maitê de Moraes Vieira do Departamento de Zootecnia, pela pronta receptividade e auxílio.

Á CAPES e CNPq pelo auxílio e pela bolsa concedida.

E a todos que direta ou indiretamente contribuíram para conclusão dessa etapa.

Muito obrigada!

RESUMO

A palmeira *Livistona chinensis*, nativa do sul do Japão, é muito utilizada como planta ornamental em paisagismos em todo o território brasileiro, e além de adaptar-se bem a vários tipos de solos é de fácil reprodução. Essa palmeira produz uma bainha fibrosa na base de seu pecíolo, que é de fácil extração, plana, flexível e porosa, com características ainda pouco conhecidas e exploradas, é um material de fonte renovável que instiga a criatividade para seu uso tanto de forma artesanal quanto industrial. Neste contexto a caracterização da bainha fibrosa da palmeira *Livistona chinensis* se torna relevante, pois pode representar um leque de oportunidades para o desenvolvimento de novos produtos para o mercado. A caracterização da bainha fibrosa foi realizada com auxílio de microscópio eletrônico de varredura, espectrometria de energia dispersiva de raios-X, microtomografia, análise termogravimétrica, difração de raios-X, composição química e umidade, espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier. Também foram obtidos valores para densidade, gramatura e resistência à tração, incluindo índice de absorção acústica, condutividade térmica e Termografia infravermelha. Os ensaios e análises realizados indicaram que a fibra possui propriedades e características que são comparáveis a outras fibras lignocelulósicas e os resultados estão bem próximas aos encontrados para as fibras de coco, como a composição química, densidade e índice de cristalinidade. Um dos fatores relevantes é o índice de condutividade térmica da bainha fibrosa que se manteve próximo aos valores de materiais isolantes utilizados industrialmente como a lã de rocha e lã de vidro. Quanto aos ensaios de termografia de infravermelho, que apontam seu potencial para ser usado como isolante térmico.

Palavras-chave: Fibras vegetais, caracterização, *Livistona chinensis*.

ABSTRACT

The *Livistona chinensis* palm, native to southern Japan, is widely used as an ornamental plant in landscaping throughout the Brazilian territory, and besides adapting well to various types of soils, it is easy to reproduce. It produces a fibrous sheath at the base of its petiole, which is easy to extract, flat, flexible and porous, with characteristics still little known and exploited, is a renewable source material, and which instigates creativity for its use both artisanly and industrial. In this context the characterization of the fibrous sheath of palmeira *Livistona chinensis* becomes relevant, since it can represent a range of opportunities for the development of new products for the market. The characterization of the fibrous sheath was performed with scanning electron microscope, X-ray dispersive energy spectrometry, microtomography, thermogravimetric analysis, X-ray diffraction, chemical composition and humidity, Fourier transform infrared spectroscopy. We also obtained values for density, weight and tensile strength, including acoustic absorption index, thermal conductivity and infrared thermography. The tests and analyzes indicated that the fiber has properties and characteristics that are comparable to other lignocellulosic fibers and the results are very close to those found for coconut fibers, such as chemical composition, density and crystallinity index. One of the relevant factors is the thermal conductivity index of the fibrous sheath that remained close to the values of insulating materials used industrially as rock wool and glass wool. Regarding the infrared thermography tests, which point out its potential to be used as thermal insulation.

Key words: Plant fibers, characterization, Livistona chinensis.

LISTA DE FIGURAS*

Figura 1: Classificação das fibras naturais.....	21
Figura 2: Croqui esquemático da organização de uma fibra vegetal.....	30
Figura 3: Partes que compõe uma palmeira.....	39
Figura 4: Palmeira <i>Livistona chinensis</i>	44
Figura 5: Artesanato produzido com a folha da Palmeira <i>Livistona chinensis</i>	45
Figura 6: Estrutura de materiais fibrosos e porosos.....	47
Figura 7: Balanço energético do som que incide sobre uma superfície.....	48
Figura 8: Fluxograma da realização das etapas.....	49
Figura 9: Processo de extração manual da amostra da bainha fibrosa.....	50
Figura 10: Estrutura da bainha fibrosa.....	51
Figura 11: Ensaio de microscopia eletrônica de varredura (MEV).....	53
Figura 12: Microtomografia da bainha fibrosa.....	54
Figura 13: Ensaio de densidade real por picnometria.....	55
Figura 14: Esquema ilustrando tecido, não-tecido e da bainha fibrosa de <i>Livistona chinensis</i>	56
Figura 15: Tela capturada do software FIJI/ImageJ.....	57
Figura 16: Características de uma curva TG para processo de decomposição térmica que ocorre em uma única etapa.....	59
Figura 17: Exemplo de espectro infravermelho.....	62
Figura 18: Análise de Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier da fibra da Palmeira <i>Livistona Chinensis</i>	63
Figura 19: Sentido das camadas em relação ao ensaio.....	65
Figura 20: Ensaio de tração sendo realizado na bainha fibrosa de <i>Livistona chinensis</i>	66
Figura 21: Condutivímetro C-Therm TCI.....	67
Figura 22: Representação esquemática do ensaio termográfico.....	68
Figura 23: Ensaio de termografia.....	69
Figura 24: Ensaio de absorção acústica.....	70
Figura 25: Esquema indicando como as amostras foram sobrepostas no ensaio de absorção acústica.....	71
Figura 26: Microscopia eletrônica da bainha fibrosa de <i>Livistona chinensis</i>	73
Figura 27: Microtomografia de raios-X da bainha fibrosa de <i>Livistona chinensis</i>	74
Figura 28: Gráficos das análises termogravimétricas das quatro amostras da bainha de <i>Livistona chinensis</i>	78
Figura 29: Esquema ilustrando como as ligações estão distribuídas no infravermelho.....	80
Figura 30: Espectros de infravermelho das amostras e suas bandas de absorção.....	80

Figura 31: Espectros de difração de raios-X da bainha fibrosa de <i>Livistona chinensis</i>	83
Figura 32: Gráficos das curvas de força versus deslocamento no ensaio de tração. ...	84
Figura 33: Amostras da bainha fibrosa sendo submetidas ao ensaio de tração.	85
Figura 34: Gráficos das curvas de força versus deslocamento no ensaio de tração ...	86
Figura 35: Amostras da bainha fibrosa sendo submetidas ao ensaio de tração.	87
Figura 36: Imagens termográficas.....	89
Figura 37: Imagens termográficas captados do primeiro ensaio	90
Figura 38: Gráfico do registro indicando o tempo de aquecimento e o valor das medições.	90
Figura 39: Imagens termográficas do segundo ensaio - blocos invertidos.	91
Figura 40: Gráfico indicando o tempo de aquecimento e o valor das medições.	91
Figura 41: Imagens termográficas com duas camadas de bainha fibrosa no bloco superior.....	92
Figura 42: Gráfico indicando o tempo de aquecimento e o valor das medições.	92
Figura 43: Imagens termográficas com três camadas de bainha fibrosa no bloco superior.....	93
Figura 44: Gráficos indicando o tempo de aquecimento e o valor das medições.	93
Figura 44: Gráficos de absorção acústica da bainha fibrosa.	95

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Composição química de diferentes fibras naturais	32
Tabela 2: Temperatura de decomposição das fibras	32
Tabela 3: Condutividade térmica (λ) de materiais.	67
Tabela 4: Valores obtidos no ensaio de densidade real	75
Tabela 5: Valores obtidos no ensaio de gramatura.	76
Tabela 6: Diâmetro das fibras.	77
Tabela 7: Umidade e composição química da bainha fibrosa de <i>Livistona chinensis</i> . .	79
Tabela 8: Posição das bandas e atribuições dos espectros de FTIR das amostras analisadas.	81
Tabela 9: Valores dos índices de cristalinidade das amostras.	83
Tabela 10: Valores da carga máxima suportada no ensaio de tração	86
Tabela 11: Valores da carga máxima suportada no ensaio de tração.	87
Tabela 12: Índice de condutividade térmica obtido para as amostras da bainha fibrosa.	88
Tabela 13: Coeficiente de absorção sonora de materiais porosos/fibroso.....	96

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Plantas monocotiledôneas importantes como produtoras de fibras.	33
Quadro 2: Plantas dicotiledôneas importantes como produtoras de fibras.	34
Quadro 3: Produtos fabricados com fibras de palmeiras.....	35
Quadro 4: Diferentes tipos de usos de palmeiras, descritos por usos específicos de cada parte da palmeira utilizada	40
Quadro 6: Solubilidade dos componentes dos materiais lignocelulósicos	60

Sumário

Capítulo 1	15
1. INTRODUÇÃO.....	15
1.1. Definição do problema.....	17
1.2. Objetivos.....	18
1.2.1 Objetivo geral.....	18
1.2.2 Objetivos específicos.....	18
1.3. Justificativa.....	18
Capítulo 2	20
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	20
2.1 Fibras Naturais.....	20
2.2 Fibras Vegetais.....	22
2.2.1 Processamento de fibras vegetais.....	27
2.2.2 Propriedades das fibras vegetais.....	30
2.2.3 Produtos com fibras vegetais.....	33
2.3 Palmeiras.....	36
2.3.1 Características das palmeiras.....	38
2.3.2 Usos das palmeiras.....	40
2.3.3 Palmeira <i>Livistona chinensis</i> (N.J.Jacquin) R. Brown ex Mart.....	43
2.4 Conforto térmico e acústico.....	45
Capítulo 3	49
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	49
3.1 MATERIAIS.....	50
3.2 MÉTODOS DE CARACTERIZAÇÃO.....	52
3.2.1 MEV / EDS.....	52
3.2.2 Microtomografia de raios X (microCT).....	53
3.2.3 Densidade real por picnometria.....	55
3.2.4 Gramatura.....	56
3.2.5 Diâmetro das fibras.....	57
3.2.6 Análise Termogravimétrica - ATG.....	58
3.2.7 Composição química e umidade.....	59
3.2.8 Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier - FTIR.....	62
3.2.9 Difração de Raios X.....	63
3.2.10 Resistência à Tração.....	64
3.2.11 Índice de condutividade térmica da bainha fibrosa.....	66

3.2.12	Termografia por infravermelho.....	68
3.2.13	Absorção acústica	69
Capítulo 4	72
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	72
4.1	Resultados e discussões da caracterização da bainha fibrosa de <i>livistona chinensis</i>	72
4.1.1	Microscopia eletrônica de varredura - MEV / EDS	72
4.1.2	Microtomografia de raio-X (micro-TC).....	74
4.1.3	Densidade real por picnometria	75
4.1.4	Gramatura	75
4.1.5	Diâmetro das fibras.....	76
4.1.6	Análise Termogravimétrica - ATG.....	77
4.1.7	Composição química e umidade.....	79
4.1.8	Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier - FTIR.....	79
4.1.9	Difração de raios-X.....	82
4.1.10	Resistência à tração	84
4.1.11	Índice de condutividade térmica da bainha fibrosa	88
4.1.12	Termografia por infravermelho.....	89
4.1.13	Absorção acústica	94
Capítulo 5	95
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	95
5.1	Considerações do estudo	97
5.2	Sugestões para trabalhos futuros	99
	Referências Bibliográficas.....	101
	Apêndice A.....	117
	Anexo I.....	121
	Anexo II	122

INTRODUÇÃO

Materiais são a matéria-prima do design e design é, em essência, a procura pela forma, e cada avanço na área de materiais é um avanço também no design. Desde que o homem conseguiu explorar e utilizar os materiais encontrados na natureza para sobreviver e suprir suas necessidades, esse começou a transformar o mundo ao seu redor. A partir de então a busca e o desenvolvimento por novos materiais passaram a ser um aspecto do progresso contínuo, pois é ele que dita os rumos da evolução da humanidade.

A busca por produtos que sejam sustentáveis e os cuidados com o ecossistema afloram como um assunto crítico, não apenas por seu impacto direto sobre a qualidade de vida, mas também por seu impacto nos processos e produtos industriais. Surgem, assim, vários desafios que a comunidade de cientistas de materiais pode ajudar a resolver, como a redução de lixo, o armazenamento de tóxicos e o melhor uso de produtos naturais. Ao criar um produto, o designer está selecionando um material e, conseqüentemente, o processo de fabricação do mesmo.

O que procuramos hoje não é apenas um material, mas um perfil de propriedades que melhor atenda às necessidades ambientais, com a facilidade de renovação e reciclabilidade, além de processos para produzir novos materiais que não impliquem rejeitos de produtos danosos para o ambiente. Os materiais conectam-se a muitas das grandes questões de nosso tempo como: as mudanças climáticas, a geração de resíduos e a escassez de água; tudo isso pode ser, de alguma forma, associado ao uso, à transformação e à demanda de materiais. Segundo Fletcher e Grose (2011), nosso mundo é material e os materiais são essenciais para as ideias de sustentabilidade; são a síntese tangível de fluxos de recursos, uso de energia e trabalho.

O Brasil possui a segunda maior área florestal, perdendo somente para a Rússia (BRASILEIRO-SBF, 2013) e concentra 80% da biodiversidade terrestre mundial entre espécies vegetais e animais, com aproximadamente 55 mil variedades de plantas superiores, sendo aproximadamente 22% do total mundial (CAPOBIANCO, 2001). E fornece ao ser humano alimentos, medicamentos, madeiras, fibras, resinas, óleos, cosméticos, enzimas, genes, fontes de energia, recursos hídricos e equilíbrio climático (SARMENTO, 2014) deixando o país no centro das atenções no que se refere ao desenvolvimento sustentável.

Com essa riqueza em biodiversidade e, sendo a sustentabilidade uma das características a ser avaliada nos materiais, o designer tem neste cenário alternativas para criar soluções e planejar diferentes combinações possíveis de produtos, serviços e conhecimento, associando assim o uso sustentável das florestas, às relações de produção ligadas à extração dos produtos florestais, seu beneficiamento e as diversas formas de agregar valor a eles (MANZINI, 2008; SARMENTO, 2014).

A Amazônia abriga a maior diversidade de palmeiras do território brasileiro e essas estão entre as plantas mais antigas do planeta (LORENZI et al, 1996). A maior parte dessas palmeiras possui algum tipo de utilidade para os habitantes da região, mas apesar da grande diversidade de espécies e de utilidades, poucas palmeiras nativas da Amazônia podem ser consideradas importantes economicamente, estando, efetivamente, inseridas no mercado regional ou nacional. Dentre as 550 espécies, uma das que foram domesticadas e tem sido cultivada é a pupunha (*Bactris gasipaes*) enquanto outras espécies nativas têm sido exploradas em seu ambiente natural (FERREIRA, 2016).

Projetar respeitando o ambiente é interpretado como um esforço para ajustar o processo projetual em design, de modo a corrigir a conhecida e mensurável degradação ambiental (ASHBY; JOHNSON, 2011). Dessa forma, a busca por materiais naturais e renováveis para o desenvolvimento de novos produtos, como as fibras provenientes das palmeiras torna-se relevante tendo em vista a contribuição sustentável.

A palmeira *Livistona chinensis*, possui uma bainha fibrosa junto à base dos pecíolos e, quando estes envelhecem, essas podem ser retiradas; é uma planta que se desenvolve bem tanto a pleno sol quanto a meia sombra, além

de crescer em vários tipos de solos, foi pioneira no cultivo em vasos (LORENZI et al., 1996). Multiplica-se por sementes e apresenta alta porcentagem de germinação, independentemente da temperatura e do regime de luz (KOBORI et al., 2009). Essa palmeira tem sido utilizada para fins medicinais na China durante séculos, para tratar vários tipos de câncer, tratamento do cancro gástrico, carcinoma nasofaríngeo, leucemia e outras doenças (YAO et al., 2012; LIN et al., 2014).

A caracterização da bainha fibrosa de *Livistona Chinensis*, por meio de análises químicas, térmicas e físicas, visa o conhecimento de suas propriedades e a possibilidade de seu uso como novo material, pois corresponde às necessidades ambientais, principalmente pela sua capacidade de renovação, facilidade de obtenção, baixa densidade, entre outras.

Neste capítulo introdutório será definido o problema de pesquisa e apresentados os objetivos do trabalho, bem como uma justificativa com o intuito de mostrar a relevância da pesquisa para área de novos materiais para design de produtos. O capítulo 2 busca referências sobre as fibras vegetais e suas propriedades, e segue de uma breve descrição sobre as palmeiras em geral, suas principais características e, de forma mais detalhada, traz informações sobre a palmeira *Livistona chinensis*. O capítulo 3 aborda os métodos que serão utilizados para caracterizar a bainha fibrosa com intuito de atender os objetivos propostos nessa pesquisa. O capítulo 4 apresenta os resultados obtidos com a metodologia proposta. E por fim as considerações mais relevantes em relação aos resultados encontrados, finalizando com sugestões para estudos futuros.

1.1. DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

É possível utilizar a bainha fibrosa extraída da palmeira *Livistona Chinensis* em projeto de produtos industriais com valor agregado?

1.2. OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Caracterizar abainha fibrosa da palmeira *Livistona Chinensis* e determinar suas propriedades para aplicação no desenvolvimento de produtos.

1.2.2 Objetivos específicos

- Realizar estudos com materiais similares, por meio de pesquisa bibliográfica sobre o uso de fibras vegetais no design de produtos;
- Caracterizar a bainha fibrosa por meio de técnicas já utilizadas em materiais similares;
- Definir as principais propriedades do material fibroso e com isto identificar possibilidades de uso em projetos de produto;

1.3. JUSTIFICATIVA

Quando se realiza uma pesquisa virtual sobre caracterização de fibras vegetais, aparecem aproximadamente 160.000 resultados, sendo que os primeiros a serem destacados são os de fibras para utilização em compósitos poliméricos para substituição das fibras de vidro. Fica evidente que as utilizações de materiais provindos de fontes renováveis tem sido a alternativa para amenizar os danos causados a natureza pela extração de materiais de fontes não renováveis.

Aprofundando um pouco mais essa pesquisa, constatam-se estudos dirigidos ao curauá (17.100), sisal (31.400), juta (54.300) aproximadamente, e sobre caracterização de resíduos gerados como fibra do coco, bagaço da cana de açúcar, casca do arroz, entre outras fibras.

Apesar do avanço e pesquisas inovadoras com utilização de fibras vegetais no desenvolvimento de novos produtos, tem-se milhares de fibras com propriedades ainda desconhecidas e a busca pelo conhecimento e características dessas não deve ficar restrita a plantas nativas de determinadas regiões ou que geram resíduos como o coco, por exemplo.

Nessa biodiversidade riquíssima fazem parte muitas plantas exóticas trazidas ao longo dos anos, não só pelo seu valor comercial, como o coqueiro, originário do Ceilão e da Índia, a *Luffa cylindrica* (bucha) originária do Japão, a juta originária da China, mas também pelo seu apelo ornamental, como por exemplo, o pinheiro do brejo nativo do sudeste dos Estados Unidos e a palmeira *Bismarckia nobilis*, conhecida no Brasil como Palmeira-Azul, originária de Madagascar. Esses são apenas alguns dos exemplos de plantas exóticas que são cultivados no país e que já estão inseridas em nosso meio como se sempre tivessem feito parte dele.

Na busca de um material de fonte renovável, que faz parte das milhares de fibras com características ainda desconhecidas é que a caracterização da bainha fibrosa provinda da bainha pecíolo da palmeira *Livistona chinensis* se torna relevante.

O presente trabalho é inédito, pois pela primeira vez é feita a caracterização para este material fibroso, de fácil extração, flexível e que não necessita de processos químicos e mecânicos para sua obtenção. E apesar de não ser proveniente de uma planta nativa gera um material que estimula a criatividade, cria expectativa no sentido de se obter resultados positivos para o desenvolvimento de um produto industrial ou aplicação artesanal, pois novos materiais geralmente são fontes de inspiração que proporcionam novos caminhos no desenvolvimento e inovação de produtos.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

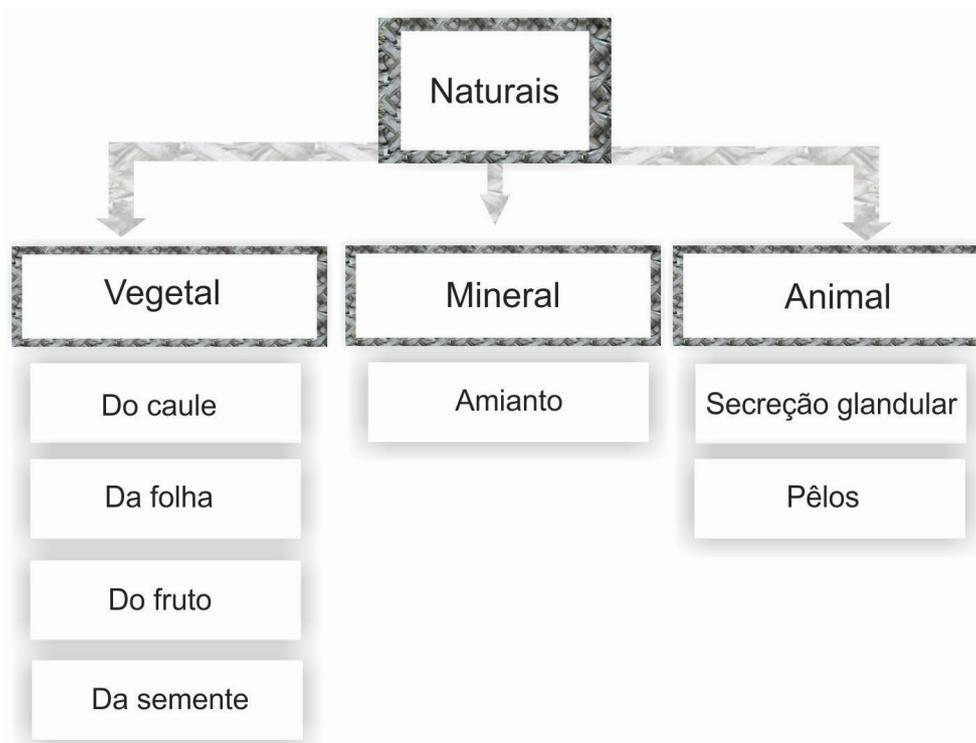
O capítulo 2 inicia com a descrição da origem das fibras vegetais e em seguida, são identificadas as características das principais fibras utilizadas na indústria, suas propriedades e como essas são processadas, quais os tratamentos aplicados para melhorar a qualidade e quais os produtos fabricados, atualmente, a partir dessas. Seguido de uma breve descrição sobre palmeiras em geral, suas características, de que partes da palmeira são extraídas as fibras e seus principais usos. Posteriormente estão detalhadas informações sobre a palmeira *Livistona chinensis*, sua origem, características e utilizações.

2.1 FIBRAS NATURAIS

Fibras naturais são aquelas encontradas na natureza e utilizadas *in natura* ou após beneficiamento (MARINELLI et al,2008). Essas são extraídas de uma ampla variedade de plantas, animais e minerais, são utilizadas pelos homens desde a pré-história, nas mais diversas civilizações, na confecção de roupas e artefatos (FINKIELSZTEJN, 2006; LASCHUK, 2009; SALCEDO, 2014). Além de usadas para satisfazer as necessidades humanas, as fibras passaram a atender a interesses comerciais. Geralmente sua utilização está associada à capacidade de renovação de sua fonte, abundância, biodegradabilidade, baixo custo de produção e de processamento, prevenção à erosão, baixa densidade, baixo consumo de energia, além da possibilidade de incremento na economia agrícola (MOHANTY et al., 2002; MARINELLI et al, 2008; HRISTOZOV et al., 2016).

As fibras naturais são classificadas de acordo com sua origem (Figura 1) vegetal, mineral e animal.

Figura 1: Classificação das fibras naturais



Fonte: ABNT-NBR-12744.

As fibras de origem vegetal, principalmente, estão se tornando alternativas atrativas do ponto de vista econômico e sustentável (MOHANTY et al., 2002; FARUK et al., 2012) tanto em processos artesanais como em processos industriais, por oferecerem propriedades que se adequam a essas aplicações (JOHNSON, 1996; BLEDZKI; GASSAN, 1999; FERREIRA, 2005; GUIMARÃES et al., 2009). Dentre as aplicações possíveis, podem-se citar a construção civil (FARUK et al., 2014), vestuário (FLETCHER; GROSE, 2011; SALCEDO, 2014), indústria automobilística (ZAH et al., 2006; MARINELLI et al., 2008; SILVA et al., 2009; FARUK et al., 2014) e muitas outras que vêm se expandindo com auxílio de novas pesquisas e descobertas, principalmente no que se refere a compósitos, inclusive alguns com grande potencial para substituir as fibras de vidro (WAMBUA et al., 2003; HRISTOZOV et al., 2016).

Segundo Faruk et al. (2014) e Medina (1959) existem milhares de fibras, sendo que somente uma pequena parcela dessas foi estudada. Entre as mais

populares estão linho, juta, cânhamo, sisal, rami e kenaf. Para Faruk et al. (2014) outras fibras estão ganhando interesse e importância na investigação e aplicações devido às suas propriedades específicas e disponibilidade, entre elas podemos citar: o abacá, folha de abacaxi, coco, bagaço de cana, bambu, palha de trigo, curauá e tururi.

2.2 FIBRAS VEGETAIS

As fibras vegetais são células esclerenquimatosas de forma tipicamente prosenquimatosas e são provenientes dos caules, flores, frutos e sementes das plantas (MEDINA, 1959; LASCHUK, 2009; SALCEDO, 2014):

- As fibras das sementes provêm **tricomas** unicelulares do tegumento da semente de certas plantas e um exemplo deste material é o algodão;
- As fibras do caule provêm do floema de certas plantas e alguns exemplos dessas fibras são o cânhamo, juta e o rami, linho e papoula-de-são-francisco;
- Exemplos de fibras provenientes das folhas são: sisal, abacá, henequém, caroá, ráfia e piaçava;
- Exemplos de fibras provenientes do fruto são o coco e paina;
- Exemplo de fibras provenientes das raízes é o zacatão.

As fibras vegetais podem ser classificadas de várias maneiras, principalmente segundo a origem anatômica, a natureza química, a utilização econômica e a origem botânica. Dentre os aspectos, cada um dos sistemas propostos tem méritos e desvantagens. A classificação segundo os grupos naturais ou famílias botânicas é a mais precisa e científica (MEDINA, 1959).

➤ **Fibra de Linho**

O linho é obtido do caule da *Linum usitatissimum*, pertence à família das lináceas, é uma planta anual que se desenvolve em regiões temperadas e subtropicais. Possui haste dupla, que se ramifica de forma variada. Após a colheita, as fibras são estendidas no solo para que ocorra a secagem,

operação que precede a maceração. Após a secagem, passa pela trituração, espadelagem¹, penteagem, fiação e tecelagem. As fibras de linho não são tão finas quanto às do algodão e as de melhor qualidade são oriundas da Bélgica, do norte da França e Holanda (MEDINA, 1959).

➤ **Fibra de Juta**

Originária da Índia, a *Corchorus capsularis* ou juta, pertence a família *Tilioidae*, é uma fibra vegetal resistente parecida com o barbante, extraída do caule, proveniente da família das tiliáceas, pode alcançar a altura de 3 a 4 metros e o talo com espessura de aproximadamente 20 mm, se desenvolvendo bem em climas úmidos e tropicais (PIRES, 2009).

As fibras comerciais apresentam coloração variável, entre amarelo e marrom, do cinza escuro até o pardo, com um brilho sedoso e densidade de aproximadamente 1,5 g/cm³. São classificadas com excelentes propriedades ecológicas, devido à biodegradabilidade e utilização no controle de erosão (OLIVEIRA, 1997).

As fibras de juta se encontram abaixo da casca, circundadas por materiais gomosos que precisam ser removidos (AGUIAR NETO, 1996). O processo de produção tem duração aproximada de cinco dias e não utiliza produto químico. Após o corte dos talos, procede-se à limpeza das hastes, que são reunidas em feixes e colocadas em água corrente ou parada, numa etapa chamada de afogamento ou maceração. Em seguida, as fibras são facilmente desprendidas da casca e lavadas, são golpeadas na água e submetidas a uma segunda lavagem e posteriormente são estendidas em varais ou estendais de secagem. Finalmente, as fibras são encaminhadas para processamento, onde são produzidas bobinas ou tecidos (PIRES, 2009).

➤ **Fibra de Rami**

O rami, *Boehmeria nivea*, é uma planta da família Urticaceae, de cultura permanente e pertencente à família das fibras longas, podendo atingir até 55 cm de comprimento (SCATENA; SCREMIN-DIAS, 2006). Apresenta alta resistência ao amassamento, sendo considerada essa, três vezes superior à do

¹ Ato de bater o linho para separar os tomentos (parte fibrosa e áspera do linho)

cânhamo, quatro vezes superior à do linho e oito vezes superior à do algodão (BNDES, 1996).

Conforme Aguiar Neto (1996) as primeiras fibras de rami foram cultivadas principalmente na China e na Ilha de Formosa e, depois disso, em outros países tropicais. Por ser uma planta vigorosa e muito exigente quanto à fertilidade do solo, a formação de uma lavoura de rami requer uma terra bem arada, fofa, muito revolvida e úmida. Pela rapidez com que ocorre o desenvolvimento da planta, permite, em média, 3 a 4 colheitas por ano, e por isso é uma cultura esgotante para o solo.

O rami pode ser utilizado em diversos segmentos, como fabricação de tecidos, sacarias e cordoarias (AGUIAR NETO, 1996) e celulose para a produção de papel moeda, devido à sua resistência. Além disso, pode ser empregado na fabricação de mangueiras, pneus, fios de paraquedas, entre outros (BNDES, 1996).

➤ **Fibra de cânhamo**

O cânhamo é uma planta de colheita anual, de fibra dura obtida do caule, pertence à família das Moráceas. O verdadeiro cânhamo pertence à espécie *Cannabis sativa* e chega a alcançar cerca de 3 metros de altura. Exige para seu bom desenvolvimento, um clima temperado e dotado de bastante umidade. Por ser uma espécie rústica, suporta grandes variações de temperatura, sendo sensível, à ação de baixas temperaturas (AGUIAR NETO, 1996).

Após a colheita, os caules são dispostos no chão, paralelos uns aos outros, para que ocorra a operação de secagem, que é realizada a pleno sol. A separação das fibras é iniciada com a maceração, segue-se a trituração, e pode ser amaciada por batidas mecânicas ou manuais. Após a trituração, as fibras serão penteadas e classificadas (AGUIAR NETO, 1996).

Há anos o cânhamo tem sido usado em quase todas as formas de aplicações têxteis: tecidos finos, cortinas, cordas, redes de pesca, lonas, etc., além de poder ser misturado a outras fibras, naturais e/ou artificiais (AGUIAR NETO, 1996). Atualmente o interesse pelo cânhamo industrial tem aumentado devido às qualidades como a resistência, e vem sendo utilizado não só para a

preparação de alimentos, como também utilizado em cosméticos, papel, combustível, bioplásticos² e materiais de construção (EIRES, 2006).

➤ **Fibra de Sisal**

O sisal é originário da península de Yucatã, no México, e a introdução do sisal no Brasil data de 1903, no estado da Bahia. Planta perene, pertencente à família das Amarilidáceas, sendo que a espécie mais importante e cultivada comercialmente é a *Agave sisalana* (AGUIAR NETO, 1996).

As fibras são extraídas das folhas, que possuem entre 8 a 10 cm de largura e de 60 a 160 cm de comprimento. Da folha se obtém de 3 a 5% do seu peso em fibra. Os 95 a 97% restantes constituem os chamados resíduos do beneficiamento, que são utilizados como adubo orgânico, ração animal e pela indústria farmacêutica (AGUIAR NETO, 1996; MARTINet al., 2009).

A colheita das folhas de sisal é uma operação manual, requerendo abundante contingente de mão-de-obra. É importante considerar que as operações de corte, transporte e desfibragem devem ser de tal modo regulares que as folhas sejam beneficiadas em, no máximo, 24 horas após o corte. A fibra obtida possui excelente resistência à ruptura e ao alongamento, e notável resistência à água salgada (AGUIAR NETO, 1996).

➤ **Fibra de coco**

Os coqueiros, *Cocos nucifera*, são palmeiras tropicais de 10 a 20m de altura, que excepcionalmente atingem até 35m, e que florescem durante todo o ano, porém de forma mais abundante entre janeiro e abril (LORENZI et al., 1992).

As fibras de coco são extraídas do mesocarpo, parte espessa fibrosa do fruto, e possuem uma boa elasticidade, além de uma elevada capacidade de resistir à umidade e a amplas variações nas condições climáticas (SILVA, 2003). Por muito tempo a casca de coco (fonte da fibra) era tratada como lixo ou material residual, mas com a evolução dos conhecimentos técnico-científicos esse material passou a ter várias utilidades, sendo utilizado como

²Plástico produzido a partir de fonte renovável, como cana-de-açúcar, milho, batata e beterraba.

material de acolchoamento e fabricação de placas utilizadas como isolante térmico e acústico (CORREA, 2016)

➤ **Fibra de curauá**

O curauá, *Ananas erectifolius*, é uma planta da família das Bromeliáceas, foi domesticada pelos índios da região amazônica, onde suas folhas foram bastante utilizadas pelas comunidades na confecção de linhas e redes para pesca (SILVA; AQUINO, 2008), barbantes, cordoaria e redes para dormir, devido principalmente à grande resistência.

Embora seu fruto seja comestível, o interesse econômico pelo curauá está primordialmente associado às fibras extraídas de suas folhas, que atingem até 1,5 m de comprimento e 4 cm de largura, sendo duras, eretas e planas (MONTEIRO et al., 2006). É cultivada na região Amazônica brasileira, particularmente no Estado do Pará (SPINACÉ et al., 2011).

➤ **Fibra de piaçava**

A palmeira conhecida por piaçava ou piaçaba, *Attalea funifera*, é espécie nativa do sul do Estado da Bahia. Segundo Medina (1959) as fibras dos pecíolos formam o produto comercial conhecido por *piaçava* ou *piaçaba-da-bahia*, são fibras longas, resistentes, rígidas, lisas, de textura impermeável e de alta flexibilidade.

Segundo Aquino (2005) as piaçaveiras exploradas na Bahia para produção de fibras são plantas que crescem em estado espontâneo e trata-se, de uma indústria extrativa, não existindo culturas da palmeira piaçava propriamente ditas.

A colheita das fibras deve ser feita apenas uma vez por ano a fim de possibilitar a formação de fibras mais longas e de melhor valor comercial (CASALI, 2016).

➤ **Fibra do tururi**

Palmeira do Ubuçu, *Manicaria saccifera*, da família Arecaceae, originária da Amazônia e cultivada nas terras baixas e nas várzeas, mede entre 3 a 6 metros de altura, suas folhas são grandes, possui cachos pendentes e o

invólucro que os protegem é constituído por um tecido fibroso na forma de saco (invólucro), denominado tururi (LEAL, 2012).

A fibra de tururi é conhecida por características como: durabilidade e impermeabilidade (MONTEIRO; BARUQUE-RAMOS, 2014) e oferece aplicabilidade diversificada: desde o uso nas florestas para armazenar e transportar mantimentos, frutos ou pequenas caças como também utilizada para bolsas e acessórios para a moda. O seu caule também é utilizado para confeccionar mobiliário, pisos e acessórios com base no conceito do ecodesign (LEAL, 2012). As folhas podem ser aplicadas na construção de telhados.

➤ **Fibra do tucum**

A palmeira *Astrocaryum vulgare*, da família Arecaceae, é conhecida popularmente por cumari, cumbari, cumbarim, aiará, curuá, coqueiro-tucum, tucum-do-amazonase tucumã-piranga.

Segundo Medina (1959), os pecíolos dão bom material para esteiras, balaios, chapéus e outras obras trançadas; as folhas novas, ainda não expandidas, raspadas a mão, com ou sem maceração prévia na água, fornecem fibras finíssimas e sedosas, de grande durabilidade, denominadas fibras do tucum, que são utilizadas na confecção de linhas e redes de pescar e pela aparência assemelham-se à lã animal. Medem entre 35 a 45 cm de comprimento, são elásticas e de coloração branca e amarelada. Pelo processo primitivo de extração, um operário, mesmo que habilitado, extrai em torno de 50 gramas de fibras por dia. A palavra *tucum* é dada comercialmente às fibras extraídas dos folíolos de várias espécies de palmeiras pertencentes aos gêneros *Bactris* e *Astrocaryum*, que se distinguem com as denominações de tucum-liso, tucum-bravo, tucum-do-seco, entre outros.

2.2.1 Processamento de fibras vegetais

A qualidade das fibras é afetada pelas condições durante o crescimento das plantas, bem como métodos de extração e processamentos utilizados. Os processos mais utilizados são: a maceração, a secagem, descorticagem, desfibragem e amaciamento.

A maceração é um processo de fermentação que libera as fibras da matéria celular aderente, que pode ocorrer em água, onde a dissolução do cimento péptico³ ocorre de forma natural, pela ação dos agentes bacterianos. Pode ser realizada em tanques de alvenaria, água corrente, poços com água parada, ao relento e também por procedimentos químicos com reagentes como a soda cáustica, o carbonato de sódio, os sabões e os ácidos minerais diluídos, que têm sido empregados, com certo sucesso. O processo químico de maceração é mais caro do que a maceração biológica e a fibra obtida não é a de melhor qualidade (AGUIAR NETO, 1996).

A secagem, realizada logo após a maceração é feita em pleno sol, normalmente em varais armados na própria lavoura (AGUIAR NETO, 1996).

A descorticação consiste na raspagem da epiderme com facas ou bambus, a fim de que o “leite” se precipite através desses pontos raspados. Qualquer atraso neste processo redundará em perdas consideráveis dentro do processo, além de levar à obtenção de fibras de qualidade inferior. A descorticação tem de ocorrer entre 12 e, no máximo, 24 horas após a colheita. O sisal e o curauá iniciam pelo processo de desfibragem que pode ser tanto manual ou com ajuda de máquinas desfibreadoras, sendo o maior problema a disponibilidade de um equipamento adequado que efetue a extração (AGUIAR NETO, 1996).

O amaciamento é realizado em uma máquina dotada, essencialmente, de cilindros canelados (ou estriados) distribuídos em cadeia e engrenados dois a dois, que prensam as fibras. Algumas máquinas apresentam dispositivo adicional de umedecimento da fibra antes da passagem pelos rolos. Passam por este processo o rami e o linho (AGUIAR NETO, 1996). Já o tururi, depois de colhida, passa por um processo de amaciamento, que consiste em lavar o invólucro em água corrente para retirar as impurezas (OLIVEIRA; D’ALMEIDA, 2010).

O tratamento alcalino é o método químico mais utilizado (PIRES, 2009), pois visa limpar a superfície da fibra de ceras e graxas, provenientes do manuseio e da manufatura das fibras, além de remover parcialmente a hemicelulose e a lignina, e assegura a melhoria das propriedades de tensão

³ Pectina presente na lamela média.

(BLEDZKI; GASSAN, 1999). Já o tratamento de silanização visa uma modificação química da superfície da fibra (PIRES, 2009) onde os agentes de acoplamento de silano contribuem para propriedades hidrófilas da interface das fibras (FARUK et al., 2012).

A acetilação é outro método de modificação da superfície das fibras naturais tornando-as mais hidrofóbica (LOPES et al, 2011). A principal ideia da acetilação é para revestir os grupos OH de fibras que são responsáveis pelo seu caráter hidrofílico com moléculas que têm uma natureza hidrofóbica (FARUK et al., 2012).

Em relação aos processos de produção de fibras vegetais, já citados anteriormente, o mais desgastante e insalubre ao trabalhador é o maceramento e a desfibragem – no caso da juta e o rami, os trabalhadores permanecem até 8 horas dentro da água - causando fortes dores no corpo, momento também em que eles estão sujeitos ao ataque de animais peçonhentos e o surgimento de doenças (VAZ, 2016; SOUZA et al., 2010)

Há carência de tecnologias nessa prática, e com o crescimento da utilização de fibras vegetais, este é um setor que necessita de avanços tecnológicos que estimulem a permanência das famílias - cultivo e processamento dessas fibras são feitas por pequenos produtores familiares, e o processo é praticamente manual - e principalmente dos jovens, visto as dificuldades dessa labuta; necessita também de incentivos governamentais potencializando a agricultura com geração de renda e sem destruição do meio ambiente (SOUZA et al., 2010)

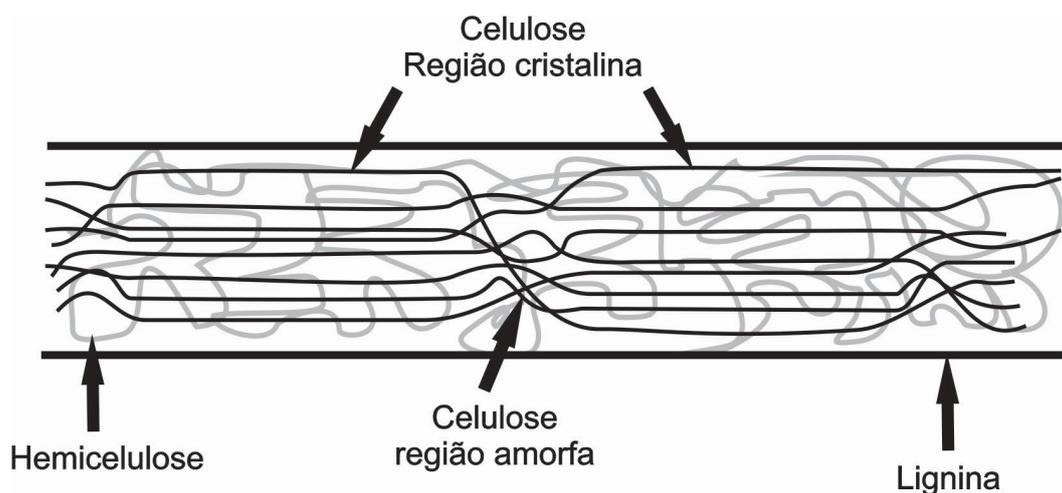
Quanto aos tratamentos químicos e físicos aplicados às fibras vegetais, são necessários visando à melhoria das mesmas e para viabilizar o seu uso, pois essas são facilmente influenciadas pelo ambiente, degradam-se, são hidrofílicas e quando utilizadas como reforço, competem com fibras técnicas, como fibras de vidro. Fibras vegetais são renováveis, e se levarmos em conta a discussão sobre materiais sustentáveis, tais tratamentos tornam-se pertinentes.

2.2.2 Propriedades das fibras vegetais

As fibras vegetais ou lignocelulósicas possuem três componentes principais: celulose, hemicelulose e lignina, sendo que a celulose é o componente essencial de todas as plantas, polímero natural que ocorre em maior abundância, possui fortes ligações de hidrogênio e é altamente hidrofílica. As moléculas de celulose formam pequenos feixes de cadeias moleculares, que se combinam em grupos para compor as fibras de celulose, compostas por muitas moléculas e que possuem regiões cristalinas intercaladas com regiões amorfas (AGUIAR NETO, 1996).

Nessas regiões as fibras celulósicas são identificadas em vários níveis de orientação: ocorrem áreas onde as moléculas estão organizadas em arranjo geométrico (arranjo cristalino) que se repete nos eixos principais da estrutura – eixos cristalográficos – para formar o volume total do cristal; e áreas em desordenadas - amorfo. No entanto, evidências indicam que não há uma área completamente amorfa nas fibras celulósicas (AGUIAR NETO, 1996). A Figura 2 mostra um esquema indicando os três componentes principais das fibras vegetais e a orientação molecular de uma microfibrila de celulose.

Figura 2: Croqui esquemático da organização de uma fibra vegetal.



Esquema de uma fibra vegetal indicando os principais componentes: lignina, hemicelulose e celulose, apresentando áreas cristalinas (organizadas) e áreas amorfas (desordenadas) da celulose. Fonte: Adaptada de Pereira et al. (2015).

Em função do seu maior grau de cristalinidade e seu alto grau de polimerização, a celulose costuma ter maior estabilidade aos efeitos da

degradação, seja ela mecânica, química ou térmica, quando comparada aos componentes não celulósicos das fibras.

Em contraste à celulose, composta apenas de glicose, as hemiceluloses ou polioses são polímeros formados por cinco diferentes açúcares (glicose⁴, manose⁵, galactose⁶, xilose⁷ e arabinose⁸) e normalmente atuam como um elemento de ligação entre a celulose e a lignina, não estando diretamente correlacionadas à resistência e dureza das fibras.

Do ponto de vista morfológico a lignina é a região amorfa e durante o desenvolvimento das células, essa é incorporada como o último componente na parede, interpenetrando as fibrilas e assim fortalecendo e enrijecendo as paredes celulares (KLOCK et al, 2009). Sua concentração nas fibras influencia a estrutura, as propriedades, a morfologia, a flexibilidade e a taxa de hidrólise⁹. Fibras com alto teor de lignina são de excelente qualidade e com boa flexibilidade. A lignina e a hemicelulose juntas formam uma matriz em volta da celulose, e assim penetram nos sítios desocupados entre as moléculas de celulose na região amorfa, colaborando com o aumento na rigidez do vegetal (SILVA et al., 2009).

Apesar das vantagens na utilização de fibras vegetais, elas também possuem desvantagens, sendo a sua natureza hidrofílica, um grande problema (FARUK et al., 2014), bem como a temperatura de processamento máxima restrita, além das suas propriedades de resistência (JÚNIOR et al, 2016). Por isso, as propriedades físicas e químicas de cada fibra são muito importantes para determinar onde e como podem ser aplicadas, como por exemplo: as dimensões, resistência, a cristalinidade, a estrutura, entre outras; principalmente para saber como atingir o máximo de seu potencial (FARUK et al., 2012).

⁴Substância ($C_6H_{12}O_6$) que constitui a principal fonte de energia para os organismos vivos, encontrada em plantas e nos seus frutos.

⁵É um açúcar simples (monossacarídeo) de fórmula $C_6H_{12}O_6$, que pode ser encontrada em vegetais e na parede celular de bactérias e leveduras.

⁶É um açúcar simples (monossacarídeo) de fórmula molecular $C_6H_{12}O_6$ que é partilhada com outros açúcares simples, tais como a glicose e a manose. O que os difere estruturalmente é a orientação de grupos hidroxilo específicos relativamente à restante molécula.

⁷Xilose é classificada como um monossacárido do tipo aldopentose (contém cinco átomos de carbono e inclui um grupo funcional formilho) de fórmula $C_5H_{10}O_5$. É um derivado da hemicelulose, um dos principais constituintes da biomassa.

⁸ É um açúcar com cinco átomos de carbono (pentose).

⁹ Corresponde a um processo químico que envolve a quebra de uma molécula em presença de água.

A composição química das fibras naturais é sensível a diversos fatores, tal como condições climáticas e de plantio, idade e parte da planta de que são extraídas (BLEDZKI; GASSAN, 1999), o que resulta em uma alta variedade tanto na composição das fibras quanto em suas propriedades mecânicas. A Tabela 1 indica a composição química de diferentes fibras naturais determinadas em diferentes estudos.

Tabela 1: Composição química de diferentes fibras naturais

Fibra	Densidade (g/cm ³)	Diâmetro médio (μ)	Celulose (%)	Hemicelulose (%)	Lignina (%)	Extrativo (%)
Juta	1.45	200	59 - 71	12 - 21.1	11.8 - 12.9	0.5 - 2
Piaçava	1,10 - 1,45	--	31.6	--	48.4	--
Curauá	1.26 - 1.33	97	70.7 - 73.6	21.1	7.5 - 11	2.5 - 2.8
Sisal	1,26 - 1,50	50 - 300	60 - 75,2	10 - 15	7,6 - 12	1,7 - 6
Coco	1.25 - 1.50	40 - 450	43.4 - 53	14.7	38.3 - 45	3.5 - 4.5

Fonte: Adaptado de Satyanarayana et al. (2007).

Consoante Aguiar Neto (1996), a estabilidade térmica da celulose é bastante limitada e depende, em larga escala, do tempo de duração no qual estiver sujeita ao efeito da temperatura. A celulose resiste por pouco tempo a temperaturas entre 180 e 200°C. Em temperaturas acima de 275°C ocorre intensa decomposição da celulose, com a formação de produtos líquidos e gasosos de diferentes composições. Entre 400 e 450°C ocorre a decomposição completa e a eliminação de gases, formando um resíduo duro (*carbano*). Algumas temperaturas típicas de decomposição de algumas fibras estão na Tabela 2.

Tabela 2: Temperatura de decomposição das fibras

Fibra	Temperatura de degradação (°C)
Juta [1]	282
Luffa [2]	250
Piaçava [3]	225
Curauá [4]	220
Sisal [5]	250
Coco [6]	200
Tururi [7]	264
Buriti [8]	200

[1] Rombaldo et al. (2014); [2] Tanobe (2003); [3] Aquino (2005); [4] Santos et al. 2009; [5] Martin et al. (2009); [6] Tomczak (2010); [7] Oliveira (2011); [8] Barbosa (2011).

2.2.3 Produtos com fibras vegetais

Os produtos mais conhecidos no mercado, quando se fala em fibras vegetais são os têxteis, cestaria e móveis. Os produtos têxteis compreendem os fios para tecidos, com composições variadas, tapetes, artesanatos, cordas e sacarias (AGUIAR NETO, 1996).

Nos Quadros 1 e 2, estão arroladas as principais plantas monocotiledôneas e dicotiledôneas, respectivamente, importantes como produtoras de fibras, comerciais ou não, segundo a família botânica, com indicações sobre a aplicação da fibra e a regiões de produção.

Quadro 1: Plantas monocotiledôneas importantes como produtoras de fibras.

FAMÍLIA	NOMENCLATURA		Principais aplicações da fibra	Regiões de produção
	Botânica	Vulgar		
<i>Palmae</i>	<i>Astrocaryum vulgare</i>	Tucum	Linhas e redes de pesca	Brasil
	<i>Attalea funifera</i>	Piaçava-da-bahia	Escovas e vassouras	Brasil
	<i>Cocos nucifera</i>	Coqueiro	Cordoalha, escovas e estofamento	Ceilão e Índia
	<i>Leopoldinia piassaba</i>	Piaçava-do-para	Escovas e vassouras	Brasil
	<i>Raphia ruffia</i>	Ráfia	Amarrilho	Madagáscar
	Sabal palmetto	Cabbage palmetto	Escovas	Estados Unidos
<i>Bromeliaceae</i>	<i>Ananas erectifolius</i>	Curauá	Redes e linhas de pesca	Brasil
	<i>Neoglazovia variegata</i>	Caroá	Cordoalha e tecidos	Brasil
<i>Amaryllidaceae</i>	<i>Agave sisalana</i>	Sisal	Cordoalha, barbantes e sacos	África Oriental Inglesa, Brasil, Java, Angola, Moçambique, Haiti e Venezuela
	<i>Agave fourcroydes</i>	Henequem	Cordoalha e sacaria	México e Cuba

Apresenta a fibra, a espécie e também a sua origem indicando sua nomenclatura botânica e vulgar de algumas plantas monocotiledôneas importantes como produtoras de fibras comerciais ou não segundo a família botânica, com indicações sobre a aplicação da fibra e a regiões de produção. Fonte: Adaptada de Medina (1959).

Quadro 2: Plantas dicotiledôneas importantes como produtoras de fibras.

FAMÍLIA	NOMENCLATURA		Principais aplicações da fibra	Regiões de produção
	Botânica	Vulgar		
<i>Cannabaceae</i>	<i>Cannabis saliva</i>	Cânhamo	Cordas, barbantes e tecidos	Europa (Rússia. Itália e Iugoslávia principalmente)
<i>Urticaceae</i>	<i>Boehmeria nivea</i>	Rami branco	Tecidos e barbantes	China, Formosa. Japão, Brasil. Filipinas e Estados Unidos
	<i>Boehmeria utilis</i>	Rami verde	Tecidos e barbantes	Índia e China
<i>Linaceae</i>	<i>Linum usitatissimum</i>	Linho	Tecidos finos, fios e barbantes	Europa, principalmente
<i>Elaeocarpaceae</i> <i>Tiliaceae</i>	<i>Corchorus capsularis</i>	Juta	Sacaria e aniagem	Índia, Paquistão e Brasil
<i>Malvaceae</i>	<i>Abutilon avicena</i>	Chinesa jute	Cordas, barbantes, tapetes e redes de pescar	China
<i>Cucurbitaceae</i>	<i>Luffa cylindrica</i>	Bucha	Palmeira, chinelos de banho, luvas e esfregões de banho, filtros de óleo, enchimento etc.	Japão

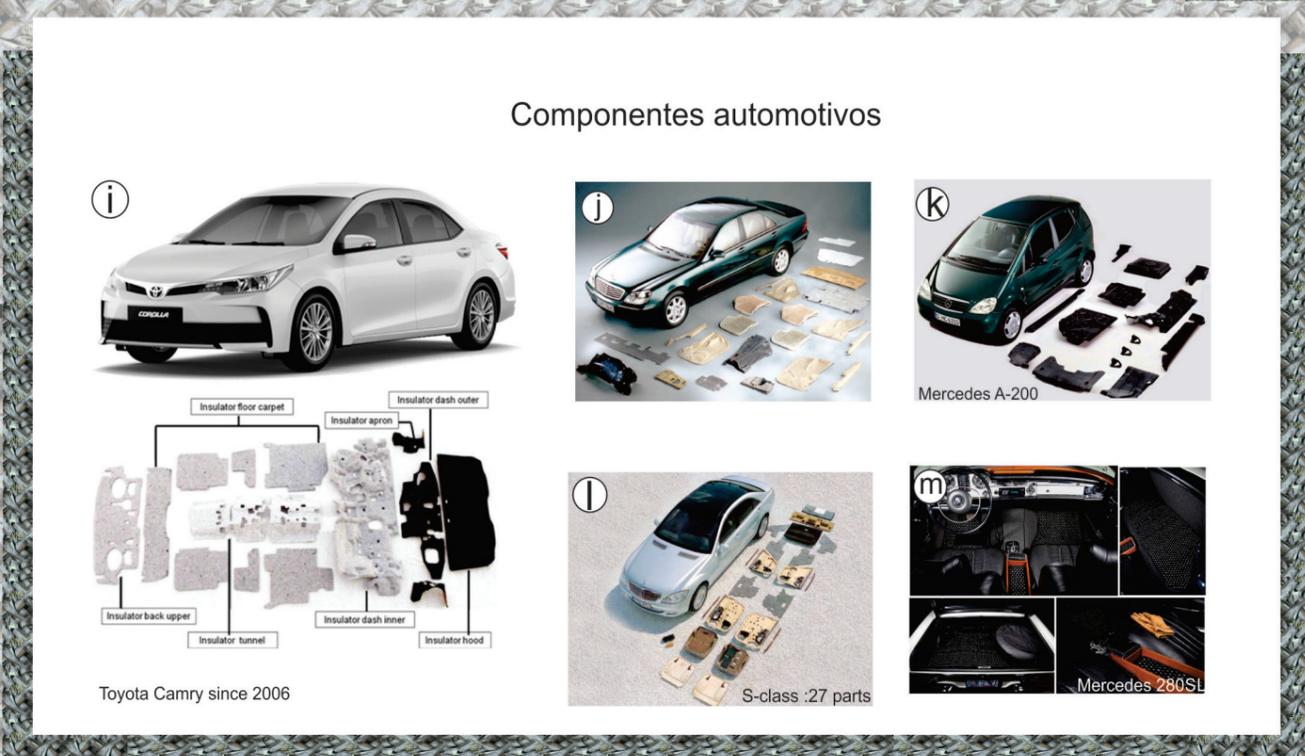
Apresenta a fibra, a espécie e também a sua origem indicando a nomenclatura botânica e vulgar de algumas plantas dicotiledôneas importantes como produtoras de fibras comerciais ou não segundo a família botânica, com indicações sobre a aplicação da fibra e a regiões de produção. Fonte: Adaptada de Medina (1959).

No caso da fabricação de móveis a partir do uso de fibras vegetais, o processo é praticamente artesanal; algumas dessas fibras não recebem nenhum tratamento químico – só são postas para secar; outras são tramadas ainda úmidas; existem ainda aquelas que recebem tratamento ou acabamento, como uma camada de verniz, por exemplo.

As fibras também são utilizadas em estruturas de cadeiras e estofados (assentos, encostos e pés) revestimento de portas e gavetas e como detalhes em móveis, bainhas para colchões de molas, entre outros (SEBRAE, 2013).

Vários outros produtos que empregam fibras vegetais estão sendo desenvolvidos: peças de acabamento interno de veículos, teto, lateral de portas, antirruído do compartimento do motor, entre outras aplicações. Para essas aplicações, as propriedades mecânicas, térmicas e acústicas são relevantes (FARUK et al., 2014). O Quadro 3 indica algumas das principais fibras vegetais e onde estão sendo utilizadas.

Quadro 3: Produtos fabricados com fibras vegetais



a) Tênis da Adidas, tecido de cânhamo, palmilha feita de cortiça. Conta com um compartimento exclusivo para guardar a maconha (MISTURA URBANA, 2016); b) VERT, marca de tênis, investiu em novos modelos com tecido que mistura fibras de juta natural e algodão reciclado (VERT, 2016); c) Produtos feitos à base de cânhamo para o isolamento térmico e acústico (TAMANINI, 2016); d) A tela de fibras vegetais ou biomanta é composta de palha ou fibra de coco ou ambas costuradas numa tela de polipropileno de alta resistência mecânica e a ralos UV, com alta durabilidade (GEOFOCO, 2016); e) Tecido de juta (PRODUCE, 2016); f) Sacolas de juta (TOPTRANS, 2016); g) Palmilhas de Sisal, Abaca, Kenaf, Bamboo e Lã. (INSOLE, 2016); h) Cordas de sisal e rami (ART E CORDAS, 2016); i) Componentes internos compostos da fibra kenaf e do polipropileno (PP) do Toyota Camry since 2006 (Krishnan, 2013); j) Mercedes Benz - automóveis classe C possuem partes de fibras naturais, incluindo cânhamo MARCUS, 2016, Cortesia de T. Schloesser, Daimler-Chrysler); k) Mercedes A-200 - peças reforçadas com fibra naturais (YEKTA, 2016); l) Mercedes Benz Classe -S, 27 peças de plásticos reforçados com fibra natural ((Krishnan, 2013); m) Tapetes e acabamentos internos de fibra de coco e sisal (COCO MATS, 2016).

2.3 PALMEIRAS

As palmeiras, como são conhecidas popularmente, pertencem à família *Arecaceae* (ou *Palmae*) e são plantas monocotiledôneas e com morfologia muito característica (LORENZI et al., 1996; JOHNSON, 2011). A palavra *palma* é de origem remota, e segundo Lorenzi et al. (1996), os povos itálicos aplicavam-na à tamareira (*Phoenix dactilifera*) da África Mediterrânea e do Oriente Médio. Os gregos chamavam-na *fóinix* de origem fenícia. Essa palavra por influência árabe e aramaica foi aplicada à antiga cidade turca Palmira, com o significado de "cidade onde haviam palmas". As palmeiras estão entre as plantas mais antigas do globo e seus vestígios remontam a mais de 120 milhões de anos (LORENZI et al., 1996). As civilizações orientais, como as do mediterrâneo, contavam com essas plantas como elementos característicos de sua paisagem e habitat, surgindo assim menções históricas e lendas da presença da palmeira.

As palmeiras, pelo porte altaneiro e elegante, são consideradas as aristocratas do reino, e distinguem-se facilmente de outras plantas, características essas que as levaram a integrar a ordem Príncipes da Sistemática Vegetal, alusiva à posição nobre que ocupam no reino vegetal. Por sua capacidade de transmitir ao meio em que é cultivada, algo do aspecto luxuriante e do fascínio das regiões tropicais, são elementos importantes na composição do paisagismo (LORENZI et al., 1996).

Muitas palmeiras são de grande importância econômica devido aos diferentes produtos que delas podem ser obtidos (FERREIRA, 2005; JOHNSON, 2011), destacando-se os destinados à alimentação humana (LORENZI et al, 1996). Os povos da antiguidade encontravam nessas plantas qualidades nutritivas, e que por isso serviam como base de alimentação para os habitantes do norte da África e sudoeste da Ásia (ALVES, 1987; JOHNSON, 2011), enquanto que, ainda eram utilizadas como matéria prima para construções (ALVES, 1987), pois casas cobertas com folhas de palmeira são termicamente confortáveis. O fato de a maioria das espécies possuírem frutos comestíveis, estipes, raízes, folhas e outras partes passíveis de algum tipo de

aproveitamento, faz com que a maioria das palmeiras possua algum tipo de utilidade (JOHNSON, 1996; FERREIRA, 2005; BERNAL et al., 2011).

Segundo Alves (1987) entre os produtos preciosos para o homem estão os cocos, tâmaras, palmito, açúcar, sagu, óleo, cera, fibras entre outros. No Brasil, a Amazônia abriga a maior variedade de palmeiras do território que pela sua diversidade constitui um dos principais recursos vegetais para a população local (FERREIRA, 2005; SOUZA et al., 2015).

A grande maioria das espécies de palmeiras habita as zonas úmidas de todo o mundo, sendo raras em regiões secas e frias. A maior ocorrência de gêneros e espécies verifica-se nas regiões tropicais da Ásia, Indonésia, Ilhas do Pacífico e Américas. O continente africano é pobre em palmeiras, e é notável o fato de Madagascar, ao lado do continente africano, contar com um grande número de espécies (LORENZI et al., 1996). No Brasil, a chamada Zona dos Cocais abrange extensas regiões, do norte e nordeste em direção ao centro, caracterizam-se pelos babaçuais, carnaubais e buritizais, e em direção ao oeste os carandazais (LORENZI et al., 1996).

As palmeiras são representadas por cerca de 3.500 espécies reunidas em mais de 240 gêneros (LORENZI et al., 1996). Algumas são conhecidas por nomes vulgares que as identificam satisfatoriamente, mas várias espécies ainda são pouco conhecidas, tornando a classificação complexa e exaustiva (ALVES, 1987). O nome botânico é formado por duas palavras, a primeira designa o gênero a que pertence e a segunda, a espécie. Um único gênero pode ter muitas espécies, indicando o grau de parentesco que possuem entre si (LORENZI et al., 1996). Segundo Alves (1987) a primeira grande contribuição para a classificação das palmeiras deve-se a Carl Friedrich Philipp von Martius, principalmente das palmeiras brasileiras, sendo essa classificação, denominada de “Classificação de Martius”, a base para as classificações posteriores, pela sua simplicidade e lógica.

As formas utilizadas na classificação das palmeiras são: forma do limbo foliar, sua divisão; para as espécies de fronde pinada, o ápice ou vértice das pinas; nervuras; natureza e localização da inflorescência; número de espatas e sua natureza; divisão da espádice; disposição das flores estaminadas e pistiladas; tipo de prefloração; ligação das anteras; número de estames; número de rudimentos seminiais; natureza dos rudimentos seminiais; posição da

rafe; natureza do albúmen; posição do embrião; presença de espinhos no estipe e nas folhas (ALVES, 1987). Os sistemas modernos de classificação são baseados nas relações filogenéticas entre as espécies, agrupando-se aquelas cujas semelhanças morfológicas fazem transparecer uma origem comum (STEVENS; DAVIS, 2001).

2.3.1 Características das palmeiras

As Arecaceae ou palmeiras são um grupo à parte, com características morfológicas e anatômicas (Figura 3) que podem distingui-las de qualquer outro vegetal (ALVES, 1987).

Apesar das palmeiras apresentarem semelhanças básicas com quaisquer outras espécies do mundo vegetal, com raízes, troncos, folhas, flores e frutos, estes mesmos órgãos podem se apresentar com características próprias e bem definidas, facilitando, dessa forma, sua identificação (LORENZI et al., 1996).

Segundo Lorenzi et al. (1996), essa separação em gêneros e em espécies, torna-se mais difícil, levando-se em conta a semelhança entre as plantas da família, pelo fato de sua morfologia não variar muito, ao contrário de plantas de outras famílias botânicas.

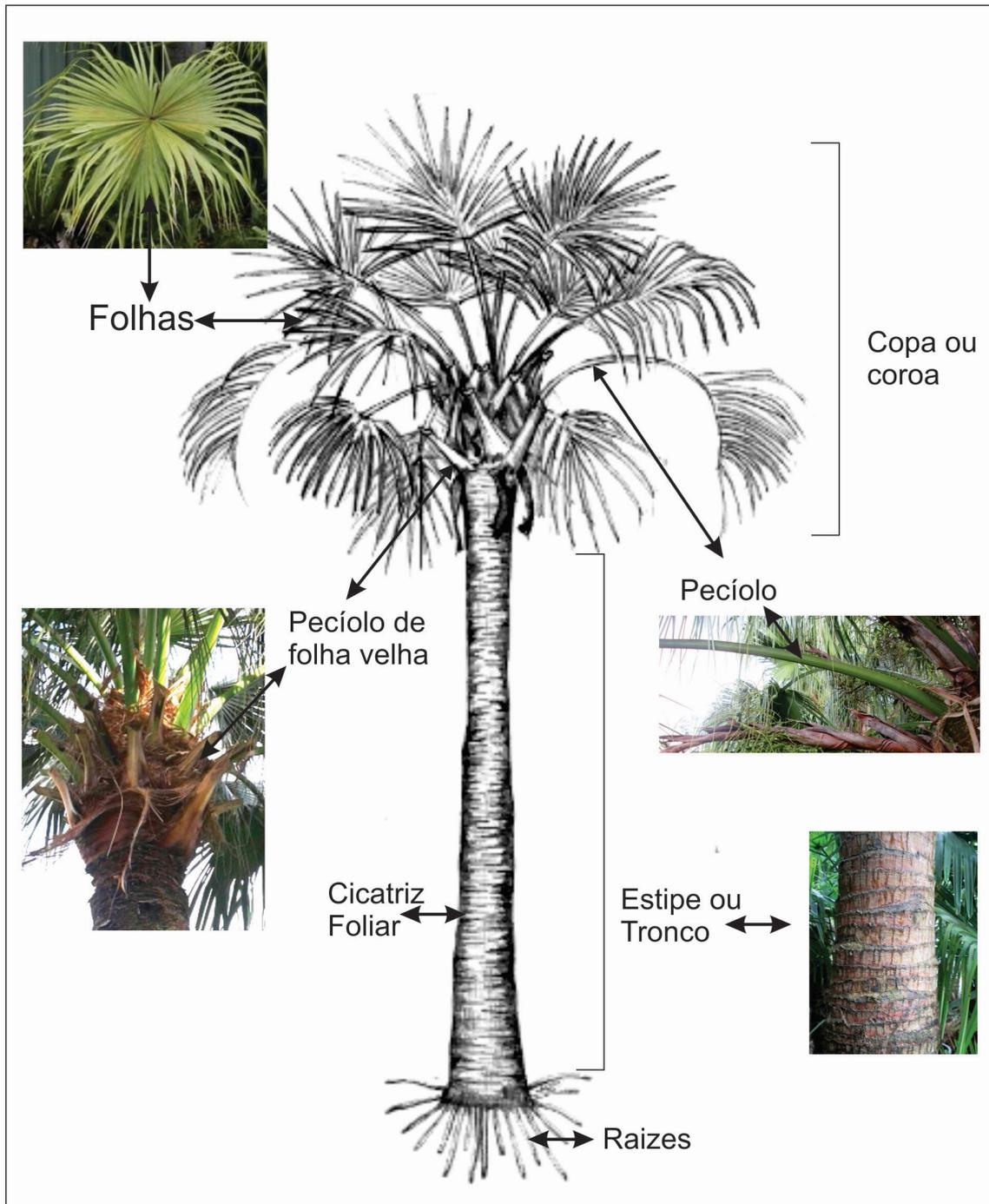
As raízes das palmeiras são fasciculadas (em cabeleira), cilíndricas, espessadas, muito abundantes, medindo vários metros de comprimento. Produzem ramificações, sem o desenvolvimento de uma raiz principal (ALVES, 1987). Outras raízes podem aparecer no caule acima do solo, denominadas de raízes adventícias, e ocorrem principalmente quando as palmeiras são nativas em matas úmidas. (LORENZI et al, 1996).

O caule das palmeiras tem o nome especial de estipe ou estípite e varia muito segundo a espécie, o clima e o manejo da cultura (ALVES, 1987). São alongados, cilíndricos ou colunares, geralmente sem ramificações e ostentam no ápice um tufo de folhas (LORENZI et al, 1996).

As folhas são os órgãos mais vistosos das palmeiras, caracterizam-se, por uma bainha que envolve o caule, originam-se da gema terminal do estipe e desenvolvem-se em todas as direções; as mais jovens localizam-se no centro

(ALVES, 1987). São formadas essencialmente por um eixo no qual são distinguidas três partes ou regiões: bainha, pecíolo e lâmina (LORENZI et al, 1996).

Figura 3: Partes que compõe uma palmeira.



Fonte: Modificada deldtools.org (2016)

A inflorescência das palmeiras consiste em um cacho com numerosas flores, formado por um eixo central que pode ser simples, sem ramificações,

ou, mais comumente, carregar vários e diferentes eixos secundários (ALVES, 1987). Com relação à parte reprodutiva das palmeiras, as flores são pouco atraentes por serem muito pequenas e geralmente desprovidas do colorido vistoso, mas impressionam pelo grande número (LORENZI et al, 1996), e produzem odores, sendo alguns agradáveis, outros fétidos (ALVES, 1987).

As sementes são geralmente redondas e ovóides, raramente são elípticas. Assim como o fruto, o tamanho da semente varia desde a dimensão de uma pequena ervilha até maior que a cabeça de um homem (ALVES, 1987).

2.3.2 Usos das palmeiras

As palmeiras desempenham um papel importante de subsistência para muitas comunidades, pois são as famílias de plantas mais abundantemente utilizadas (Quadro 4) por fornecerem materiais de construção, frutos comestíveis, óleos, fibras, materiais para a fabricação de artefatos domésticos, ferramentas para a caça e pesca medicamentos que são adquiridos de suas estipes, raízes, folhas e outras partes passíveis de algum tipo de aproveitamento ainda não explorados (JOHNSON, 1996; KALIL FILHO; RESENDE, 2001; FERREIRA, 2005; HENDERSON, 2006; ZAMBRANA et al., 2007).

Quadro 4: Diferentes tipos de usos de palmeiras, descritos por usos específicos de cada parte da palmeira utilizada

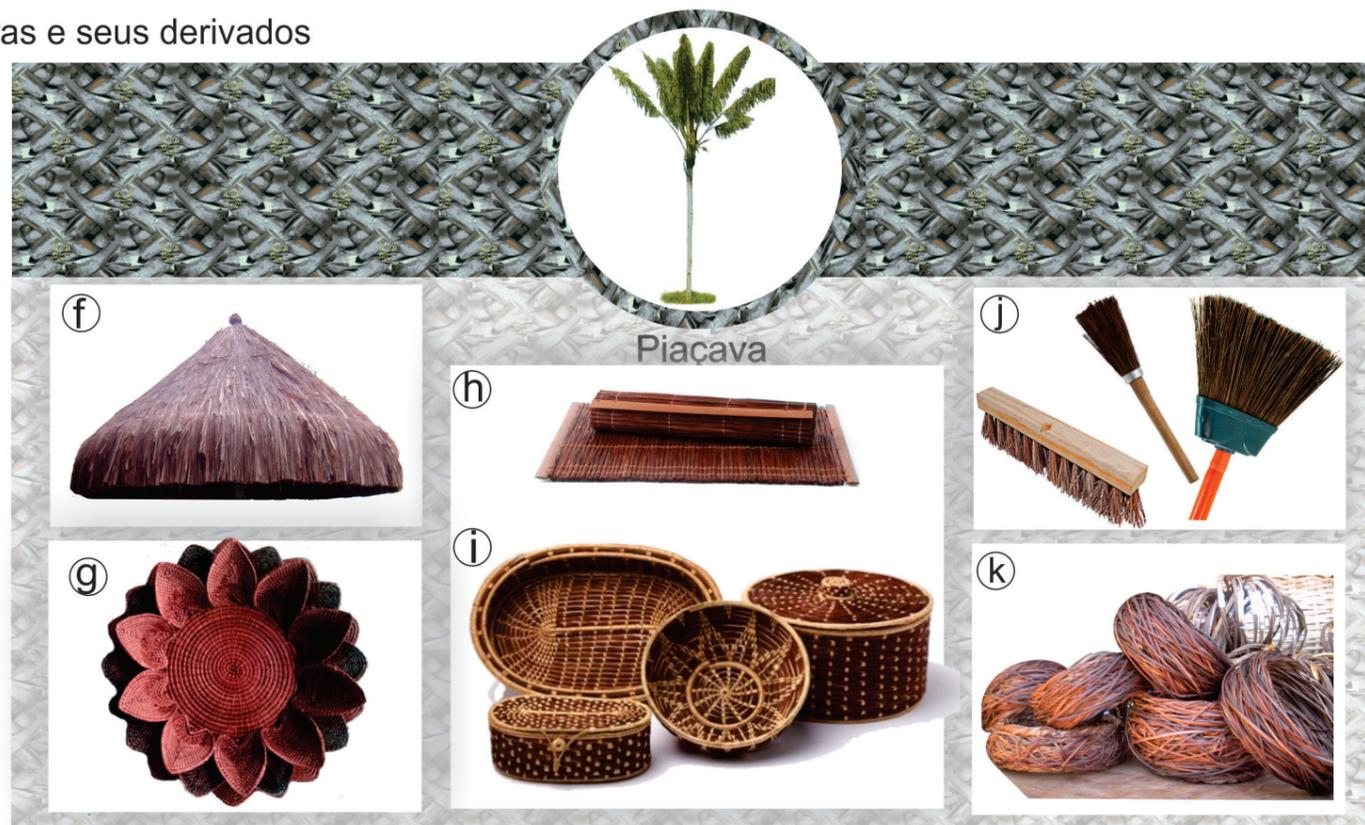
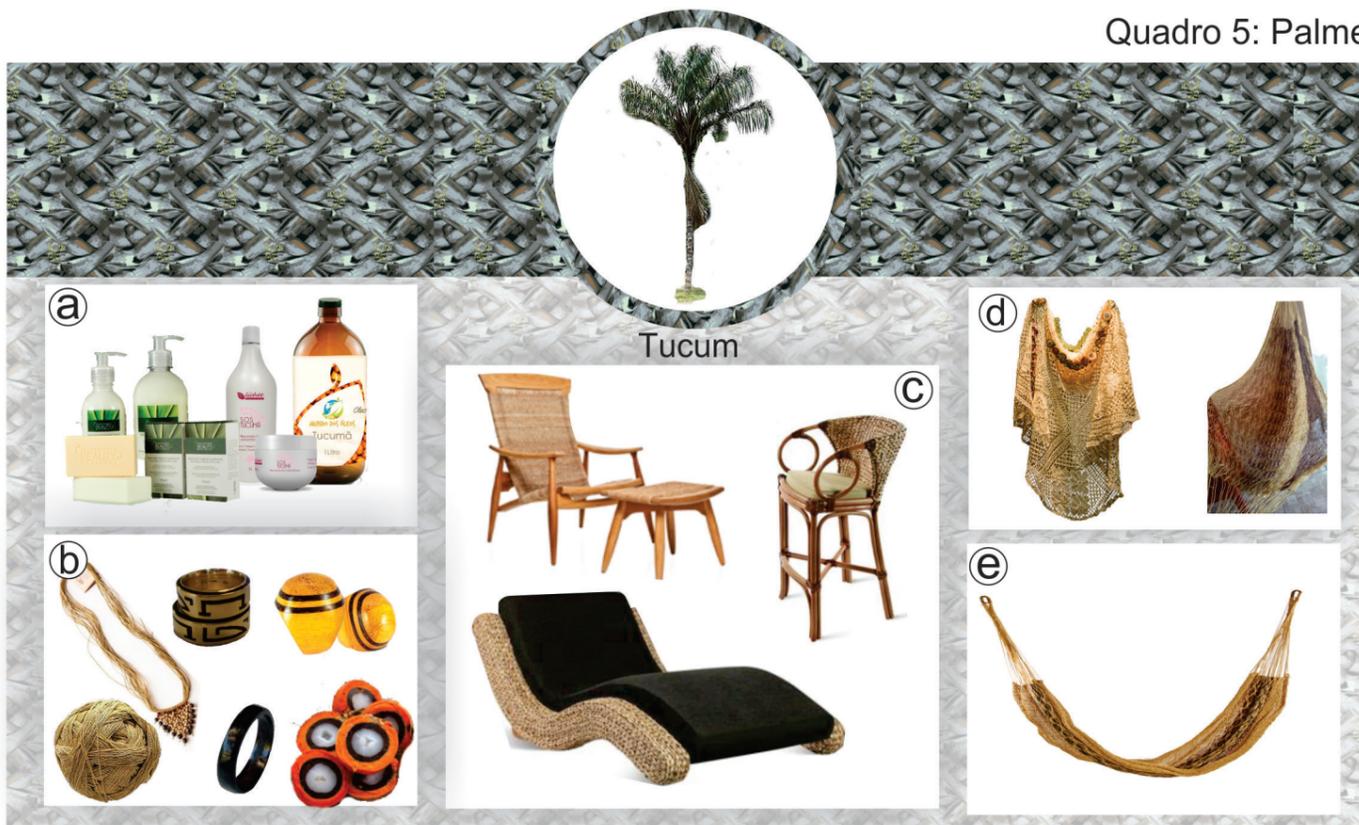
Categorias e usos específicos	Parte da palmeira utilizada
Alimentos	
Palmito	Das folhas
Mesocarpo comestível	Das frutas
Preparação de bebidas	Das frutas
Comestíveis (cruas ou cozidas)	Das Sementes
Extração de óleos	Das frutas e sementes
Construção	
Madeira para paredes e portas	Haste
Postes para casas e cercas	Haste
Suportes (feixe) para portas e telhados	Haste
Borda superior para telhados	Folhas
Telhado da casa, para casas temporárias	Folhas

Decorativa e religiosa	
Cerimonial / ritual	Folhas
Decoração	Flores
Ferramentas e utensílios	
Cestaria	Folhas
Vassoura	Folhas
Fibras	Folhas
Utensílios para caça e pesca	Haste, folhas
Utensílios de uso doméstico	Haste, raízes, folhas, sementes
Medicinais e cosméticos	
Medicinais e cosméticos	Raiz
Uso medicinal na forma de Chás	Folhas
Uso medicinal na forma de pó	Sementes
Óleo extraído para cosméticos	Sementes
Óleo extraído para fins medicinais	Sementes e frutas
Comercial	
Artesanato	Troncos, sementes e folhas
Cestas, sacos, etc.	Folhas
Fibras	Folhas
Frutas	Frutas
Óleos (extrato de frutos, sementes)	Sementes
Sementes	Sementes

Fonte: Adaptada de Zambrana et. al. (2007) e Ferreira (2005)

Várias espécies de palmeiras são importantes para a agricultura e economia do Brasil, principalmente pela produção de palmito, frutos, óleo, cera e produtos com fins medicinais. Entre as espécies cultivadas no País, destacam-se: açazeiro (produtora de palmito e frutos), coqueiro (produtora de frutos), dendezeiro (produtora de frutos para usos industriais), palmeira-real (produtora de palmito), pupunheira (produtora de palmito e frutos), tamareira (produtora de frutos), entre outras (KALIL FILHO et al., 2001; FERREIRA, 2005; ZAMBRANA et al., 2007; CORADIN et al., 2011). Essas são apenas algumas palmeiras utilizadas com outras finalidades além do ornamental e paisagístico; o Quadro 5 mostra algumas dessas palmeiras e seus derivados.

Quadro 5: Palmeiras e seus derivados



TUCUM - *Astrocaryum vulgare* (PALMPEDIA, 2016); a) Linha SOS Tucumã (LICHEE, 2016). Manteiga de Tucumã (MUNDO DOS ÓLEOS, 2016); Sabonete em barra de óleo de tucumã e hidratante de óleo de tucumã (ICHARMOSA, 2016). b) Anel Olho de Mel em Madeiras Jaqueira e Tucumã (ANIMALIA, 2016); Anel de Tucum (SÃO PIO, 2016); Aliança de ouro com semente de tucumã (INFOJOIA, 2016); c) Poltrona e banqueta Tucum (USECHE, 2016). Chaise CUZCO e Banqueta GURUPI (AMAZONIA, 2016); d) Renda filé, típica de alagoas e colares de fibra de tucum da Tucumarte (ARTESOL, 2016) e) Rede de fibra de Tucum (SANTOS, 2016). PIAÇAVA - *Attalea funifera* e *Leopoldinia piassaba* (Viveiro de Mudanças Nativas, 2016); f) Coberturas de Piaçava (PIAÇAVA, 2016); g) Fruteira Vitória Régia (MATOS, 2016); h) Jogo americano (Ê DENDE, 2016); i) Cestaria Piaçava (DESIGNAR, 2016); j) Vassoura de piaçava (SAN MARCUS, 2016). k) Braceletes Piaçava (BOOSE, 2016). CARNAÚBA - *Copernicia prunifera* (TERAPIA DOS CAMINHOS, 2016); l) Lustra Móveis com Cera de Carnaúba (Extra, 2016); Shampoo Reconstitutor Carnaúba (RED SAN, 2016); Máscara para cílios preto cera de carnaúba (ELIZABETH'S, 2016); m) coberturas com palha e madeira de carnaúba (PALAVRASPARAQUE, 2016); n) Velas terapêuticas de cera de carnaúba (Beauty, 2016). Parafina de Carnaúba (GRAN, 2016); o) Cera para carros (MIROMI, 2016); p) Ventilador de palha de carnaúba (CONSTREVE, 2016); Bolsas e carteiras em palha de carnaúba (CAATINGA, 2016). Buriti - *Mauritia flexuosa* (LUIZ, 2016); Geleia de Buriti (CHEF MINEIRIM, 2016); Sorvetes Buriti (FRUTOS DO BRASIL, 2016); r) Carteira e tênis de fibra de Buriti (OUS, 2016); Bolsa Carteira em Palha de Buriti (ELO 7, 2016); Produtos de beleza da Natura Ekos de buriti (REVISTA NATURA, 2016); t) Bolsa Palha Buriti Pequena (ELO 7, 2016); Chapéu e bolsa em palha de buriti (CHÁ DE MULHER, 2016); Estofado com acabamento com talo e fibra de Buriti (CAIXACHEIAE INTERIORES, 2016).

2.3.3 Palmeira *Livistona chinensis* (N.J.Jacquin) R. Brown ex Mart.

A palmeira *Livistona chinensis*, pertence à família ARECACEAE, subfamília CORYPHOIDEAE (Burnett 1835:398), tribo LIVISTONEAE (DRANSFIELD et al., 2005), subtribo Livistoninae (Saakov 1954: 193), e gênero *Livistona*. É uma planta de crescimento lento, atingindo 15 metros de altura em seu habitat natural, presente em regiões tropicais, de clima subtropical e temperado, e desenvolve-se bem, tanto a pleno sol, como a meia sombra, além de crescer em vários tipos de solos. É nativa do sul do Japão, Taiwan e várias ilhas no Mar do Sul da China e por causa de suas folhas grandes caídas graciosamente são muitas vezes chamadas de “*fountain palm*” (LORENZI et al, 1996; STARR et al., 2003; BROCHAT, 2014).

A palmeira *Livistona chinensis* (Figura 4a), foi pioneira no cultivo em vasos e é frequente em parques e jardins, como planta isolada, em grupos ou fileiras e caracteriza-se pelo tronco simples anelado, fissurado e sulcado. As folhas são grandes, sua lâmina é circular, em forma de leque, com aproximadamente 1,2 a 2m de comprimento, numerosas, divididas até a base em segmentos finos (LORENZI et al, 1996; STARR et al., 2003; DOWE, 2009).

A inflorescência (Figura 4b) é ramificada, dispostas de maneira pendente entre as folhas (LORENZI et al, 1996; STARR et al., 2003; BROCHAT, 2014).

O pecíolo (Figura 4c-seta vermelha) mede cerca de 2m de comprimento, sua base, onde se junta ao tronco é mais ampla e mais plana do que a parte distal onde se junta à folha, provido com espinhos nas margens e bainha fibrosa marrom na base, que é o objeto de estudo deste trabalho, que vai contornando o caule como se estivesse abraçando o mesmo, formando uma bainha (MEDINA, 1959; LORENZI et al, 1996).

Os frutos (Figura 4c - seta amarela) são ovóides ou elipsóides, verdes azulados, com polpa alaranjada durante a maturação (LORENZI et al., 1996; STARR et al., 2003; BROCHAT, 2014).

A reprodução de *Livistona chinensis* dá-se por meio de mudas e multiplica-se por sementes que germinam, na média, em 70 dias (LORENZI et al, 1996) apresentam alta porcentagem de germinação, independentemente da temperatura e do regime de luz (KOBORI et al., 2009).

Figura 4: Palmeira *Livistona chinensis*.

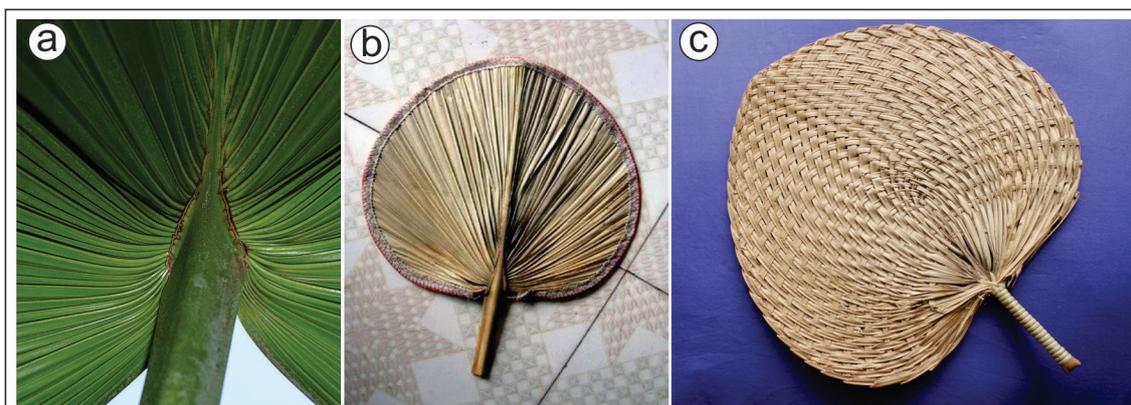


a) Palmeira *Livistona chinensis*; b) Inflorescência; c) Pecíolo indicado pela seta vermelha e frutos indicados pela seta amarela; ampliação mostrando os frutos ainda verdes; d) base do pecíolo envelhecido indicada pela seta amarela- provida com bainha fibrosa indicado pela seta vermelha. Fonte: Autora (2018).

As sementes têm sido muito utilizadas clinicamente na China, durante séculos, para tratar vários tipos de câncer, tratamento do cancro gástrico, carcinoma nasofaríngeo, leucemia e outras doenças (YAO et al., 2012; LIN et al., 2014). Das raízes de *Livistona chinensis*, são extraídos compostos fenólicos que agem como antioxidantes e são utilizados no tratamento da osteoporose (ZENG et al., 2014).

Na china as folhas jovens são utilizadas na produção de leques (Figura 5) e chapéus e na Índia norte - oriental, as nervuras das folhas são usadas para fazer vassouras (NATESC, 2012).

Figura 5: Artesanato produzido com a folha da Palmeira *Livistona chinensis*.



a) Junção do pecíolo e a lâmina da folha; b e c) leques produzidos com a folha jovem da palmeira. Fonte: Natesh, 2012.

Uma exsicata¹⁰ dessa espécie de palmeira, testemunho deste trabalho, está depositada no Herbário do Instituto de Biociências, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, sob o registro ICN 186591.

2.4 CONFORTO TÉRMICO E ACÚSTICO

Conforto ambiental envolve além da temperatura, a acústica, a iluminação e o visual do ambiente; a definição de conforto térmico segundo ASHRAE 55 (1992) é uma condição psicológica e está relacionada à satisfação com as condições térmicas de um ambiente, que envolve parâmetros influenciados por processos físicos, fisiológicos e psicológicos. A qualidade térmica do ambiente está relacionada ao consumo de energia elétrica, e esta representa um insumo vital, e a necessidade de reduzir o uso deste insumo é grande.

Eficiência energética associada a materiais de fontes renováveis, que permitam criar ambientes termicamente confortáveis e busquem satisfazer as necessidades de conforto, é uma alternativa que ajuda a otimizar a sustentabilidade nos ambientes. E algumas formas de analisar a eficiência relacionada ao conforto térmico e acústico dos materiais é conhecendo o seu índice de condutividade térmica, o índice de absorção acústica e também com auxílio da termografia de infravermelho.

¹⁰ Instituto Botânico Plantarum: plantas secas, organizadas e preservadas segundo um sistema determinado.

➤ Condutividade térmica

A condutividade térmica de um material é uma propriedade física que descreve a habilidade desses de conduzir calor, e o coeficiente de condutividade térmica (λ) é definido como a propriedade física de um material homogêneo e isotrópico, no qual se verifica um fluxo de calor constante, com densidade de 1 W/m^2 , quando submetido a um gradiente de temperatura uniforme de 1 Kelvin por metro (NBR 15220-1). Conforme a NBR 15220 2, o coeficiente de condutividade térmico de materiais utilizados com o fim de proporcionar conforto térmico variam entre $0,045 \lambda$ (lã de rocha) e $0,030 \lambda$ (espuma de poliuretano).

➤ Termografia infravermelha

A termografia infravermelha é uma técnica que consiste na captação de imagens de calor (termogramas), não visíveis pelo olho humano, emitida pela superfície do material sem a necessidade de contato, e segundo Mendonça (2005), todos os objetos emitem radiação infravermelha, e esta intensidade da radiação depende de dois fatores: a temperatura do objeto e a emissividade (capacidade do objeto de emitir radiação eletromagnética). Quanto mais quente está o objeto, maior a radiação.

A termografia infravermelha pode ser classificada em ativa e passiva; na passiva nenhuma estimulação artificial é utilizada, existe apenas uma diferença natural de temperatura entre o objeto e o meio onde ele está inserido; na termografia ativa, um estímulo externo é necessário para gerar diferenças relevantes de temperatura (MALDAGUE, 2002).

Segundo Mendonça (2005), todos os objetos emitem radiação infravermelha, e esta intensidade da radiação depende de dois fatores: a temperatura do objeto e a emissividade (capacidade do objeto de emitir radiação eletromagnética). Quanto mais quente está o objeto, maior a radiação.

➤ Absorção acústica

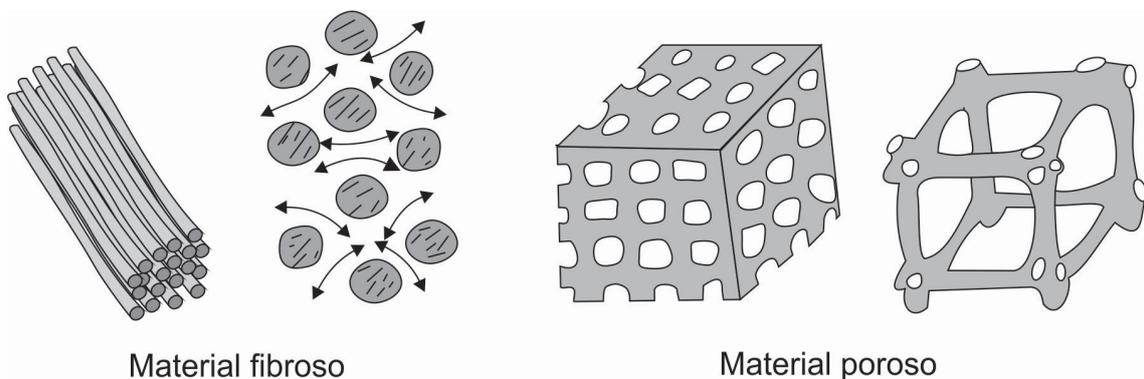
A acústica é a ciência do som, incluindo sua geração, transmissão e efeitos. O som é a sensação produzida no sistema auditivo; o ruído é uma

classe de sons¹¹, que são considerados indesejados, e em algumas situações pode prejudicar a saúde e o bem-estar de indivíduos ou populações(BISTAFA, 2011).

Segundo Bistafa (2011) quando o som incide sobre uma superfície, uma parte da energia sonora é refletida, enquanto a outra parte, a qual desaparece atrás da superfície, se compõe de duas parcelas: a energia sonora dissipada e a energia sonora transmitida pela parede, e a medida da capacidade de uma superfície em absorver som é dada pelo *coeficiente de absorção sonora* (α).

Conforme Bistafa (2011) os materiais utilizados para absorver o som são fibrosos ou porosos (Figura 6) e esta absorção se dá pela dissipação de energia acústica por atrito, devido ao movimento das moléculas de ar no interior do material, quando ocorre a passagem da onda sonora, assim, um bom material absorvente permite às partículas do ar penetrar e se movimentarem em seu interior.

Figura 6: Estrutura de materiais fibrosos e porosos.



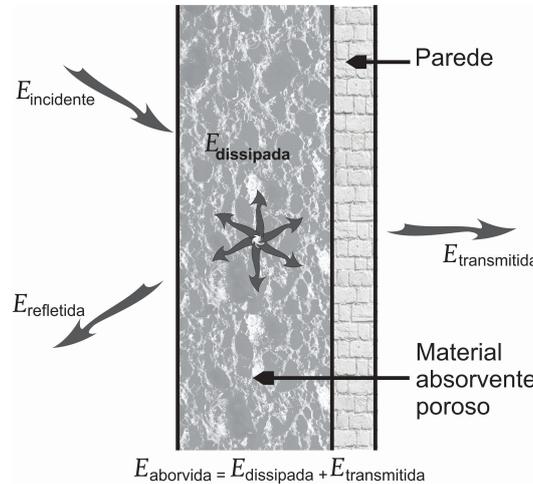
Fonte: Adaptada de Bistafa (2011).

Para dissipar toda a energia sonora nos materiais porosos/fibrosos, estes devem ser aplicados sobre uma superfície sólida (Figura 7) assim a onda refletida se combina com a onda incidente, gerando uma *onda estacionária* na frente da parede que interage com o material absorvente, provocando a

¹¹Sons são vibrações das partículas do ar que se propagam a partir de estruturas vibrantes; mas nem toda a estrutura que vibra gera som (BISTAFA, 2013).

dissipação por atrito da energia sonora na estrutura porosa/fibrosa do material e que, por último, se degrada em calor (BISTAFA, 2011).

Figura 7: Balanço energético do som que incide sobre uma superfície



Esquema indicando o balanço energético do som quando incide em uma superfície porosa/fibrosa; Fonte: Adaptada de Bistafa (2011)

Com a presença da parede, a energia sonora transmitida é pequena se comparada com a energia sonora dissipada na estrutura do material poroso/fibroso, sendo a dissipação estrutural o principal mecanismo de absorção sonora. Considera-se então, que nos materiais absorventes porosos/fibrosos instalados sobre superfícies sólidas $E_{\text{absorvida}} = E_{\text{dissipada}}$. Assim, o parâmetro que determina as características de absorção acústica de um material (coeficiente de absorção acústica (α)) é definido como sendo a razão entre a energia acústica absorvida e a energia acústica incidente (BISTAFA, 2011).

MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo são abordados os materiais e os métodos utilizados na pesquisa. Segundo Ashby e Johnson (2011) cada material tem um conjunto de atributos ou propriedades e a combinação que caracteriza um dado material, é o seu perfil de propriedades, que são montados por ensaios sistemáticos. Com relação aos materiais, são apresentadas informações referentes à bainha fibrosa, como foi extraída e sua estrutura. Com relação aos métodos são apresentados os instrumentos e técnicas que foram empregadas na caracterização, descrevendo os ensaios e as análises realizadas; a Figura 8 representa o fluxograma das etapas, métodos e ensaios realizados na caracterização da bainha fibrosa de *Livistona chinensis*.

Figura 8: Fluxograma da realização das etapas.



3.1 MATERIAIS

As amostras utilizadas nos ensaios foram obtidas em diferentes regiões do Rio Grande Sul: a amostra 1 de bainha fibrosa de *Livistona chinensis* utilizada neste estudo foi obtida no município de Pelotas, região Sul do Estado do RS; as amostras 2 e 4 foram obtidas no município de Santo Cristo, região noroeste do Estado do RS; a amostra 3, foi obtida no município Porto Alegre, região Leste do Estado do RS. Todas as análises foram realizadas com a bainha *in natura*. A bainha fibrosa foi obtida pela retirada da base do pecíolo envelhecido, e a extração pode ser feita manualmente (Figura 9). Anualmente podem ser extraídas, em média, 400 g de bainha fibrosa de cada indivíduo adulto de *Livistona chinensis*.

Figura 9: Processo de extração manual da amostra da bainha fibrosa.



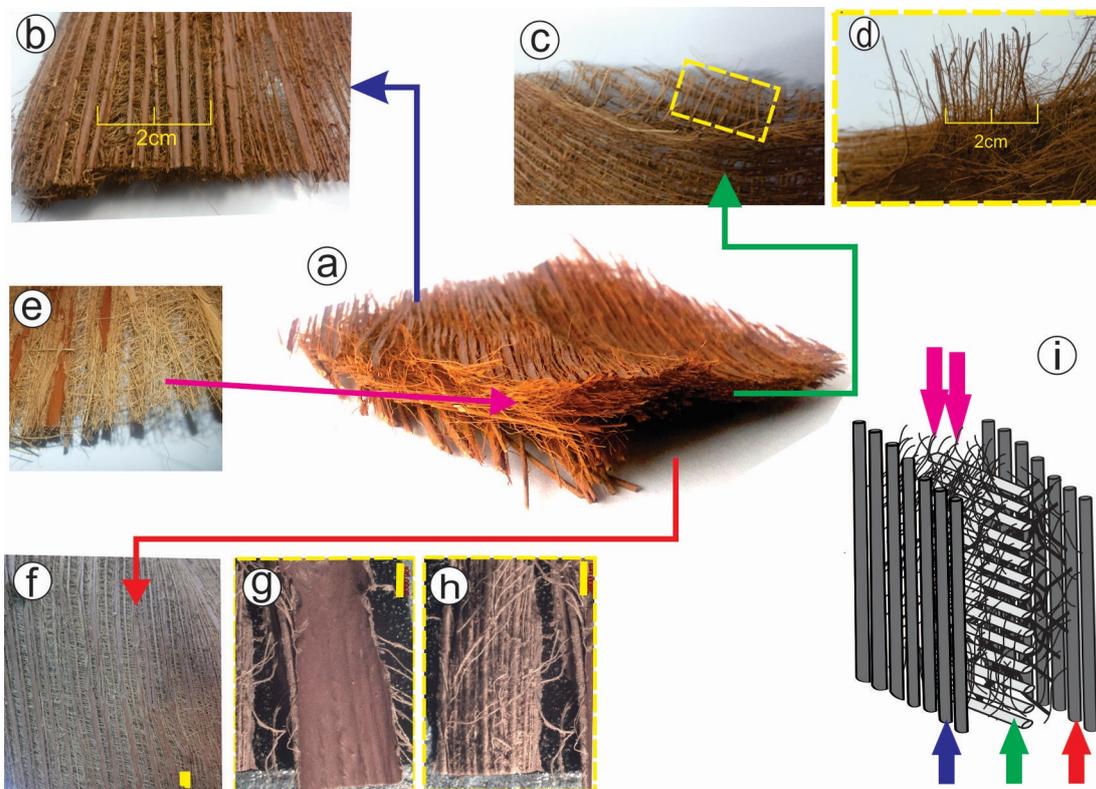
a) Base do pecíolo (seta verde) sendo retirado manualmente, seta azul mostra a bainha fibrosa indicando a superfície 1; b) Amostra da bainha fibrosa medindo 68 cm x 40 cm, seta vermelha indica parte que fica presa ao caule. Pontilhado amarelo, detalhe ampliado. Fonte: Autora (2018).

A bainha fibrosa é constituída de uma organização em camadas, e para facilitar o entendimento dos ensaios realizados, denominamos aqui, essas camadas como sendo Superfície 1, localizada na parte externa em relação ao tronco, Camada interna e Superfície 2, localizada na parte interior em relação ao tronco. A bainha fibrosa é uma extensão da base do pecíolo que vai abraçando o tronco e sendo assim, a orientação das fibras que compõem essas camadas é variada. Além disso, dessas fibras, saem ramificações que se entrelaçam e unificam toda a estrutura, formando uma manta plana, porosa

e flexível (Figura 10). Essa ordenação em camadas é responsável pela estrutura do material.

A superfície 1 é constituída por fibras de diâmetros variados, entre 163 μ m e 1846 μ m; a camada interna é constituída por fibras de diâmetros que variam de 132 μ m a 658 μ m (359 ± 136), e a superfície 2 é constituída por fibras que variam de 86,71 μ m e 340,56 μ m ($180,96 \pm 59,84$). O método de obtenção do diâmetro das fibras está descrito no item 4.1.5. Um esquema da estrutura e disposição das camadas que compõe a bainha fibrosa é apresentado na Figura10i.

Figura 10: Estrutura da bainha fibrosa.



a) Bainha fibrosa de *Livistona Chinensis*; b) superfície 1; c) camada interna; d) detalhe das fibras que compõe a camada interna; e) fibra entrelaçadas; f) superfície 1; g) epiderme presente na superfície 2 (linha amarela 2000 μ); h) interior da bainha fibrosa presente na superfície 2 (linha amarela 2000 μ); i) esquema (vista explodida) da estrutura da bainha fibrosa – seta azul indica a superfície 1, seta verde a camada interna, seta vermelha indica a superfície 2, setas rosa indicam as ramificações. Fonte: Autora (2018).

3.2 MÉTODOS DE CARACTERIZAÇÃO

3.2.1 Microscopia eletrônica de varredura - MEV / EDS

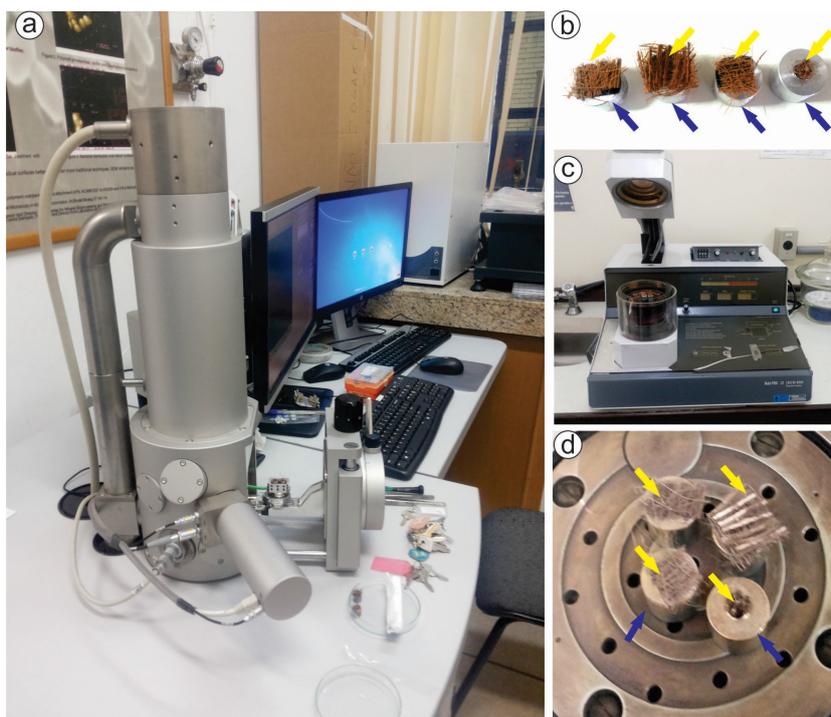
Segundo Dedavid et al. (2007) o microscópio eletrônico de varredura (MEV) é um equipamento que fornece informações sobre a morfologia de amostras analisadas. As imagens são obtidas por meio de um feixe de elétrons, sob condições de vácuo que permitem explorar a superfície da amostra (DUARTE et al., 2003).

O Espectrometria de Energia Dispersiva de Raios-X (EDS), é um detector que pode ser acoplado ao MEV, o qual possibilita a determinação da composição qualitativa e semi-quantitativa das amostras, a partir da emissão de raios X característicos. Dentre as vantagens do sistema EDS destacam-se os perfis e mapas químicos, que identificam e quantificam a composição de uma área da amostra exposta ao feixe de elétrons (DUARTE et al., 2003).

Essas análises foram realizadas no Laboratório de Processamento Mineral – LAPRON, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, modelo VEGA3, marca TESCAN, tensão e aceleração do feixe de elétrons de até 30kV (Figura 11a), e gera imagens eletrônicas do tipo SE (*secondary electron*). Este equipamento possui acoplado o sistema de EDS (*Energy Dispersive System*) e possibilitou a determinação da composição do material e distribuição espacial de elementos químicos.

Para a visualização da estrutura morfológica, a amostra *in natura*, foi segmentada, fixada nos *stubs* e em seguida foram metalizadas. Este procedimento foi realizado no Centro de Microscopia da Eletrônica da UFRGS, em um metalizador marca BAL-TEC, modelo SCD50 Sputter Coater (Figura 11c).

Figura 11: Ensaio de microscopia eletrônica de varredura (MEV).



a) Equipamento VEGA3 TESCAN utilizado na microscopia eletrônica de varredura; b) secção de fibras (seta amarela) fixadas com fita adesiva nos porta-amostras (*stubs* - seta azul); c) Metalizador BAL-TEC SCD50 Sputter Coater; d) amostras metalizadas (seta amarela) fixadas nos porta-amostras (*stub* - seta azul).Fonte: Autora (2018).

3.2.2 Microtomografia de raios X (microCT)

A microtomografia de raios X (microCT) é uma técnica não destrutiva de imagiologia radiográfica que pode produzir imagens 2D da estrutura de um material com uma resolução espacial maior do que 1 micrometro, a qual permite várias leituras a serem feitas da mesma amostra em condições diferentes (LANDIS; KEANE, 2010). Seus componentes principais são uma fonte de raios-X, o palco (que gira 360° em torno do seu eixo) e um detector de raios-X; sua técnica utiliza-se de um conjunto de projeções bidimensionais de um objeto, obtidas através da irradiação de raios-X, para reconstruir sua estrutura tridimensional, e essa reconstrução do volume tridimensional é resultado do empilhamento das imagens 2D em camadas (FENG et al, 2011).

Essas imagens podem ser consideradas mapas com informações diversas, onde cada uma delas mostra a cor ou intensidade do pixel de posição correspondente na imagem. A cor do pixel corresponde ao valor de atenuação

dos raios-X, o qual é correlacionado com a densidade do material. Regularmente as imagens são geradas em escala de cinzas, e que cada tom de cinza corresponderá a uma determinada densidade. Assim, o contraste da imagem obtida é característico da densidade da amostra, onde as regiões com maior brilho correspondem às de maior densidade, enquanto as mais escuras às de menor densidade (LANDIS; KEANE, 2010; HERMAN, 2009).

Para este ensaio foi utilizado um Microtomógrafo de Raios X, marca Shimadzu, modelo inspeXioSMX - 90CT, disponível no Centro Tecnológico de Pedras, Gemas e Jóias do Rio Grande do Sul (CT Pedras), localizado em Soledade, RS. Este ensaio foi realizado com a bainha fibrosa *in natura* (Figura 12).

Figura 12: Microtomografia da bainha fibrosa.



a) Equipamento de microtomografia de Raios-X inspeXio SMX-90CT; b) amostra da bainha fibrosa no porta amostra. Fonte: Autora (2018).

Alguns parâmetros foram estabelecidos para aquisição dos dados, mantendo a tensão de 80kV, variação da corrente de 20mA, e escala de 200 μm ; após aquisição, das microtomografias, essas foram exportadas para arquivos de extensão TIF, em um total de 228 fatias.

Os arquivos das tomografias foram carregados no *software* FIJI/ImageJ, para serem ajustados; este *software* é livre, de código aberto e usado para processamento e análise de imagens (SCHINDELIN et al, 2012). Inicialmente, as camadas foram ajustadas com relação ao brilho e ao contraste e, em seguida, o ruído das imagens também foi reduzido para facilitar a visualização da amostra analisada.

3.2.3 Densidade real por picnometria

A densidade real por picnômetro a hélio é uma técnica que permite a determinação do volume ocupado por uma determinada quantidade de material, através da comparação da variação da pressão de hélio na câmara da amostra e a de uma câmara de volume calibrado. O hélio é normalmente utilizado, porque, além de inerte, penetra facilmente nos poros das amostras, permitindo assim determinar o volume do sólido com mais rigor (MOURA; FIGUEIREDO, 2002; I&DT, 2017).

Este ensaio foi realizado no Laboratório de Processamento Mineral – LAPRON, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, utilizando-se um Multy Pycnometer Quantachrome Intruments – modelo MPU-5DC, com 17PSI. Este equipamento possui três tamanhos de células (porta amostras – H 75mm por D 50mm, com volumes de 88,63 cm³ para a célula grande, 11,42 cm³ para a célula média e 5,89 cm³ para a célula pequena), que podem variar conforme o tipo de amostra a ser analisada, sendo que para este ensaio foi utilizada a célula grande, a qual foi preenchida totalmente com fibras e em seguida foi pesada e levada ao equipamento para início do processo (Figura 13). O ensaio foi realizado em quatro amostras diferentes para efeitos de comparação.

Figura 13: Ensaio de densidade real por picnometria



a) Porta amostras disponíveis para o ensaio (pequena com volume de 5,89 cm³, média com 11,42 cm³ e grande com 88,63 cm³); b) porta amostras grande preenchido com a bainha fibrosa; c) porta amostra preenchido com a bainha fibrosa sendo pesado; d) Multipicnometro utilizado no ensaio. Fonte: Autora (2018).

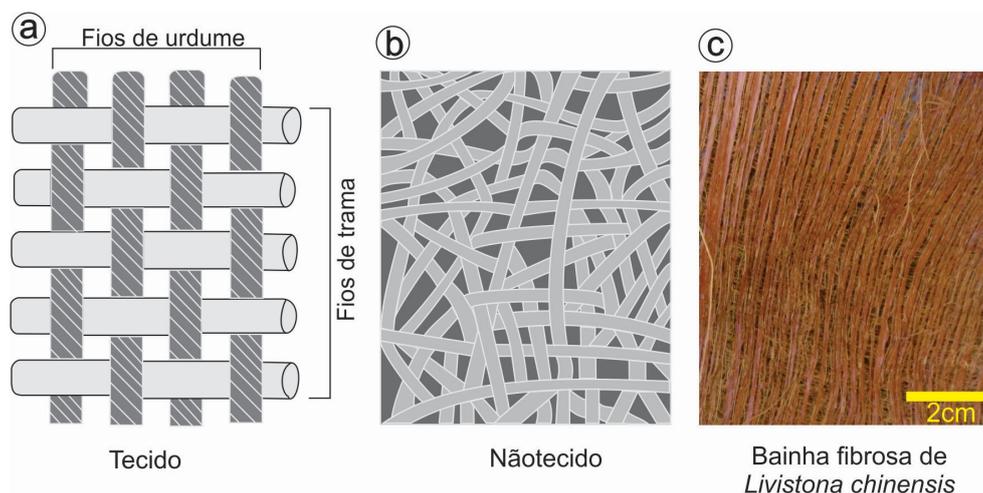
3.2.4 Gramatura

Para o cálculo da gramatura da bainha fibrosa de *Livistona chinensis*, foi utilizada a Norma NBR 12.984 - Determinação da massa por unidade de área de nãotecidos, que consiste no corte de no mínimo três corpos de prova, com área mínima de 10cm², pesados em balança digital, e a partir dos valores de massa (*m*) e da área superficial (*A em cm²*) de cada amostra, são determinadas as gramaturas por meio da equação 1:

$$G=(m/A)*10.000 \quad (1)$$

Segundo a NBR-13370, nãotecido é uma estrutura plana, flexível e porosa, constituída de véu ou bainha de fibras ou filamentos, orientados direcionalmente ou ao acaso, consolidados por processo mecânico (fricção) e/ou químico (adesão) e/ou térmico (coesão) e combinações destes. Já o tecido, conforme a ABNT/TB-392, é uma estrutura produzida pelo entrelaçamento de um conjunto de fios de urdidura (Figura 14 a,b).

Figura 14: Esquema ilustrando tecido, nãotecido e da bainha fibrosa de *Livistona chinensis*.



a) Esquema de um tecido; b) esquema de um nãotecido; c) amostra de bainha fibrosa de *Livistona chinensis*. Fonte: Adaptado de Maroni et al.(1999)

Em conformidade com a norma para a realização do ensaio foram utilizadas dez amostras de bainha fibrosa de *Livistona chinensis* com área de 100 mm x100 mm, pesadas individualmente em balança de precisão Quimis modelo Q-500L210C, no laboratório de Design e Seleção de Materiais – LdSM,

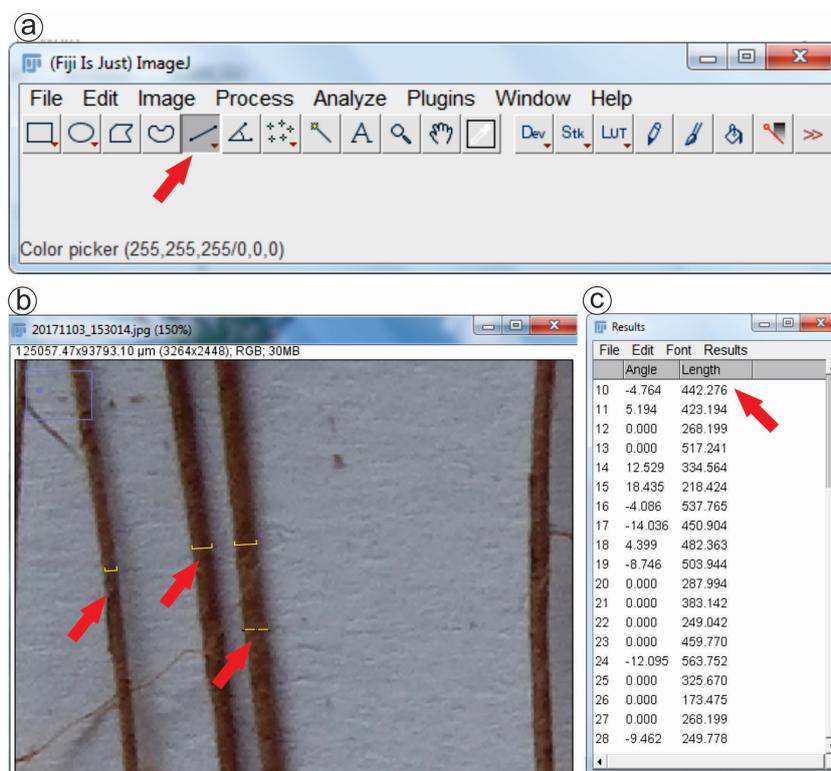
da UFRGS e os valores obtidos foram aplicados na fórmula e calculada a média.

3.2.5 Diâmetro das fibras

Para obtenção do diâmetro das fibras, as camadas foram individualizadas, e foram retiradas aproximadamente 100 unidades de fibras de cada, foram fotografadas, com auxílio de uma escala, separadamente e analisadas com o *software* FIJI/ImageJ (Figura 15). Após o dimensionamento, os valores foram colocados em uma planilha do Excel, obtendo-se os valores mínimos e máximos das fibras.

O comprimento das fibras não foi possível estabelecer, pois estes variam conforme a método de extração e idade da palmeira, que neste estudo não estão sendo considerados.

Figura 15: Tela capturada do *software* FIJI/ImageJ.



a) Barra de ferramentas do *Software* FIJI/ImageJ indicando a ferramenta utilizada na tomada de medidas das fibras (seta vermelha); b) tomada de medidas das fibras (seta vermelha); c) relação das dimensões dos diâmetros das fibras. Fonte: Autora (2018).

3.2.6 Análise Termogravimétrica - ATG

A caracterização térmica das fibras naturais é um parâmetro importante, pois pode influenciar diretamente sobre as propriedades do produto final desenvolvido. A análise termogravimétrica é uma técnica na qual a variação da massa da amostra é determinada em função da temperatura e/ou tempo, enquanto a amostra é submetida a uma programação controlada de temperatura (MATOS; MACHADO, 2003) que permite avaliar a estabilidade térmica do material e ajuda na determinação do limite máximo da temperatura de aplicação.

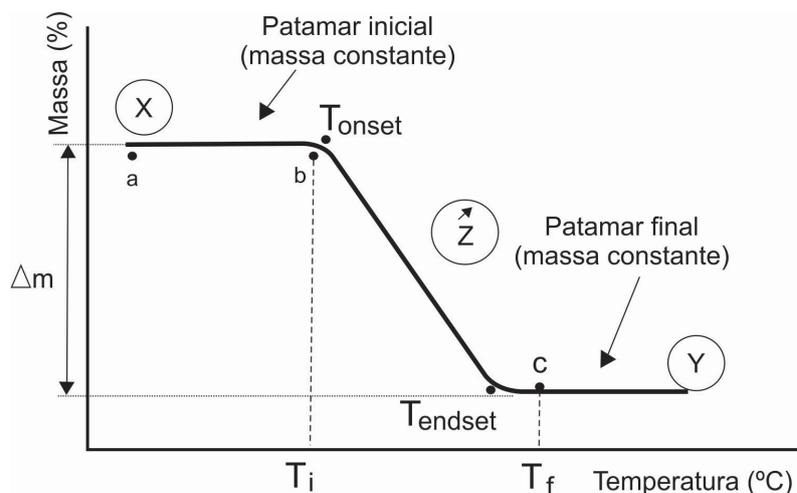
No método termogravimétrico convencional ou dinâmico, são registradas curvas de massa da amostra (m) em função da temperatura (T) ou do tempo (t), conforme a equação: $m = f(T \text{ ou } t)$, sendo essas curvas denominadas curvas termogravimétricas ou simplesmente TG (MATOS; MACHADO, 2003).

A Figura16 ilustra as características de uma curva TG obtida pela decomposição térmica que ocorre em uma única etapa, e observa-se que:

- A substância X é termicamente estável entre os pontos a e b (patamar inicial);
- No ponto b – correspondente a T_i – inicia o processo de decomposição térmica com a liberação do componente volátil Z .
- No ponto c - correspondente a T_f - há o término da decomposição térmica com a liberação total do componente volátil Z e a completa formação da substância Y , sendo termicamente estável a partir deste ponto (patamar final)
- O degrau bc , corresponde à diferença $T_f - T_i$ (intervalo de reação) permite obter dados quantitativos sobre a variação de massa sofrida (Δm) em relação ao eixo de ordenadas.

A temperatura *onset* (T_{onset}) é definida como o início extrapolado do evento térmico e *endset* (T_{endset}) correspondem ao final extrapolado do evento térmico (MATOS; MACHADO, 2004).

Figura 16: Características de uma curva TG para processo de decomposição térmica que ocorre em uma única etapa.



Fonte: Canevarollo JR (2002)

As análises foram realizadas no Laboratório de Materiais Cerâmicos – LACER, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, com um equipamento da marca Shimadzu, modelo TGA-50, com o objetivo de avaliar a energia de ativação do processo de degradação da bainha fibrosa de *Livistona chinensis*. Para este ensaio foram utilizadas quatro amostras *in natura*, a taxa de aquecimento foi de $10^\circ \text{C}/\text{min}$, em atmosfera de N_2/O_2 , partindo de temperatura ambiente até 700°C .

3.2.7 Composição química e umidade

Umidade é a perda, em peso, dada pela volatilização da água e de outras substâncias que são removidas por evaporação causada pelo calor. O resíduo obtido no aquecimento direto é chamado de resíduo seco e a quantidade de material residual após a remoção da água é a matéria seca.

As fibras devem ser moídas e neste trabalho foi utilizado um moinho de facas e o material foi selecionado por peneira de 18 mesh. Em seguida são separados cerca de 200 a 500 g (peso da amostra úmida) das amostras que são dispostas em uma bandeja, espalhadas de forma uniforme, e levadas à estufa de ar forçado a 60°C por 72 h. Após este período, são retiradas da

estufa e deixadas esfriar (equilibrar a temperatura ambiente) por aproximadamente 1 hora, então se toma novamente a massa (peso da amostra seca). Para obtenção da porcentagem de matéria parcialmente seca utiliza-se a equação abaixo (02):

$$\% \text{ matéria seca parcial} = \frac{\text{Peso da amostra seca}}{\text{Peso da amostra úmida}} \times 100 \quad (02)$$

A partir da matéria parcialmente seca, toma-se aproximadamente 2 a 3 g de amostra; anota-se o peso (P1), e novamente o material é colocado na estufa a 105 °C por 12 horas, sendo então retiradas e esfriadas por no mínimo 30 minutos, neste procedimento em dessecador. Após isso se toma novamente a massa (P2), e para obtenção da porcentagem de umidade e matéria seca utilizam-se as equações abaixo (03,04):

$$\% \text{ MS (matéria seca)} = \frac{P_2 \times 100}{P_1} \quad (03)$$

$$\text{Umidade} = 100\% - \% \text{ MS} \quad (04)$$

A composição química da bainha fibrosa de *Livistona chinensis*, objetiva determinar o teor de celulose, hemicelulose e lignina. Para as análises utilizou-se a metodologia proposta por Goering & Van Soest adaptada por Prates (2007), que permite fracionar os constituintes da fração fibrosa das plantas através de soluções detergentes com pH distintos. Algumas reações químicas e solubilidade da celulose, hemicelulose, lignina e extrativos podem ser observadas no Quadro 6.

Quadro 6: Solubilidade dos componentes dos materiais lignocelulósicos

Componentes	Características
Celulose	Insolúvel em água, mas é solúvel em ácido forte. A celulose cristalina não é solúvel em ácido fraco, somente a celulose amorfa.
Hemicelulose	Solúvel em ácido fraco e insolúvel em água
Lignina	É parcialmente solúvel em ácido fraco e solúvel em base forte.
Extrativos	Parte é solúvel em água e outra solúvel em solventes orgânicos.

Fonte: KLOCK et al, 2005.

O método de Goering & Van Soest, adaptado por Prates (2007) fornece um modo rápido para determinar a parede celular insolúvel e estimar seus

principais componentes: celulose, hemicelulose e lignina; e consiste em utilizar fibra em detergente neutro (FDN) que estima a porcentagem da parede celular (celulose, hemicelulose e lignina); fibra em detergente ácido (FDA) que estima a porção menos digestível da parede celular (celulose e lignina) e para a lignina foi definida por LDA (lignina em detergente ácido) também conhecido como lignina KLASON (PRATES, 2007).

➤ **Fibra em detergente neutro (FDN)**

Os equipamentos utilizados são: Aparelho de refluxo próprio para determinação de fibra, Forno Mufla (500 a 600 °C), bomba de vácuo, Becker tipo Berzelius de 600 ml, Cadinhos de vidro sinterizados e dessecadores com CaCl₂.

Preparação de reagentes: para 1 litro de solução, 30g de Lauril sulfato de sódio, 18,61 g de tetraacetato etilendiamina dissódico diácido (sal dissódico de EDTA), cristal di-hidratado, 4,56 g de fosfato dissódico monoácido, anidrito, 6,81g de borato de sódio decahidratado, 10 ml de 2-etoxietanol. Agita-se para dissolver e controla-se pH que deve estar entre 6,9 a 7,1.

➤ **Fibra em detergente ácido (FDA)**

Os equipamentos utilizados são os mesmos do FDN.

Preparação de reagentes: prepara-se primeiro o Ácido sulfúrico 1,0 N: Em um balão volumétrico de 1 litro, colocar água destilada até a metade. Adicionar com o auxílio de uma proveta, 28,4 ml de ácido sulfúrico p.a (49,04 g), completar volume e deixar esfriar. Dissolver 20 g de CTAB (N- Cetil-N,N,N – Trimetil Amino Brometo) em um becker, usando 1 litro de ácido (H₂SO₄ 1,0N).

➤ **Determinação da lignina em ácido detergente (LDA)**

Também chamada de lignina KLASON, é obtida pelo tratamento da FDA, constituído basicamente de lignocelulose, quando tratado com ácido sulfúrico 72% solubiliza a celulose.

As análises foram realizadas em quadruplicata e o relatório fornecido pelo laboratório está no Anexo I.

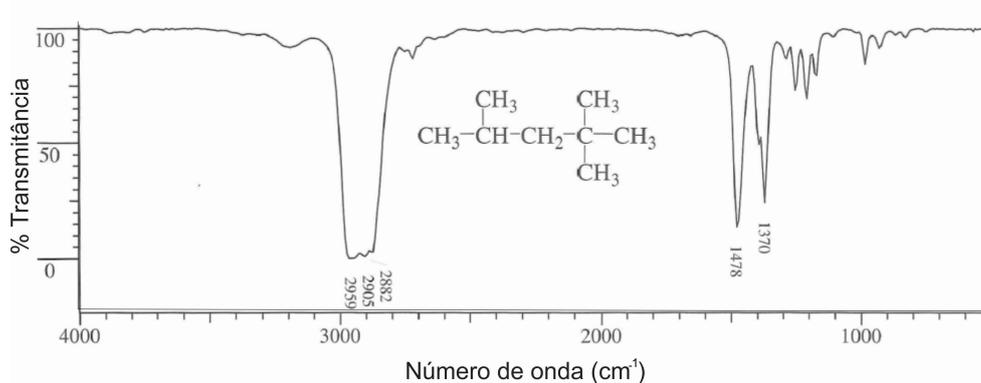
3.2.8 Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier - FTIR

A espectroscopia no infravermelho é uma análise não-destrutiva e pode ser usada em material orgânico e inorgânico que seja um composto ou contenha composto químico¹². Com a utilização do FTIR, é possível identificar os grupos funcionais na estrutura orgânica da amostra, isso é possível porque os átomos que compõe as moléculas possuem frequências específicas de que variam de acordo com a sua estrutura, composição e seu modo de vibração (KAWANO, 2003; SILVERSTEIN et al., 2007).

A irradiação incidente do infravermelho interage com as moléculas da amostra, originando os espectros. O espectro costuma aparecer como uma série de bandas ou picos, e é justamente a presença dessas bandas características de grupos que permite a obtenção de informações estruturais úteis para fazer a identificação de estruturas (SILVERSTEIN et al., 2007; PAVIA et al., 2010).

A análise mais usual é realizada utilizando-se um gráfico de transmitância por comprimento de onda (Figura 17); a transmitância é fração de luz incidente com um comprimento de onda específico; os números de ondas (μ ou μm), cuja unidade é cm^{-1} , são as posições das bandas no espectro de infravermelho (SILVERSTEIN et al., 2007).

Figura 17: Exemplo de espectro infravermelho.

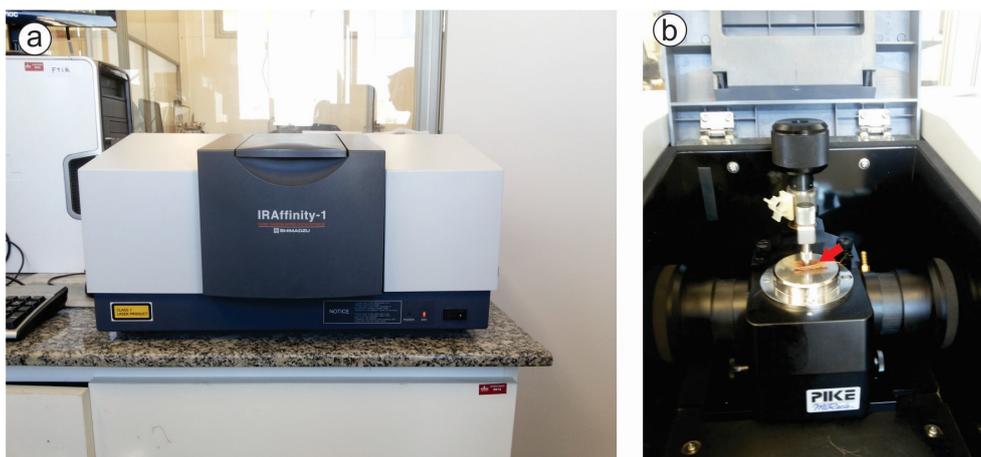


Espectro infravermelho de um hidrocarboneto ramificado. Fonte: SILVERSTEIN et al., (2007).

¹² São compostos químicos os que possuem carbono e hidrogênio na sua estrutura.

As análises de espectroscopia no infravermelho foram realizadas no Laboratório de Materiais Cerâmicos – LACER, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, com equipamento modelo IRAffinity-1, da Shimadzu (Figura 18), com a bainha fibrosa *in natura*, em quatro amostras diferentes.

Figura 18: Análise de Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier da fibra da Palmeira *Livistona Chinensis*.



Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier da bainha fibrosa de *Livistona Chinensis*. a) Equipamento IRAffinity-1, da Shimadzu utilizado no ensaio; b) ensaio sendo realizado com a bainha *in natura* (seta vermelha). Fonte: Autora (2018).

3.2.9 Difração de Raios X

A difratometria de raios-X é uma técnica de caracterização microestrutural de materiais cristalinos e sua principal aplicação é a identificação de compostos cristalinos, sejam eles inorgânicos ou orgânicos. Segundo Baumhardt Neto (2004), essa técnica utiliza o espelhamento coerente da radiação X, por estruturas organizadas (cristalinas), permitindo realizar estudos morfológicos nos materiais, determinando sua estrutura cristalina e sua fração (percentual) cristalina, e este índice de cristalinidade indica a quantidade de celulose que se encontra em estado cristalino, e pode ter influência significativa sobre as propriedades mecânicas do material (CALLISTER, 2006).

A difratometria de raios-X foi realizada no Laboratório de Materiais Cerâmicos LACER – UFRGS, em um Difratômetro de Raios-X, marca Philips, modelo X'Pert MPD, equipado com monocromador curvado de grafite e ânodo

fixo de cobre, operando a 40 kV e 40 mA. Intervalo de ângulos analisados de 5 a 75°. Passo utilizado de 5°/1s.

Para a realização das análises de difração de raios X, os materiais fibrosos de quatro amostras diferentes da bainha fibrosa de *Livistona chinensis* foram previamente moídos até obter-se um pó fino e para o cálculo dos índices de cristalinidade, utilizou-se o método de difratometria de raios X de Segal et al. (1959). Este método é um processo empírico que usa técnicas de ajuste e transmissão, medindo a intensidade de interferência no plano cristalino 002 e o espalhamento amorfo em $2\theta = 18^\circ$. O índice de cristalinidade é dado pela equação 05:

$$ICr = \frac{(I_{002} - I_{am})}{I_{002}} \times 100 \quad (05)$$

Onde:

ICr = índice de cristalinidade;

I_{am} = intensidade de difração amorfa;

I_{002} = intensidade máxima de difração.

3.2.10 Resistência à Tração

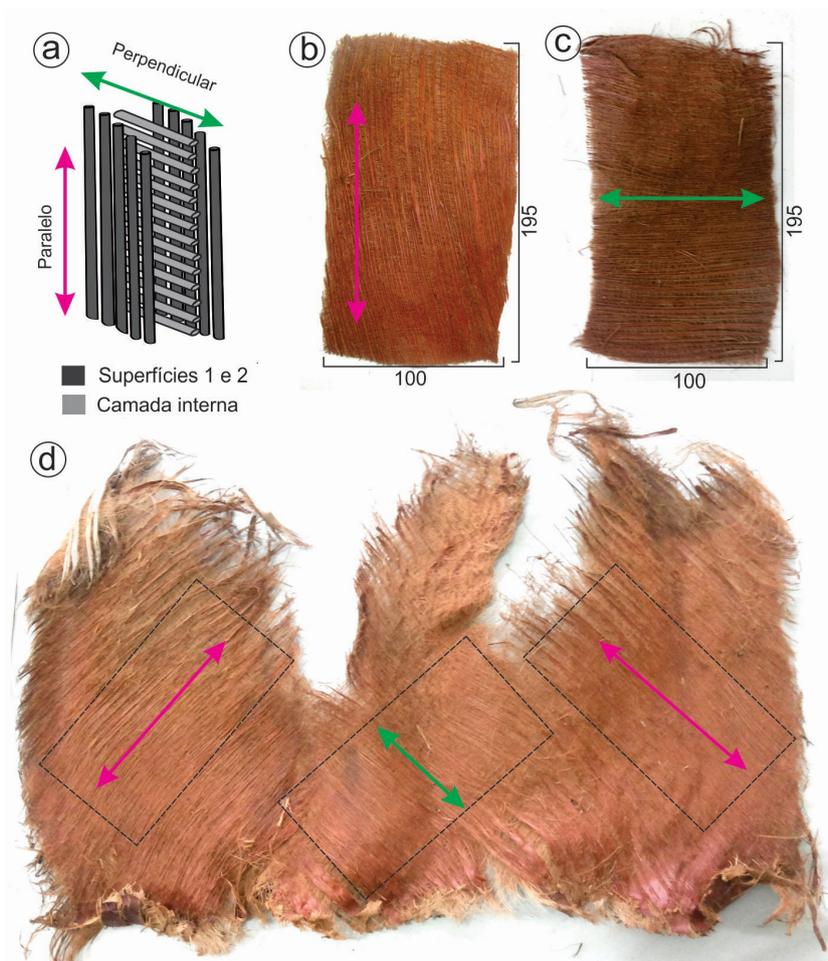
No ensaio de tração submete-se um corpo de prova a um esforço, que tende a alongá-lo até a sua ruptura. Estes ensaios são realizados em Máquinas Universais que recebem este nome por possibilitar a realização de diversos tipos de ensaios, onde o corpo de prova é fixado por suas extremidades nas agarradeiras do equipamento. No ensaio de tração, é provocada uma força axial para fora, de modo a aumentar o comprimento do corpo de prova (GARCIA et al., 2012).

Os corpos de prova têm características especificadas de acordo com as normas técnicas e, neste caso, a norma adotada para este ensaio será a ASTM D5034 - NBR 14727/01- Determinação da resistência à ruptura e alongamento em tecidos – Carga de ruptura e alongamento. A velocidade adotada foi de 5 mm/min e o carregamento foi contínuo até a ruptura das amostras.

O ensaio de tração da bainha fibrosa de *Livistona chinensis*, foi realizado em uma Máquina de Ensaio Universal EMIC DL2000 de garras pneumáticas, no Laboratório do Departamento de Engenharia Mecânica da Escola de Engenharia – Grupo de Mecânica Aplicada – GMAP - da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Abainha fibrosa de *Livistona chinensis*, possui uma estrutura em sentidos variados, por isso foi analisada a resistência à tração, no sentido paralelo e no sentido perpendicular em relação às camadas externas que compõe o material. Para facilitar o entendimento, o esquema ilustrado na Figura 19, indica a direção das camadas em relação ao ensaio e como as amostras foram retiradas da bainha fibrosa.

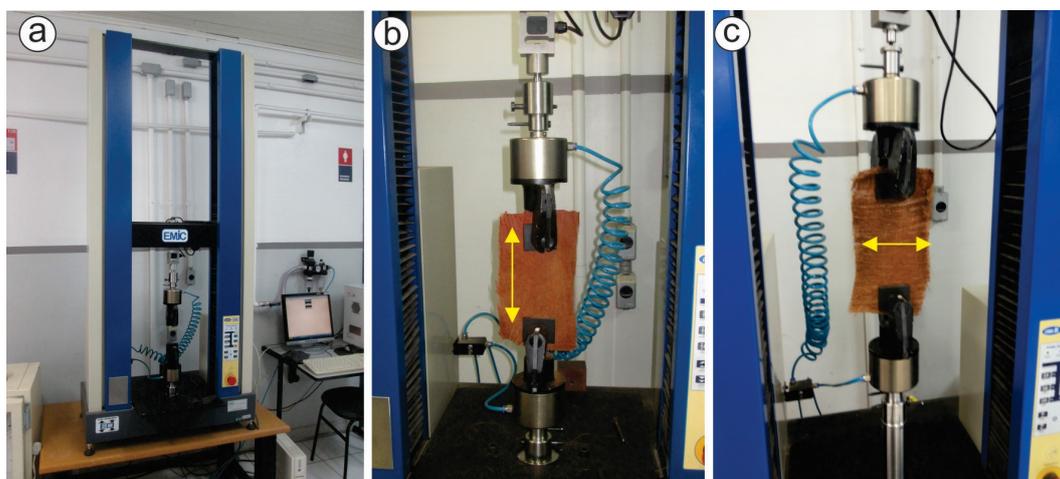
Figura 19: Sentido das camadas em relação ao ensaio.



a) Esquema indicando o sentido das camadas; b) amostra sentido paralelo (195x110 mm); c) amostra sentido perpendicular (195x110 mm); d) bainha fibrosa (68x40 cm) indicando como as amostras foram fracionadas. Fonte: Autora (2018).

Foram analisadas 10 amostras no sentido paralelo e 4 amostras no sentido perpendicular da bainha fibrosa de *Livistona chinensis*, com dimensões de aproximadamente 195 x 100 mm, e sendo o lado maior fixado nas garras (inferior e superior). O comprimento útil a ser analisado no ensaio foi de aproximadamente 110 mm. A Figura 20 ilustra o Equipamento de Ensaio Universal e as amostras já fixadas, sendo as garras de 39,9 mm de largura e 49,8 mm de comprimento.

Figura 20: Ensaio de tração sendo realizado na bainha fibrosa de *Livistona chinensis*.



a) Máquina de Ensaio Universal EMIC DL2000, utilizada no ensaio; b) bainha fibrosa (sentido paralelo) fixada nas garras pneumáticas; c) bainha fibrosa (sentido perpendicular) fixada nas garras pneumáticas. Fonte: Autora (2018).

3.2.11 Índice de condutividade térmica da bainha fibrosa

A condutividade térmica de um material é uma propriedade física que descreve a habilidade de conduzir calor, e o coeficiente de condutividade térmica (λ) é definido como a propriedade física de um material homogêneo e isotrópico¹³, no qual se verifica um fluxo de calor constante, com densidade de 1 W/m², quando submetido a um gradiente de temperatura uniforme de 1 Kelvin por metro (NBR 15220-1). A Tabela 3 apresenta o índice condutividade de alguns isolantes térmicos segundo a NBR 15220-2.

¹³Corpo cujas propriedades físicas são constantes, independentemente da direção cristalográfica considerada.

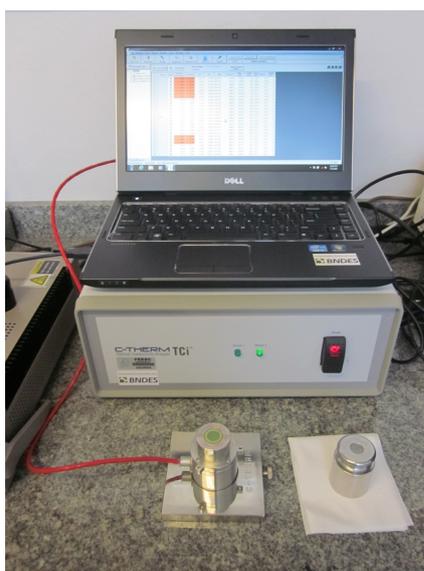
Tabela 3: Condutividade térmica (λ) de materiais.

Material	λ (W/(m.K))
Lã de rocha	0,045
Lã de vidro	0,045
Poliestireno expandido moldado	0,040
Poliestireno estrudado	0,035
Espuma rígida de poliuretano	0,030

Fonte: NBR 15220-2

O índice de condutividade térmica da bainha fibrosa foi realizado em um Condutímetro C-Therm TCi (Figura 21), com a bainha *in natura*, em duas amostras, em ambos os lados, com 10 repetições de cada lado. O ensaio foi realizado no Laboratório de Polímeros e Compósitos (POLICOM), do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina.

Figura 21: Condutímetro C-Therm TCi



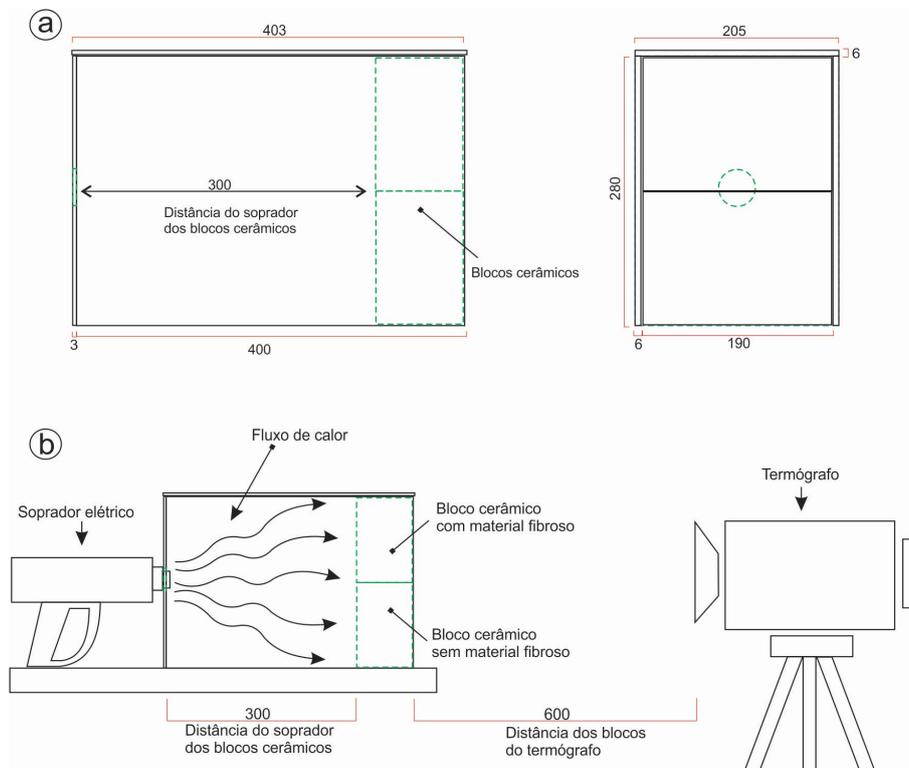
Fonte: POLICOM UFSC (2017).

O C-Therm TCi aplica um pulso de calor na superfície que está em contato com o sensor e monitora o aumento de temperatura decorrente desse pulso. A efusividade térmica do material é medida e a partir dela é calculada a condutividade térmica. A amostra do material tem um tamanho mínimo de 30 mm de diâmetro e não tem limite para o tamanho máximo e a faixa de medição de condutividade térmica é de 0 a 500 W/mK.

3.2.12 Termografia por infravermelho

O ensaio de termografia da bainha fibrosa foi realizado pelo método de estimulação ativa, no laboratório de Design e Seleção de Materiais – LdSM, da UFRGS, utilizando-se um termógrafo portátil Testo 890, blocos de cerâmica vermelha (tijolo comum furado – 6 furos) com dimensões de H14 x L19 x P9 cm, um soprador Seu 8005 e para canalizar o calor foi construída uma caixa de MDF (*Medium Density Fiberboard*); a Figura 22 mostra uma representação esquemática da caixa utilizada para canalizar o calor, o processo de aquecimento das amostras e tomada de medidas.

Figura 22: Representação esquemática do ensaio termográfico.



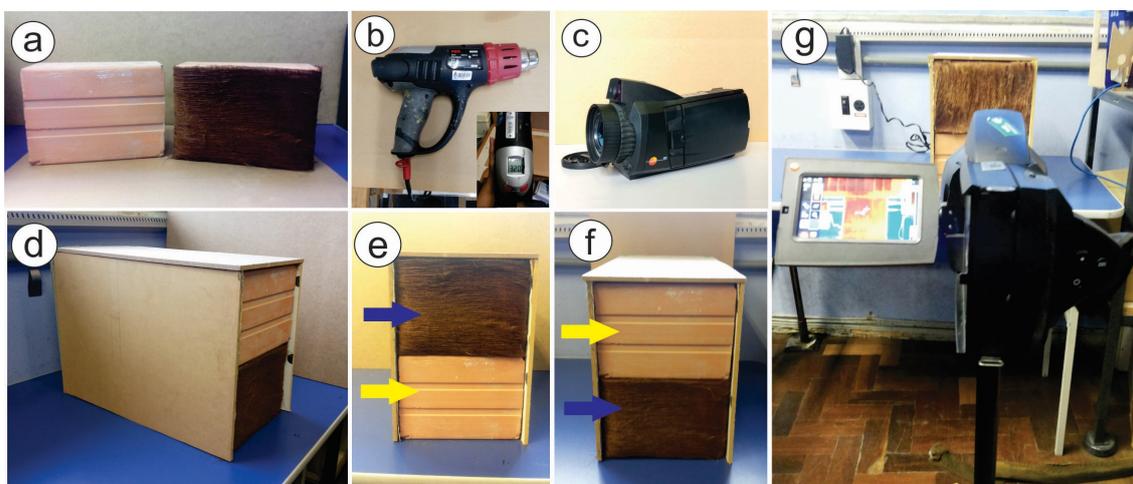
a) Esquema da construção da caixa em MDF (*Medium Density Fiberboard*) de 6 mm com dimensões de H280 x L205 x P403 mm, utilizada para canalizar o calor, indicando a distância do soprador da posição dos blocos cerâmicos; b) esquema indicando a posição do soprador e a distância do termógrafo em relação aos blocos. Fonte: Autora (2018).

Para o início do ensaio, um dos blocos foi revestido em uma das faces com a bainha fibrosa, fixada com fita adesiva dupla face, em seguida foram postos um sobre o outro, fechando a frente da caixa. O soprador foi fixado atrás da caixa para espalhar o calor nos blocos cerâmicos a uma distância de

30 cm da parte posterior das amostras, e essas permaneceram a uma distância de 60 cm do equipamento de termografia. A temperatura ambiente no momento da medição foi de 24°C. As imagens termográficas foram captadas da face frontal dos blocos aos 10, 30 e 45 minutos de aquecimento e analisadas pelo *software* Testo IRSoft, específico do fabricante.

Foram realizados ensaios com os blocos de forma alternada e com 1, 2 e 3 camadas de bainha fibrosa (Figura 23 a,g).

Figura 23: Ensaio de termografia.



a) Blocos cerâmicos utilizados no ensaio, um deles coberto por bainha fibrosa; b) soprador Skil; c) Termógrafo portátil Testo 890 ; d) caixa de MDF para canalizar o calor; e) termógrafo posicionado a 60 cm dos blocos cerâmicos; e,f) blocos cerâmicos posicionados para o início do ensaio indicando a posição das fibras; g) termógrafo posicionado a 600mm de distância dos blocos cerâmicos captando imagens termográficas. Fonte: Autora (2018).

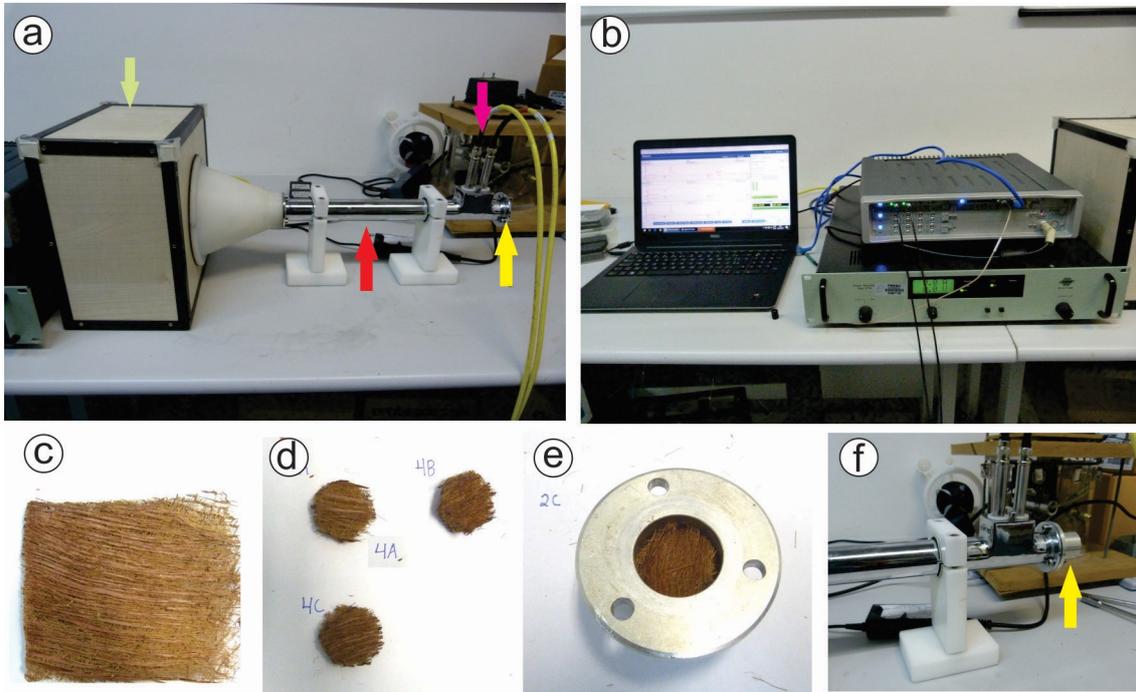
3.2.13 Absorção acústica

Para a medição do coeficiente de absorção sonora existem dois métodos basicamente: em uma câmara de testes especial, denominada de câmara reverberante; e o tubo de impedância. Este trabalho irá determinar coeficiente de absorção sonora da bainha pelo método que utiliza o tubo de impedância.

O tubo de impedância ou tubo de onda estacionária (Figura 24) consiste de um tubo de parede rígida onde numa das extremidades é colocado um alto-falante e a outra extremidade é fechada por uma tampa, onde se posiciona a amostra do material a ser analisada, um gerador de sinais ligado a um

amplificador que está ligado ao alto falante, uma placa de aquisição de dados, um computador que possua um *software* com um analisador digital de sinais e um microfone ligado a um amplificador.

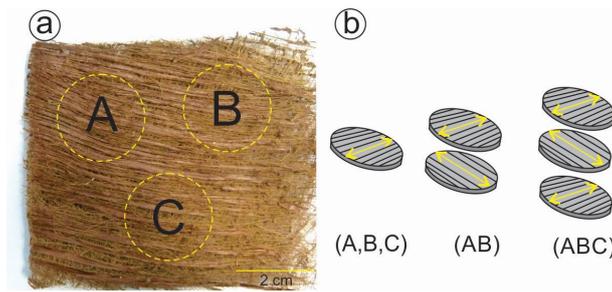
Figura 24: Ensaio de absorção acústica.



a) Tudo de impedância: seta verde - alto falante; seta vermelha – tubo; seta rosa – microfones; seta amarela – suporte para fixação do porta amostras; b) equipamentos e computador utilizados na aquisição dos dados; c) amostra antes de ser fracionada; d) amostras fracionada (2,4 cm cada) para realização do ensaio; e) amostra já inseridas no porta amostras; f) porta amostras fixado no tubo. Fonte: Autora (2018).

O objetivo do ensaio de acústica da bainha fibrosa é saber o coeficiente de absorção acústica (α) do mesmo para sua possível utilização *in natura*. Para isso, o ensaio foi realizado com quatro amostras retiradas de diferentes partes do não tecido e fracionadas em pequenas circunferências de 2,33 cm (tamanho do porta-amostra) e o ensaio foi realizado com uma, duas e três camadas, sobrepostas (Figura 25). O ensaio foi realizado no Laboratório de Vibrações e Acústica - LVA, do Departamento de Engenharia Mecânica – EMC, da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC com variação de frequência de 200 Hz até 6000 Hz (frequência permitida pelo tudo de impedância).

Figura 25: Esquema indicando como as amostras foram sobrepostas no ensaio de absorção acústica.



Uma das amostras utilizadas no ensaio de absorção acústica; b) esquema indicando como as amostras foram sobrepostas. Fonte: Autora (2018).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo são apresentados os resultados da caracterização da bainha fibrosa de *Livistona chinensis*, descrevendo detalhes morfológicos, assim como as propriedades químicas e físicas.

4.1 RESULTADOS E DISCUSSÕES DA CARACTERIZAÇÃO DA BAINHA FIBROSA DE *LIVISTONA CHINENSIS*

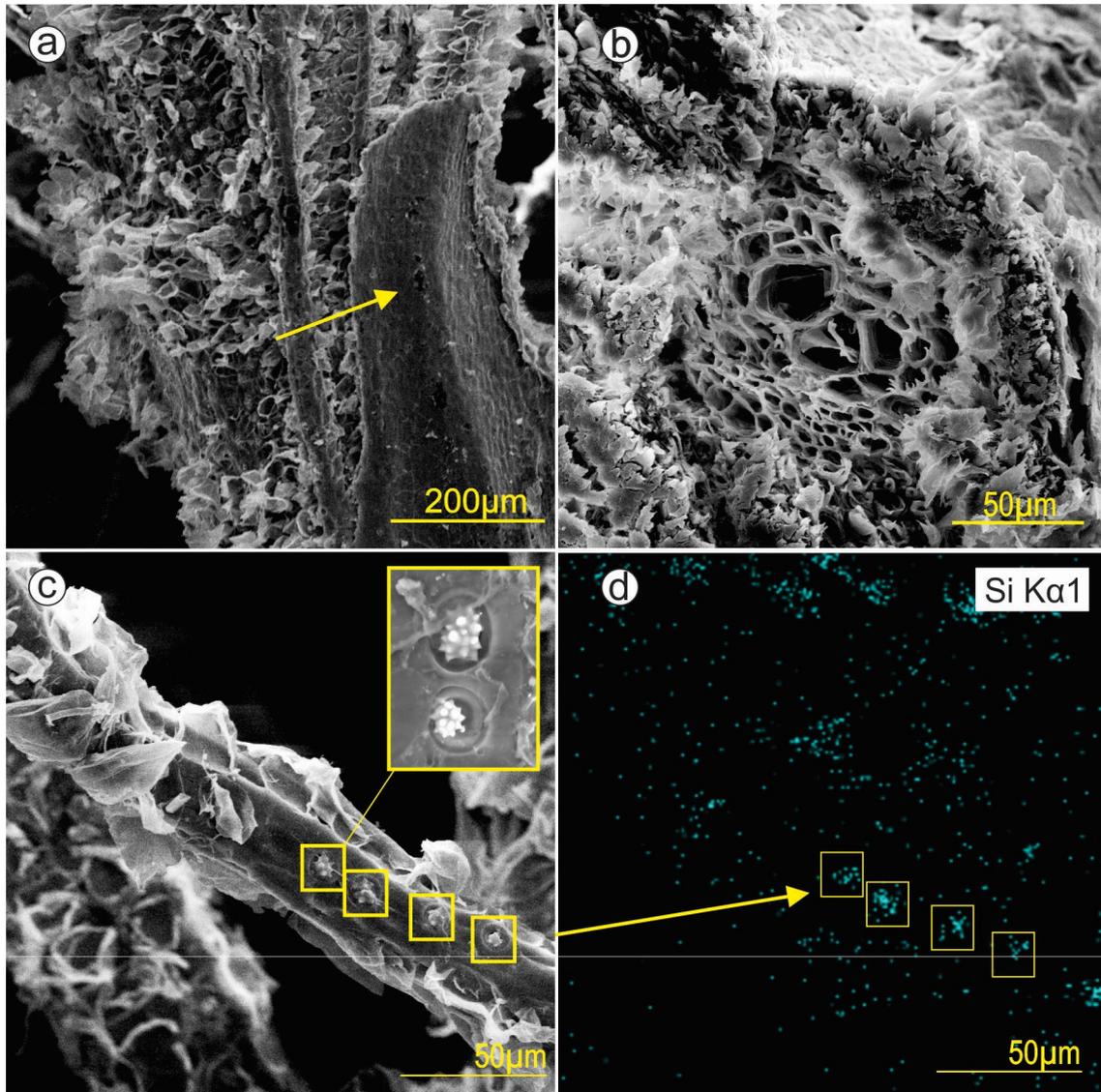
4.1.1 Microscopia eletrônica de varredura - MEV / EDS

A morfologia da bainha fibrosa de *Livistona chinensis*, pode ser visualizada na Figura 26. Seu aspecto externo indica presença de células epidérmicas que estão cobertas por cutícula. Essa cutícula é uma película depositada pelas células na unidade mais externa da bainha fibrosa e é formada por cutina, substância impermeável à água, e que também tem função de ser uma barreira contra fungos, bactérias e insetos (ALQUINI et al., 2006). Percebe-se ainda, células da bainha perivascular e restos de células do parênquima fundamental que compõem a bainha fibrosa, que se desprendem do tecido em resposta ao processo de senescência que corre na planta e o corte transversal realizado na amostra possibilitou a visualização dos feixes vasculares, compostos por elementos condutores (xilema e floema).

Ao longo da bainha perivascular, observam-se pequenos cristais multifacetados, constituídos por sílica, que compõem um estegmato - células características que circundam a superfície dos feixes condutores e apresentam substâncias ergásticas constituídas de cristais do tipo drusa, de composição

química de sílica, e esses cristais podem formar cadeias conhecidas como as séries cristalíferas, com mais de cinquenta células (COSTA et al., 2006).

Figura 26: Microscopia eletrônica da bainha fibrosa de *Livistona chinensis*.



Imagens de Microscopia Eletrônica de Varredura do bainha fibrosa de *Livistona chinensis*; a) Parte da epiderme que reveste a área externa da bainha fibrosa indicando as células epidérmicas cobertas por cutícula (seta) e restos do tecido fundamental; b) Corte transversal possibilitando visualizar os feixes vasculares; c) Região interna da bainha fibrosa possibilitando visualizar numerosos cristais esféricos de sílica (retângulos); d) Mapa químico de Si obtido por EDS aplicado a bainha fibrosa confirmando a sílica nos cristais e dispersa pelas paredes celulares. Fonte: Autora (2018).

Com auxílio do EDS, foi possível identificar a sílica, não apenas em forma de estegmato, mas também incrustada nas paredes celulares. A sílica, além de servir como proteção contra o ataque de insetos, previne o colapso dos

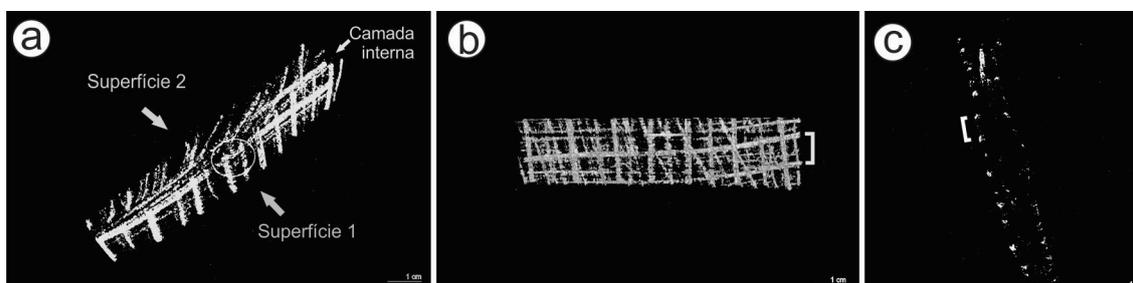
tecidos adjacentes em condições de seca (COSTA et al., 2006; METCALF, 1985).

4.1.2 Microtomografia de raio-X (micro-TC)

A análise de microCT permitiu o mapeamento não invasivo na bainha fibrosa, e a partir das imagens obtidas foi gerando um modelo virtual tridimensional, e assim identificada a estruturação em camadas. Além disso, pôde ser observada a variação na direção das fibras formando um nãotecido vegetal que possui regularidade construtiva definida pela distribuição espacial das diferentes camadas de fibras.

A partir do empilhamento de imagens, foram selecionadas as imagens que melhor representam a vista isométrica, frontal e superior do material, obtidas por microtomografia de raios-X e foi possível visualizar, a partir da vista isométrica, o ordenamento tridimensional das camadas que constituem a bainha fibrosa. A partir da vista frontal, pôde-se verificar a variação na orientação das fibras; pela vista superior foram tomadas as distâncias entre as fibras das superfícies 1 e 2, de centro a centro, e essas variaram de 1,3 mm, com desvio padrão de 0,0368 mm, na superfície 1, e 1,2 mm, com desvio padrão de 0,0343 mm para a superfície 2. Já a medida da distância das fibras da camada interna, é de aproximadamente 0,95 mm (Figura 27 a,c).

Figura 27: Microtomografia de raios-X da bainha fibrosa de *Livistona chinensis*.



a) Vista isométrica identificando as camadas; b) Vista frontal da bainha fibrosa, indicando a tomada da medida das fibras da camada interna; c) Imagem superior da bainha fibrosa, identificando como foi realizada a medição dos distanciamentos entre cada fio. Fonte: Autora (2018).

4.1.3 Densidade real por picnometria

Os valores da densidade obtidos pelo método do picnômetro a hélio das quatro amostras de fibra, estão na Tabela 4.

Tabela 4: Valores obtidos no ensaio de densidade real

Amostras	Densidade g/cm³
Amostra 1	1,08
Amostra 2	1,38
Amostra 3	1,37
Amostra 4	1,45

Resultados dos valores obtidos nos ensaios de densidade especificados por amostra. Fonte: Autora (2018).

De acordo com o método do picnômetro a hélio adotado para calcular a densidade, os resultados obtidos foram inseridos em uma planilha do Excel, cruzando-se estes dados, obteve-se como resultado a média e o desvio padrão de $1,4 \text{ g/cm}^3 \pm 0,03$, mesmo valor identificado por Pereira (2012) para a fibra de coco verde $1,4 \pm 0,02$, e valores próximos aos da fibra da folha do milho, que é de $1,3607 \text{ g/cm}^3 \pm 0,0037$, identificado por Moreira e Seo (2016), próximo ao valor da folha de carnaúba $1,34 \pm 0,018$ por Carvalho (2011), e também próximos aos valores encontrados para fibras de cânhamo, sisal e juta que variam entre $1,14 \text{ g/cm}^3$ a $1,53 \text{ g/cm}^3$ (CES, 2009); e segundo Ashby e Johnson (2011), fibras com baixa densidade são de interesse da indústria, pois possibilitam a fabricação de produtos mais leves.

4.1.4 Gramatura

Os não tecidos podem ser classificados pelo processo de fabricação, pelas matérias primas, pelas características das fibras/filamentos, pelo processo de consolidação, pela gramatura, pelo processo de transformação e/ou conversão, ou associação desses elementos. Consoante Maroni et al., (1999) indica que quanto à gramatura (peso por unidade de área) podem ser classificados em: Leves (menor que 25 g/m^2); Médios (entre 26 e 70 g/m^2); Pesados (entre 71 e 150 g/m^2) e Muito Pesado (acima de 150 g/m^2).

Todos os pesos e valores das gramaturas identificados para cada amostra da bainha fibrosa analisada no ensaio de gramatura estão relacionados na Tabela 5.

Tabela 5: Valores obtidos no ensaio de gramatura.

Amostra	Fibra da <i>Livistona chinensis</i>	
	Peso (g)	Gram. (g/m ²)
1	3,814	381
2	3,534	353
3	3,122	312
4	3,334	333
5	3,116	311
6	3,073	307
7	1,596	159
8	1,882	188
9	1,667	166
10	2,289	228
Média	2,7427	273,8
DP	0,77	77,12

Resultados dos valores obtidos nos ensaios de gramatura especificados por amostra. Fonte: Autora (2018).

A média dos pesos foi de 2,74 g \pm 0,77 g e a média das gramaturas foi de 273 \pm 77,12 g/m². Esse valor foi inferior aos valores identificados por Silva et al.(2003), para o tecido fabricado com fibras de sisal que foi de 344 g/m² a 440 g/m² e aproximado ao identificado por Oliveira (2011) para a fibra de tururi que foi de 204,7 g/m². Com o valor identificado para a bainha fibrosa de *Livistona chinensis*, pode-se afirmar que é considerado muito pesado, assim como a fibra de tururi e o sisal.

4.1.5 Diâmetro das fibras

As diversidades de diâmetros das fibras podem ser verificadas na Tabela 6. Com o dimensionamento das fibras, obteve-se para Superfície 1, fibras de diâmetros que variaram entre 163 μ m e 1.846 μ m (900 \pm 368). Na camada interna, os diâmetros das fibras variaram de 131 μ m a 658 μ m (359 \pm 136); a superfície 2 é constituída por fibras que variam de 86,71 μ m e 340,56 μ m (180,96 \pm 59,84).

Tabela 6: Diâmetro das fibras.

	Diâmetro μm		
	Mínimo	Máximo	Média
Superfície 1	163	1846	900 \pm 368
Camada interna	131	658	359 \pm 136
Superfície 2	86,71	340,56	180,96 \pm 59,84

Valores mínimos, máximos e a média do diâmetro, identificados para as fibras que compõem as camadas da bainha fibrosa. Fonte: Autora (2018).

Silva (2003) identifica o diâmetro de algumas fibras vegetais citadas na literatura, como a juta, que varia de 100 - 400 μm , a do sisal 50-300 μm , e a da fibra de coco 100-450 μm ; observa-se que o diâmetro das fibras da Superfície 2, onde a média foi de 180,96 \pm 59,84 μm é a que mais se assemelha as citadas na literatura. E segundo Rowell et al. (2000) o dimensionamento das fibras é importante no desenvolvimento de compósitos com fibras vegetais, pois interferem na resistência do material.

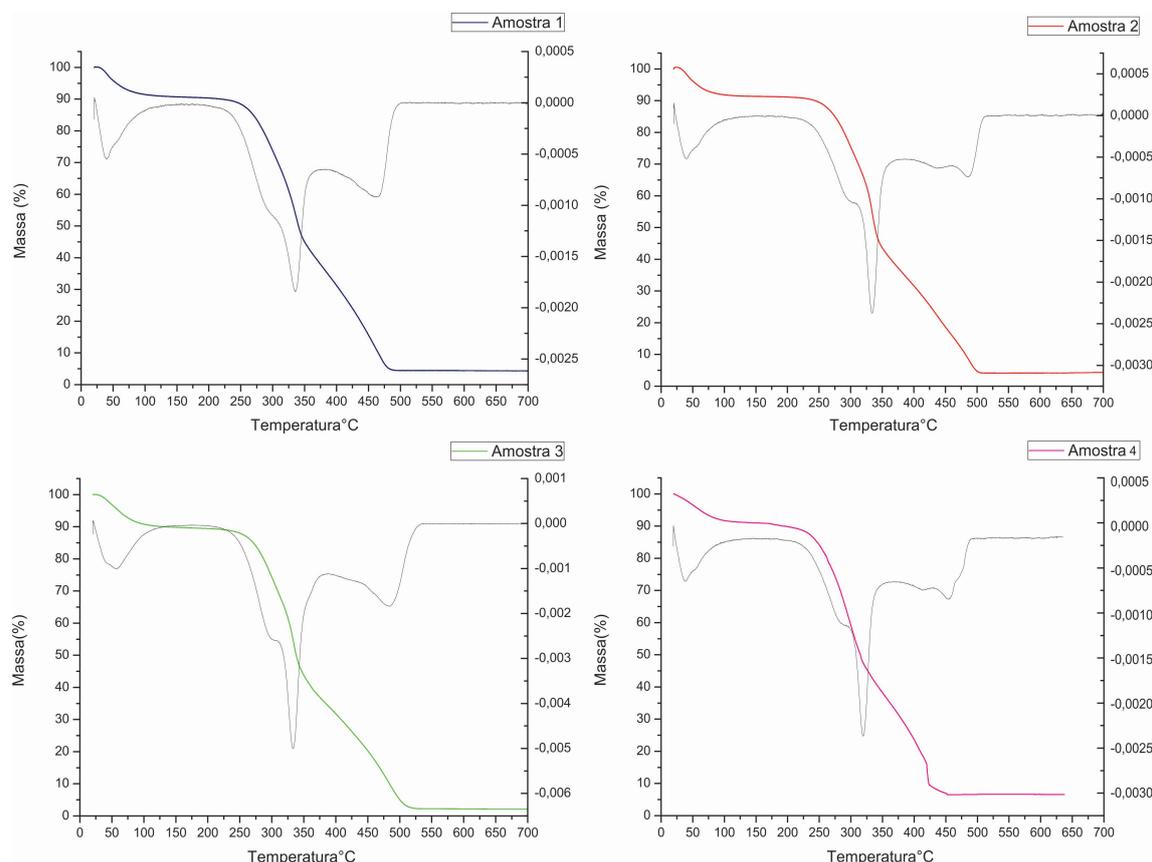
4.1.6 Análise Termogravimétrica - ATG

A análise térmica por termogravimetria tem como objetivo avaliar a estabilidade térmica das amostras, bem como temperaturas de degradação. Pelas curvas de TG (Figura 28) é possível observar estágios de decomposição similares entre as amostras, onde nas proximidades de 100°C as fibras têm perda de massa de 10% relativas à perda da água absorvida. Esse dado concorda com valores identificados para outros materiais lignocelulósicos como o buriti e curauá (cerca de 80°) identificados por Barbosa (2011) e Santos et al., (2009) e o turiti (cerca de 100°) detectado por Oliveira (2011).

É observado também que até 230 °C, as fibras de *Livistona chinensis* podem ser consideradas termicamente estáveis, com pequenas perdas de massa, faixa de temperatura onde tem início à decomposição dos biopolímeros, que está relacionada à decomposição da hemicelulose e lignina. Este comportamento é comparável com o identificado em relação às fibras de piaçava (D'ALMEIDA et al, 2006) onde o começo da degradação acontece em 225°C. Na progressão do aquecimento, entre 310 °C e 370 °C observa-se outro

evento, correspondente ao início da decomposição da celulose, e a partir de 400°C e atribuído a termo-oxidação dos resíduos dos processos anteriores (SANTOS et al, 2009).

Figura 28: Gráficos das análises termogravimétricas das quatro amostras da bainha de *Livistona chinensis*.



Curva de TG das quatro amostras da bainha fibrosa, com a respectiva derivada (aquecimento de 10 °C min⁻¹, de 30 a 700 °C).Fonte: Autora (2018).

A maior perda de massa aconteceu no intervalo entre 230-350 °C. Segundo Fonseca (2016) nessa amplitude, todos os constituintes químicos estruturais das fibras se encontram em degradação térmica, contudo em diferentes níveis.

Consoante Fonseca (2016) alguns processos industriais que envolvem a aplicação de fibras vegetais em painéis reconstituídos utilizam uma faixa de temperatura que oscila entre 120 e 140°C, e para extrusão de polímeros e moldagem por injeção, durante o processo de confecção de compósitos reforçados com fibra vegetal, são utilizadas faixas de temperatura que oscilam de 200 a 255°C. Esse resultado poderá viabilizar o uso da bainha fibrosa como

carga para materiais compósitos, uma vez que não se degrada em temperaturas de processamento de polímeros.

4.1.7 Composição química e umidade

Os resultados obtidos na composição química e umidade da bainha fibrosa de *Livistona chinensis* estão indicados na Tabela 7.

Tabela 7: Umidade e composição química da bainha fibrosa de *Livistona chinensis*.

Determinações	Resultados
Umidade (%)	14,60
Fibra Detergente Neutro – FDN (%)	90,70
Fibra Detergente Ácido - FDA (%)	74,33
Celulose (%)	41,34
Hemicelulose (%)	16,37
Lignina (%)	32,99

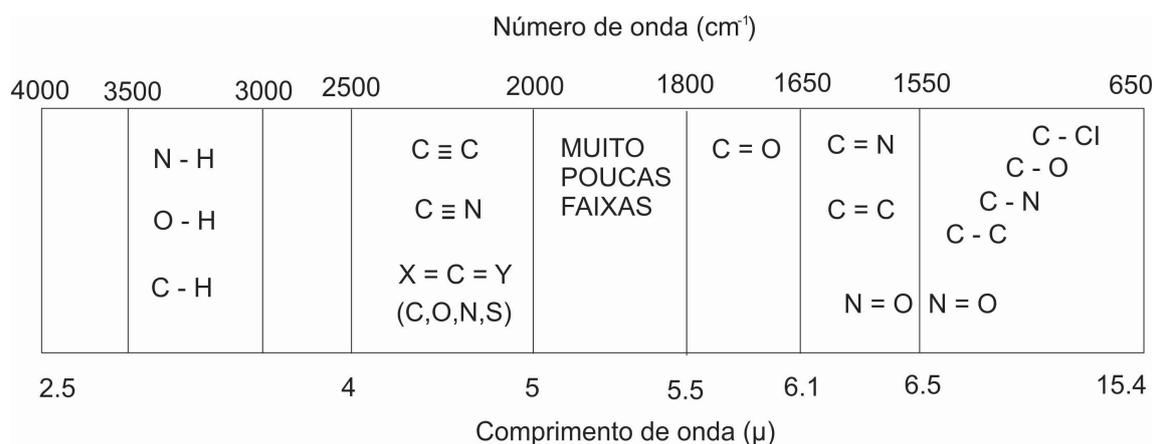
Valores dos resultados obtidos na composição química da bainha fibrosa. Fonte: Autora (2018).

Observa-se que balanço de massa não chega a 100%, isso se deve à presença de outros compostos de baixa massa molar e extrativos solúveis em diferentes solventes, que não foram determinados nessa análise (LUZ, 2004); valores próximos - celulose (43,4 – 53%), hemicelulose (14.7%) e lignina (33,5 - 45%) foram encontrados para as fibras de coco encontrados por Satyanarayana et al. (1990).

4.1.8 Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier - FTIR

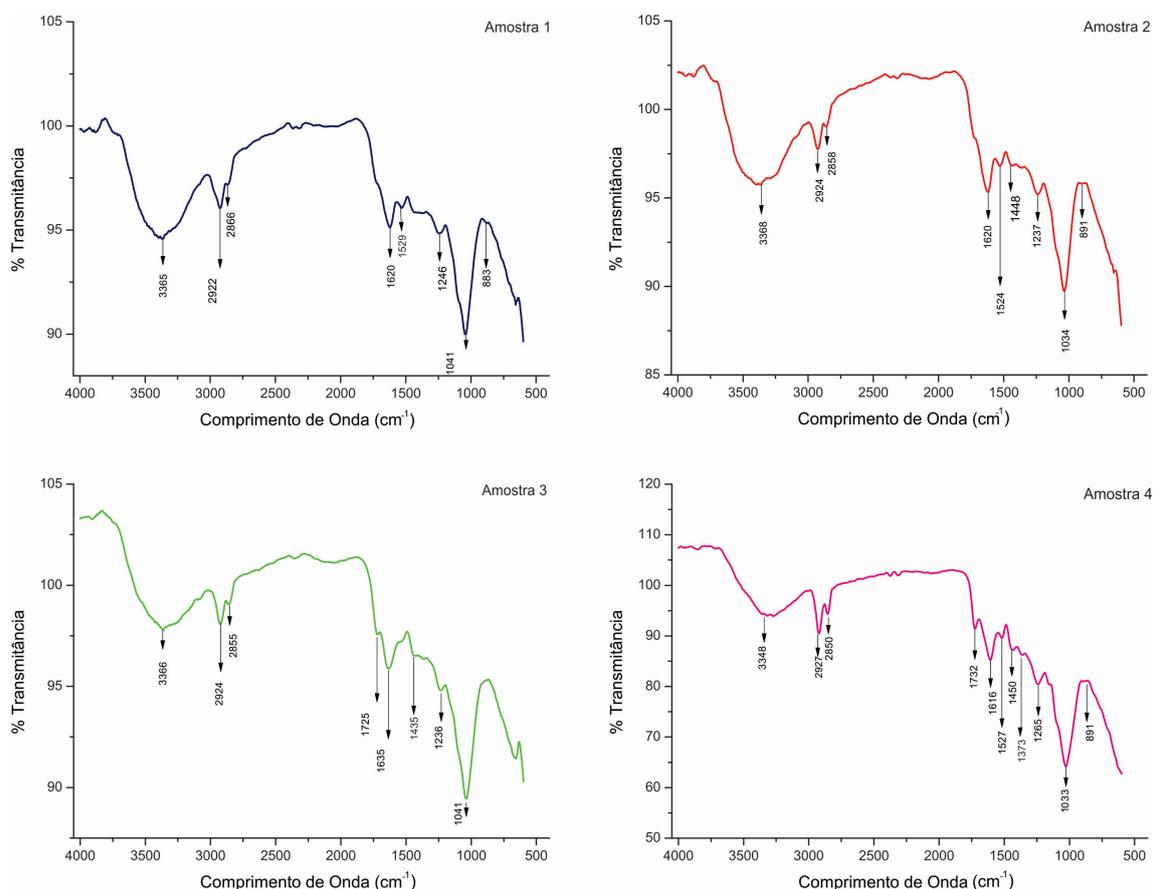
As absorções de cada tipo de ligação têm sua própria frequência natural de vibração; uma pequena faixa de absorção pode ser definida para cada tipo de ligação. Fora dessa faixa, as absorções normalmente se devem a algum outro tipo de ligação. Por exemplo, qualquer absorção na faixa $3000 \pm 150 \text{ cm}^{-1}$ quase sempre se deve à presença da ligação C-H na molécula (PAVIA, et al., 2010); a Figura 29 ilustra como as ligações estão distribuídas no infravermelho vibracional.

Figura 29: Esquema ilustrando como as ligações estão distribuídas no infravermelho



Regiões aproximadas em que vários tipos comuns de ligação absorvem no infravermelho.
Fonte: Pavia et al. (2010)

Figura 30: Espectros de infravermelho das amostras e suas bandas de absorção.



Espectros de infravermelho das amostras da bainha fibrosa de *Livistona chinensis* indicando as bandas de absorção. Fonte: Autora (2018).

Os espectros de infravermelho das amostras de bainha fibrosa são semelhantes (Figura 30) e de difícil interpretação, pois cada espectro é o

resultado de bandas de sobreposição da lignina, hemicelulose, celulose e dos extrativos (PASTORE et al, 2008) e apesar dessa complexidade destacaram-se apenas 11 bandas para as amostras estudadas.

As posições das bandas de absorção no infravermelho das quatro amostras analisadas estão relacionadas na Tabela 8 com as respectivas atribuições, e correspondem a bandas já descritas na literatura para diferentes fibras vegetais.

Tabela 8: Posição das bandas e atribuições dos espectros de FTIR das amostras analisadas.

Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4	Atribuição		Ref.
3365	3368	3366	3348	ν (O-H)	Água; celulose	[1] [2]
2922	2924	2924	2927	ν (CH ₂)	Lignina, carboidratos	[2] [3]
2866	2858	2855	2850	ν (CH ₂)		[2] [3]
--	--	1725	1732	ν (C=O) não conjugada	Hemicelulose	[2] [3] [7]
1620	1620	1635	1616	(O-H)	H ₂ O adsorvida /H ₂ O adsorvida Alcoóis	[3] [7]
1529	1524	--	1527	ν (C=C) aromático	Lignina	[2] [4] [7]
--	1448	1435	1450	δ (CH)	Lignina, carboidratos	[1] [2]
--	--	--	1373	δ (CH)	Celulose e hemicelulose	[1] [2]
1246	1237	1236	1265	ν (C-O)	Hemicelulose, lignina	[1] [2]
1041	1034	1041	1033	δ (C-H, C-O)	Hemicelulose, lignina	[1] [2] [5]
883	891	--	891	γ (C-H)	Celulose	[5] [6]

ν : estiramento; δ : deformação angular no plano e γ : deformação angular fora do plano.

[1] Pavia et al., (2010) ; [2] Pastore (2008) ; [3] Boniolo et al (2010); [4] Sharma et al (2004); [5] Hoareau et al (2004); [6] Lavall et al (2010); [7]; JUNIOR et al.(2016).

Todos os espectros indicaram uma banda entre 3368 cm⁻¹ e 3348 cm⁻¹ que representa o alongamento O-H típico. Os compostos de OH podem incluir água absorvida, alcoóis alifáticos primários e secundários identificados em celulose, hemicelulose, lignina e ácidos carboxílicos. As bandas em 2921 e 2847 cm⁻¹ estão relacionadas ao estiramento C-H alifático e aromáticos de carboidratos e lignina. As bandas entre 1732 cm⁻¹ e 1725 cm⁻¹ podem ser atribuídas ao estiramento dos grupos carbonila da hemicelulose. As bandas entre 1616 cm⁻¹ e 1635 cm⁻¹ estão associadas à umidade da fibra. As bandas em 1539 a 1524 cm⁻¹ (vibrações de anel aromático) são características de lignina e em 1448 a 1450 cm⁻¹ podem estar relacionadas ao estiramento da

ligação C-C no anel aromático; A banda em 1367 cm^{-1} pode estar relacionada ao estiramento C-H alifático em CH_3 . As bandas 1265 cm^{-1} , são atribuídas ao estiramento dos grupos acetil da hemicelulose, e entre 1246 a 1236 cm^{-1} pode ser plano de deformação de OH. Entre 1041 e 1033 cm^{-1} pode ser a vibração do grupo C-H em celulose. Um pequeno pico na faixa de $900-700\text{ cm}^{-1}$ pode estar relacionado com a vibração C-H da lignina (GUIMARÃES et al., 2009; SANCHES et al., 2014; CHUN, HUSSEINSYAH, 2016; SHARMA, 2004; PASTORE et al, 2008).

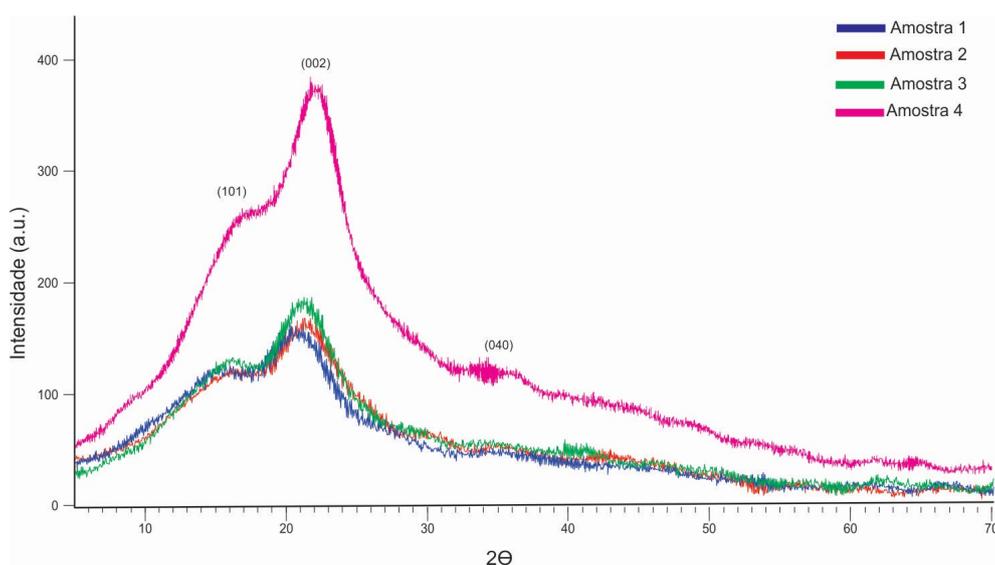
Observa-se, nos espectros, os movimentos para as bandas típicas de absorção presentes nas fibras lignocelulósicas relacionadas com a celulose, hemicelulose e lignina, compostos por diferentes grupos funcionais contendo oxigênio (ésteres, aromáticos, cetonas, álcoois, etc.) (RAMESH et al., 2013; BONIOLO et al., 2010).

4.1.9 Difração de raios-X

Os difratogramas das análises de difração de raios-X realizados nas amostras da bainha fibrosa (Figura 31) indicam picos correspondentes aos planos cristalográficos (002) (101) e (040) característicos dos materiais lignocelulósicos que refletem a estrutura da celulose cristalina.

Analisando-se os resultados, é possível observar que, de maneira geral os espectros são semelhantes, com dois picos mais intensos próximo aos valores de $2\theta = 17^\circ$ e 22° . O pico principal que corresponde ao plano (002) de difração da celulose nativa, variou de $20,42^\circ$ a $22,85^\circ$. Já o pico mais alargado que corresponde ao sinal do plano (101) variaram de $17,75^\circ$ a $17,90^\circ$. O pico que corresponde ao plano (040) variou de $32,82^\circ$ a $36,52^\circ$, e também característico da celulose nativa, conforme descrito por El Oudiani et al. (2008).

Figura 31: Espectros de difração de raios-X da bainha fibrosa de *Livistona chinensis*.



Espectros de difração de raios-X dos materiais fibrosos de *Livistona chinensis* indicando os picos cristalográficos (002) (101) e (040) das quatro amostras. Fonte: Autora (2018).

Um estudo realizado por Tserki et al (2005) com fibras naturais, salienta que quando o teor de celulose é alto, podem-se observar dois picos distintos nos planos cristalográficos (101) e (10 $\bar{1}$), mas quando a fibra contém grandes quantidades de materiais amorfos, tais como lignina, hemiceluloses e celulose amorfa, estes dois picos aparecem como um único pico largo, como o observado no plano cristalográfico (101) da bainha fibrosa de *Livistona chinensis*.

Observa-se que não há grande diferença na posição dos picos (101) e (002) entre as amostras, e os valores dos picos identificados em $I_{(101)}$ e $I_{(002)}$, e os índices de cristalinidade calculados para abainha fibrosa, conforme a fórmula 07, pelo método de Segal et al. (1959) descrito anteriormente estão detalhados na Tabela 9.

Tabela 9: Valores dos índices de cristalinidade das amostras.

Amostra	$I_{(101)}$	$I_{(002)}$	IC (%)
Amostra 1	17,60°	20,76°	35,40
Amostra 2	16,68°	21,77°	35,55
Amostra 3	17,68°	21,35°	37,56
Amostra 4	18,17°	22,13°	36,95

Fonte: Autora (2018).

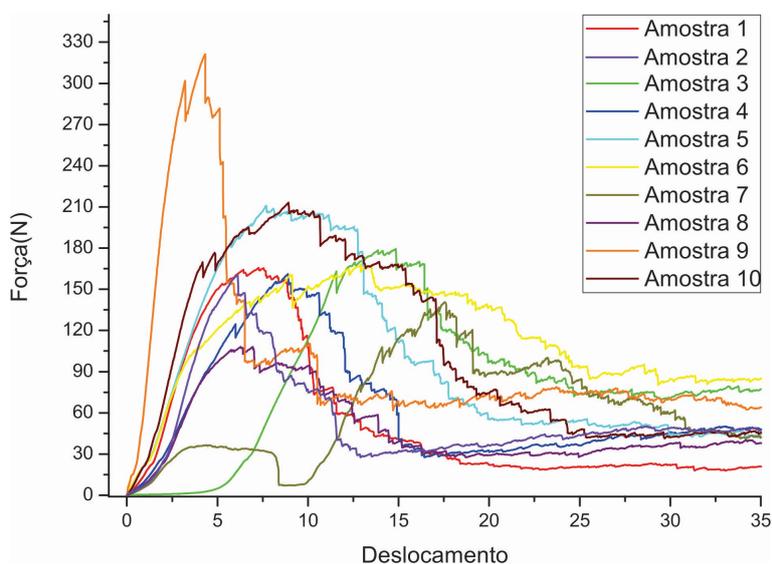
As amostras possuem índice de cristalinidade entre 35,4 % e 37,56%, e estes valores estão abaixo dos identificados para outras fibras lignocelulósicas como o tururi (60,6%) (OLIVEIRA, 2011), o buriti (51,9%) (JÚNIOR et al.,2016), mas próximas a fibra do coco (40%) (TOMCZAK, 2010).

Um exemplo de variação no índice de cristalinidade pode ser observado nos valores identificados para a palmeira Real, que variaram entre 28% (OLIVEIRA, 2015) e 39,5% (OLIVEIRA, 2017).

4.1.10 Resistência à tração

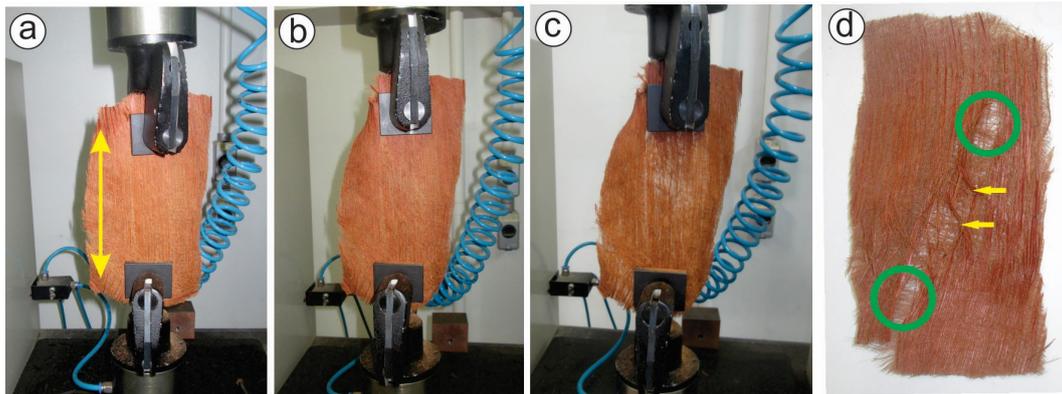
No ensaio de resistência à tração, foi observado que o comportamento das curvas de força *versus* deslocamento das amostras da bainha fibrosa de *Livistona chinensis* apresentaram comportamentos bem variados. Essa variabilidade de comportamento pode ser verificada nos gráficos (Figura 32) e está relacionada ao aspecto formal da fibra, e também associada à densidade e gramatura.

Figura 32: Gráficos das curvas de força versus deslocamento no ensaio de tração.



Gráficos das curvas de força versus deslocamento do ensaio de tração das 10 amostras da bainha fibrosa a uma velocidade de 5 mm/min .Fonte: Autora (2018).

Figura 33: Amostras da bainha fibrosa sendo submetidas ao ensaio de tração.



a) Fase de acomodação das fibras; b) primeiras rupturas das fibras na parte externa do nãotecido; c) rompimento das camadas externas; d) amostra depois do ensaio de tração indicando as fraturas ocorridas – setas amarelas indicam as fibras rompidas, círculos verdes mostram as fibras da camada interna que mantiveram a bainha unida. Fonte: Autora (2018).

As amostras apresentaram inicialmente uma fase de acomodação das fibras (Figura 33). Em seguida ocorre a ruptura das fibras na parte externa da bainha que pôde ser constatada durante a realização dos ensaios, tanto visualmente quanto pela emissão de estalos, provenientes da força aplicada no corpo de prova, ocorrendo sucessivos acréscimos e diminuições nos valores de força, após ocorre à queda dos valores obtidos a partir do valor máximo. Esses rompimentos ocorrem sucessivas vezes até que a maioria das fibras seja rompida e esse comportamento foi observado em todas as amostras ensaiadas. Das dez amostras ensaiadas, todas romperam as camadas externas, mas mantiveram-se unidas pela camada interna (Figura 33d).

Aspecto descontínuo e comportamento de rupturas localizadas, também foram observados em tecidos fabricados com sisal (CARVALHO, 2005) e na fibra de tururi (OLIVEIRA, 2011). Segundo Carvalho (2005) os tecidos são conjuntos de fibras têxteis e, portanto, também se pode compreender o comportamento descontínuo como resultado das rupturas localizadas, de uma ou de algumas fibras, e a posterior redistribuição de esforços entre as fibras próximas que passam a atuar sob novos níveis de tensão.

A carga máxima suportada no ensaio de tração (no sentido paralelo) foi de 321,2 N, para a amostra 9, e a mínima carga suportada foi de 108 N, para a amostra 8. Na Tabela 10 estão listados todos os valores de carga máxima obtidos.

Tabela 10: Valores da carga máxima suportada no ensaio de tração

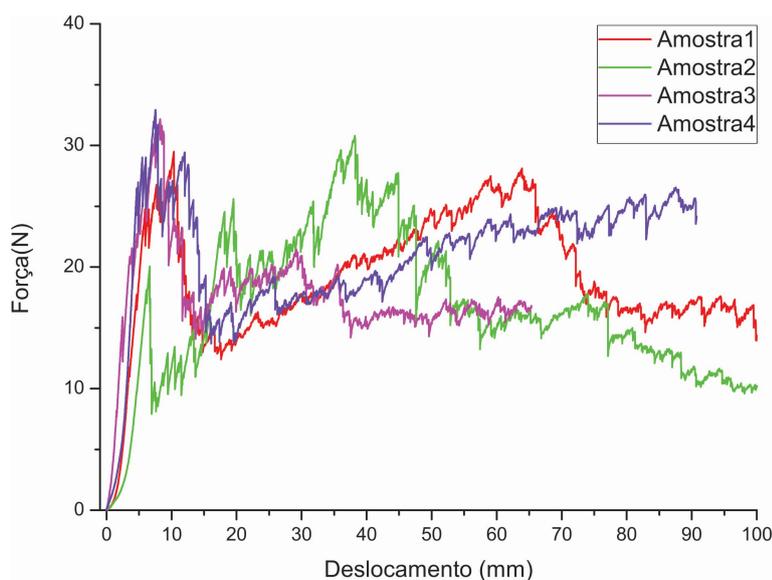
Amostra	Carga Máxima (N)
1	165.7
2	203.6
3	179.5
4	161.1
5	210.7
6	168.1
7	140.5
8	108.1
9	321.2
10	213.1

Tabela indicando os valores obtidos para as 10 amostras da bainha fibrosa de *Livistona chinensis* utilizadas no ensaio de tração e comparando a média final com outros nãotecidos. Fonte: Autora (2018).

O valor médio obtido para a carga de ruptura no sentido paralelo foi de 184,7 N e comparando-o com dados obtidos na literatura (em se tratando de ensaio de tração para nãotecidos) foi superior ao tecido de juta (160,73 N) definido por Miranda (2007) e inferior ao identificado por Oliveira (2011) para a fibra de tururi (432 N).

Os gráficos resultantes dos ensaios de tração para os materiais fibrosos realizado na direção perpendicular às camadas externas estão ilustrados na Figura 34.

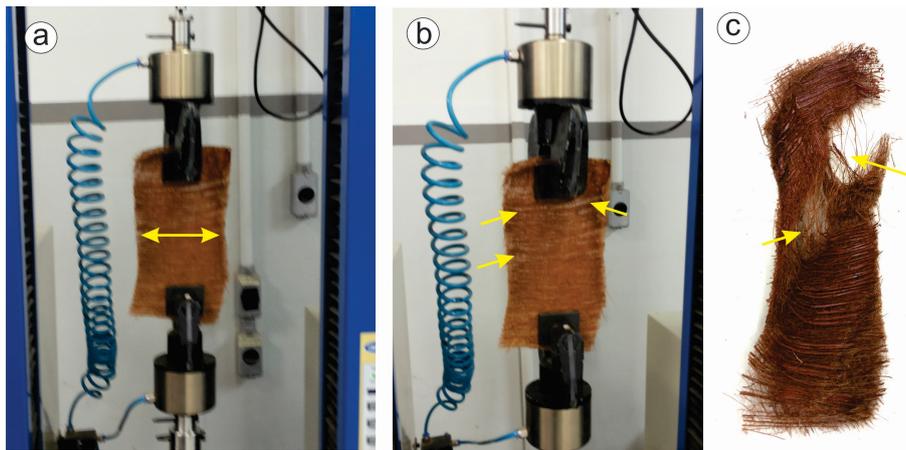
Figura 34: Gráficos das curvas de força versus deslocamento no ensaio de tração



Gráficos das curvas de força versus deslocamento do ensaio de tração das quatro amostras da bainha fibrosa a uma velocidade de 5 mm/min. Fonte: Autora (2018).

As amostras submetidas à tração no sentido perpendicular refletem a ruptura progressiva das amostras e apresentaram diferenças significativas em relação à força necessária para fragmentar as fibras, indicando a fragilidade da camada interna (Figura 35) e apresentou rupturas localizadas e escorregamento das fibras.

Figura 35: Amostras da bainha fibrosa sendo submetidas ao ensaio de tração.



a) Fase de acomodação das fibras; b) primeiras rupturas das fibras na camada interna (seta amarela); c) amostra depois do ensaio de tração indicando as fraturas ocorridas (seta amarela).Fonte: Autora (2018).

Os valores de carga máxima obtidos estão listados na Tabela 11, e a média dos valores foi de 31,34N e o desvio padrão foi de $\pm 1,51N$; apesar de não se romperem totalmente, indicaram a fraca interação das camadas perpendiculares na solicitação de esforços quanto à tração.

Tabela 11: Valores da carga máxima suportada no ensaio de tração.

Amostra	Carga Máxima (N)
1	29.5
2	30.8
3	32.2
4	32.9

Fonte: Autora (2018).

O apêndice A exibe as amostras testadas, antes e após o ensaio, e a aparência da curva força *versus* deslocamento. No resultado do ensaio realizado no sentido paralelo, é possível observar que houve um plano de

ruptura preferencial, no sentido paralelo às camadas externas, e este mesmo comportamento foi observado por Oliveira (2011) para a fibra de tururi.

Já no ensaio realizado no sentido perpendicular, os resultados foram bem variados, pode-se atribuir isto a estrutura da bainha, pois no sentido paralelo a força é aplicada nas duas camadas externas e, no sentido perpendicular à força é aplicada apenas na camada interna (uma camada), consequentemente mais frágil.

4.1.11 Índice de condutividade térmica da bainha fibrosa

Os valores obtidos nos ensaios de condutividade térmica da bainha fibrosa de *Livistona chinensis in natura*, estão na Tabela 12, que apresenta os resultados por amostra, separadamente.

Tabela 12: Índice de condutividade térmica obtido para as amostras da bainha fibrosa.

	Amostra 1A	Amostra 1B	Amostra 2A	Amostra 2B
λ (W/mK)	0,053263345	0,044806583	0,04952407	0,049237794
λ (W/mK)	0,053212802	0,045047625	0,048943693	0,04843118
λ (W/mK)	0,052973737	0,045451182	0,049177356	0,049756817
λ (W/mK)	0,052392691	0,045130976	0,048717535	0,04943107
λ (W/mK)	0,05330126	0,045285509	0,049361357	0,049181387
λ (W/mK)	0,052840669	0,045276962	0,049638043	0,049152432
λ (W/mK)	0,053157648	0,04506012	0,048880621	0,049840658
λ (W/mK)	0,053573589	0,045401885	0,049035554	0,048935454
λ (W/mK)	0,053300172	0,045506863	0,049257647	0,049514614
λ (W/mK)	0,052815137	0,044530949	0,049481219	0,049561269
Média	0,053	0,045	0,049	0,049

Fonte: Autora (2018).

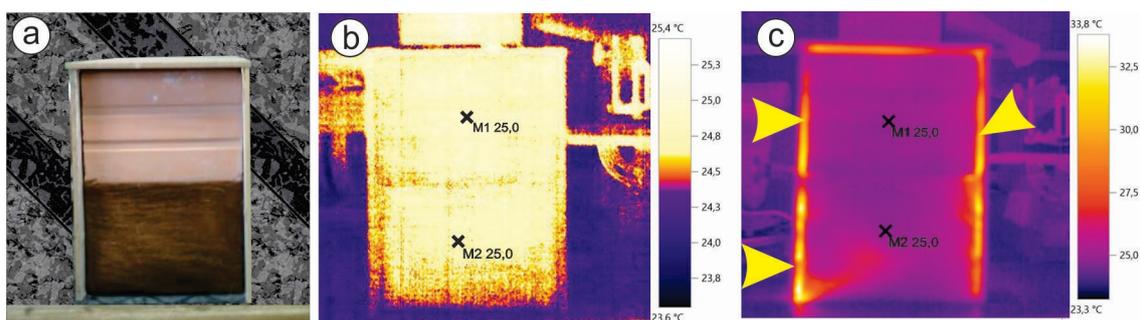
O índice de condutividade térmica da bainha fibrosa variou entre 0,045 e 0,053W/mK mantendo-se próximo aos valores de materiais isolantes que variam entre 0,030 e 0,045W/mK (NBR 15220-2).

4.1.12 Termografia por infravermelho

No ensaio de termografia na bainha fibrosa, o objetivo é saber se sua utilização *in natura*, sem nenhum tipo de processamento apresenta diferenças de transmissão de calor por condução, e segundo Silva Junior (2013) para que um fluxo de energia térmica exista, deve haver uma fonte de calor que fluirá de zonas mais quentes para zonas mais frias, onde o calor é conduzido pelo material pela transferência direta de energia térmica gerada pela colisão entre as moléculas e uma das formas de transmissão é o por fluxo de calor por condução.

As imagens termográficas foram analisadas qualitativamente no *software* teste IRSoft, e a primeira imagem examinada foi a dos blocos antes do início do ensaio. A Figura 36 exibe a imagem real dos blocos e sua respectiva imagem termográfica obtidas em temperatura ambiente antes do aquecimento artificial. Inicialmente foram tomadas a temperatura de cada material (25,0 °C) e o índice de emissividade (0,90) permitindo observar que não há diferença entre os materiais. A Figura 36c mostra o início do ensaio e percebe-se uma fuga de calor na progressão do aquecimento no material, mas essa fuga não afeta a área de ensaio. Tentou-se determinar um ponto central de leitura em cada amostra para a tomada de medidas em todos os ensaios.

Figura 36: Imagens termográficas.

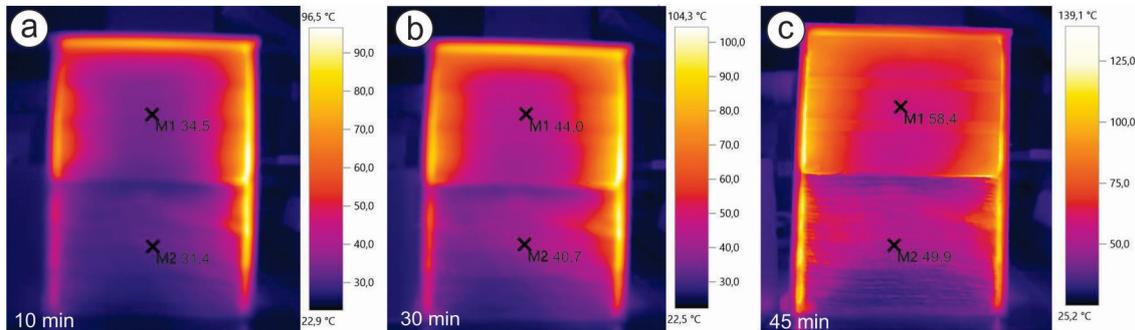


a) Imagem real dos blocos; b) Imagem termográfica obtidas em temperatura ambiente antes do aquecimento artificial; c) Início do ensaio indicando as medições nos blocos cerâmicos; Medição 1 - M1 – bloco sem bainha fibrosa (25 °C); Medição 2 -M2 - bloco com bainha fibrosa (25 °C); setas amarelas – fuga de calor.Fonte: Autora (2018).

Os registros captados do primeiro ensaio realizado com uma camada de bainha fibrosa sobre um dos blocos cerâmicos, a 10, 30 e 45 minutos, estão

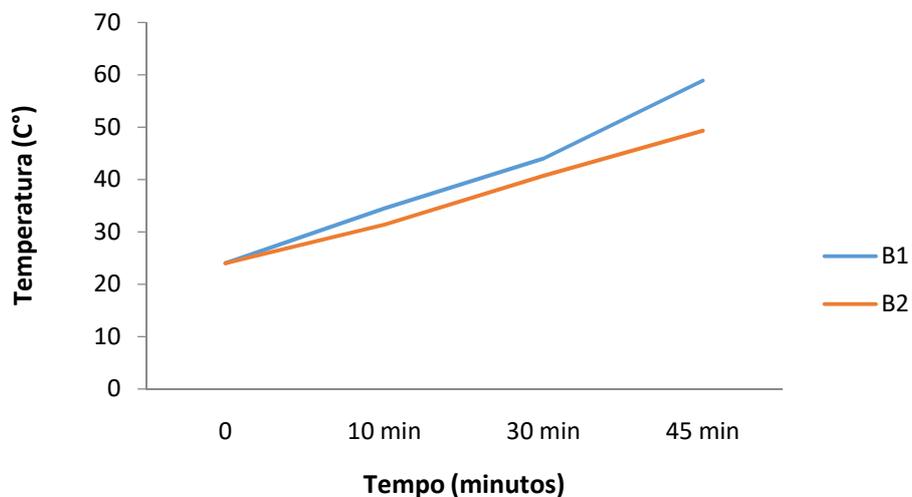
registrados nas Figuras 37 e 38, e pode-se verificar a evolução de temperatura nas faces dos blocos, já nos primeiros 10 minutos.

Figura 37: Imagens termográficas captados do primeiro ensaio



a) Imagem termográfica após 10 min do aquecimento artificial; b) Imagem termográfica após 30 min do aquecimento artificial; c) Imagem termográfica após 45 min do aquecimento artificial indicando as medições. Fonte: Autora (2018).

Figura 38: Gráfico do registro indicando o tempo de aquecimento e o valor das medições.

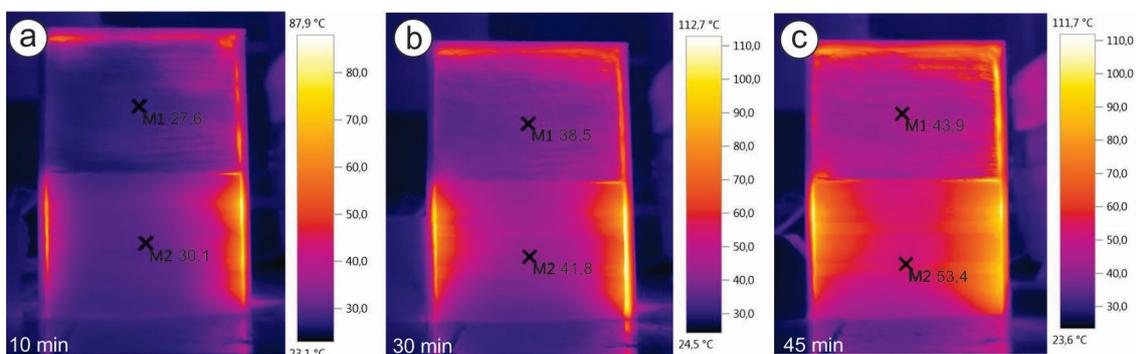


B1- Bloco cerâmico sem material fibroso ; B2 - Bloco cerâmico com 1 camada de material fibroso. Fonte: Autora (2018).

Ao elevar a temperatura na parte posterior dos blocos, após 10 minutos a parte frontal indicou 3,1 °C a mais que no bloco sem bainha fibrosa; a 30 minutos foi de 3,3 °C e a 45 minutos aumentou para 9,6 °C a diferença de temperatura entre os blocos, indicando diferença na transmissão de calor por condução nas duas amostras.

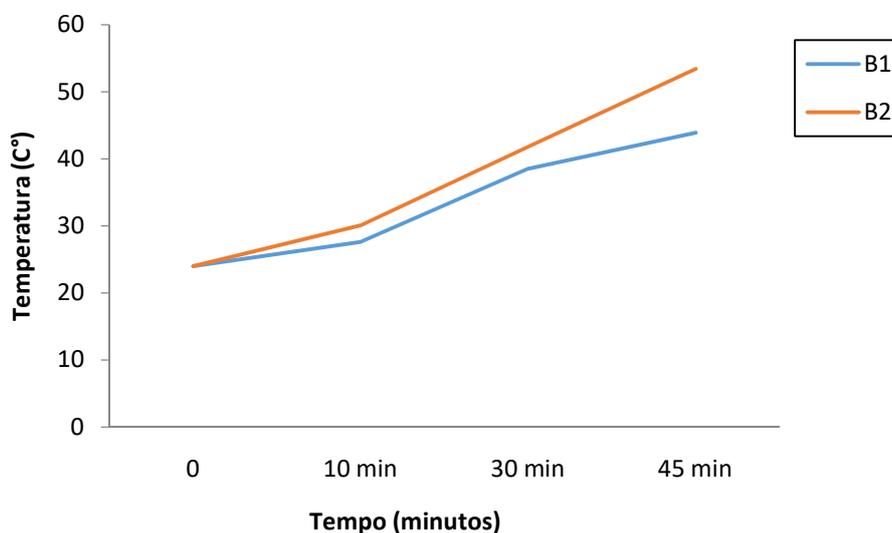
Para o segundo ensaio, a posição dos blocos cerâmicos foi invertida para analisar se este fator afetaria os resultados; as tomadas de medida seguiram o mesmo padrão de 10, 30 3 45 minutos e estão registrados nas Figuras 39 e 40.

Figura 39: Imagens termográficas do segundo ensaio- blocos invertidos.



a) Imagem termográfica após 10 min do aquecimento artificial; b) Imagem termográfica após 30 min do aquecimento artificial; c) Imagem termográfica após 45 min do aquecimento artificial indicando as medições. Fonte: Autora (2018).

Figura 40: Gráfico indicando o tempo de aquecimento e o valor das medições.



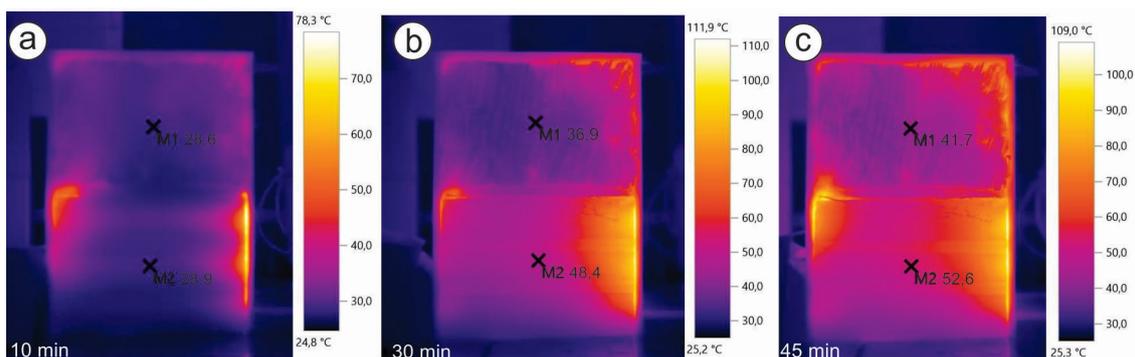
B1- Bloco cerâmico com 1 camada de material fibroso; B2 - Bloco cerâmico sem material fibroso. Fonte: Autora (2018).

Observa-se que as temperaturas se mantiveram mais baixas, mas não afetaram os resultados, com exceção dos primeiros 10 minutos que apresentou

uma diferença de 1°C. Como não houve diferença significativa, os ensaios seguintes foram realizados com a fibra no bloco cerâmico na parte superior.

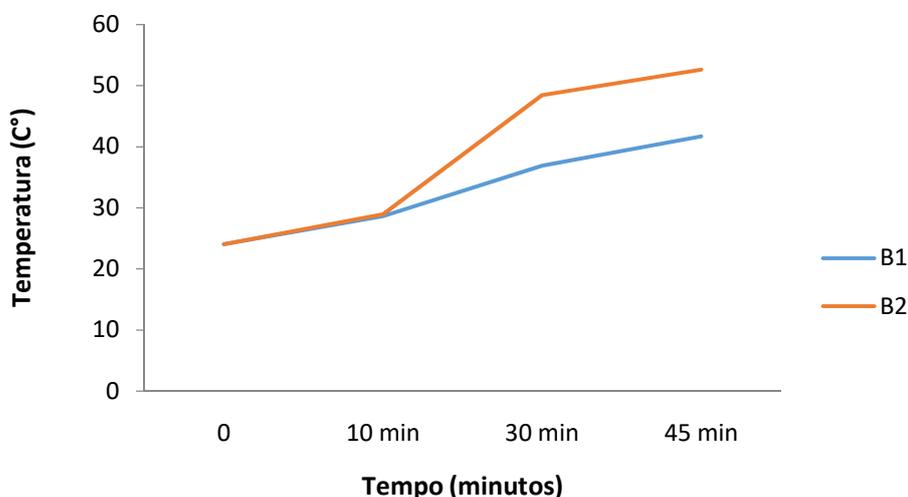
Para o terceiro ensaio, utilizaram-se duas camadas de bainha fibrosa no bloco cerâmico e as tomadas de medida seguiram o mesmo padrão de 10, 30 e 45 minutos e estão registrados na Figuras 41 e 42.

Figura 41: Imagens termográficas com duas camadas de bainha fibrosa no bloco superior.



a) ((Imagem termográfica após 10 min do aquecimento artificial; b) Imagem termográfica após 30 min do aquecimento artificial; c) Imagem termográfica após 45 min do aquecimento artificial indicando as medições. Fonte: Autora (2018).

Figura 42: Gráfico indicando o tempo de aquecimento e o valor das medições.

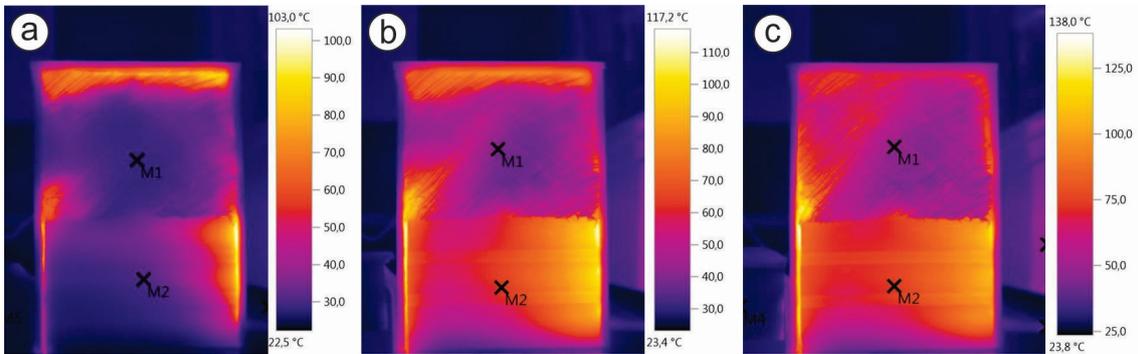


B1- Bloco cerâmico com 2 camadas de material fibroso ; B2 - Bloco cerâmico sem material fibroso. Fonte: Autora (2018).

Nos primeiros 10 minutos a diferença foi mínima, de apenas 0,3 °C, mas em 30 minutos indicou uma diferença significativa de 11,5 °C, e nos 45 minutos diminuiu para 10,9 °C.

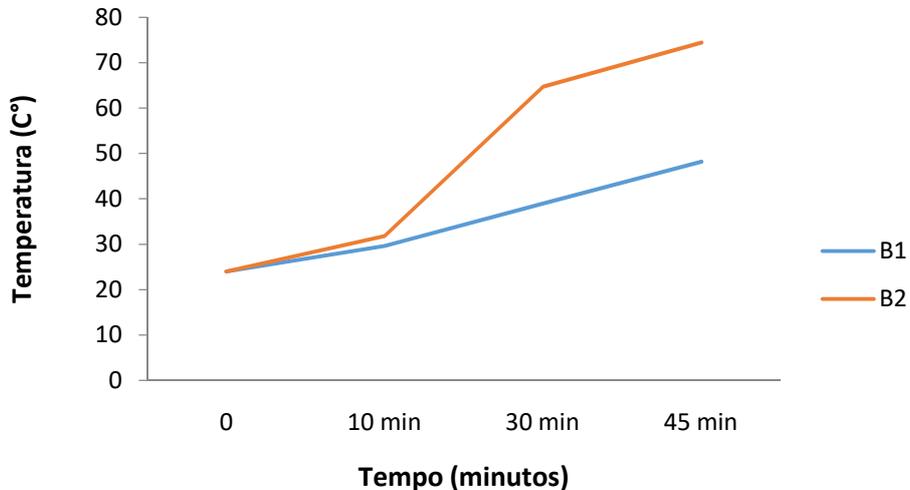
O quarto ensaio foi realizado utilizando-se três camadas de bainha fibrosa sobre o bloco cerâmico, as tomadas de medida no mesmo padrão de 10, 30 e 45 minutos e estão registrados nas Figuras 43 e 44.

Figura 43: Imagens termográficas com três camadas de bainha fibrosa no bloco superior.



a) ((Imagem termográfica após 10 min do aquecimento artificial; b) Imagem termográfica após 30 min do aquecimento artificial; c) Imagem termográfica após 45 min do aquecimento artificial indicando as medições. Fonte: Autora (2018).

Figura 44: Gráficos indicando o tempo de aquecimento e o valor das medições.



B1- Bloco cerâmico com 3 camadas de material fibroso ; B2 - Bloco cerâmico sem material fibroso. Fonte: Autora (2018).

Observa-se que nos primeiros 10 minutos a diferença de temperatura entre os blocos foi pouca, chegando a 2,2 °C, mas em 30 minutos mostrou uma diferença significativa de 25,7 °C e que nos 45 minutos não apresentou grande diferença e manteve-se próxima, com valor de 26,2 °C.

Identificou-se nos gráficos, que nos primeiros 10 minutos, independente da quantidade de camadas, os valores mantiveram-se próximos. Mas em 30 minutos, quando sobrepostas duas camadas de bainha fibrosa, a diferença foi considerável, passou de 3,3 °C para 11,5 °C; e quando sobrepostas 3 camadas de bainha fibrosa, essa diferença chegou a 25,7 °C. Em 45 minutos as temperaturas não indicaram grandes diferenças.

Constata-se, após análise dos resultados, que as amostras com bainha fibrosa apresentaram temperatura superficial mais baixa que a do bloco sem aplicação do mesmo, e indicam que a bainha fibrosa de *Livistona chinensis*, contribuiu para diminuir a passagem de calor, e quanto maior o número de camadas de bainha fibrosa, maior a resistência térmica, e assim, aponta seu potencial para ser usado *in natura* como revestimento para conforto térmico.

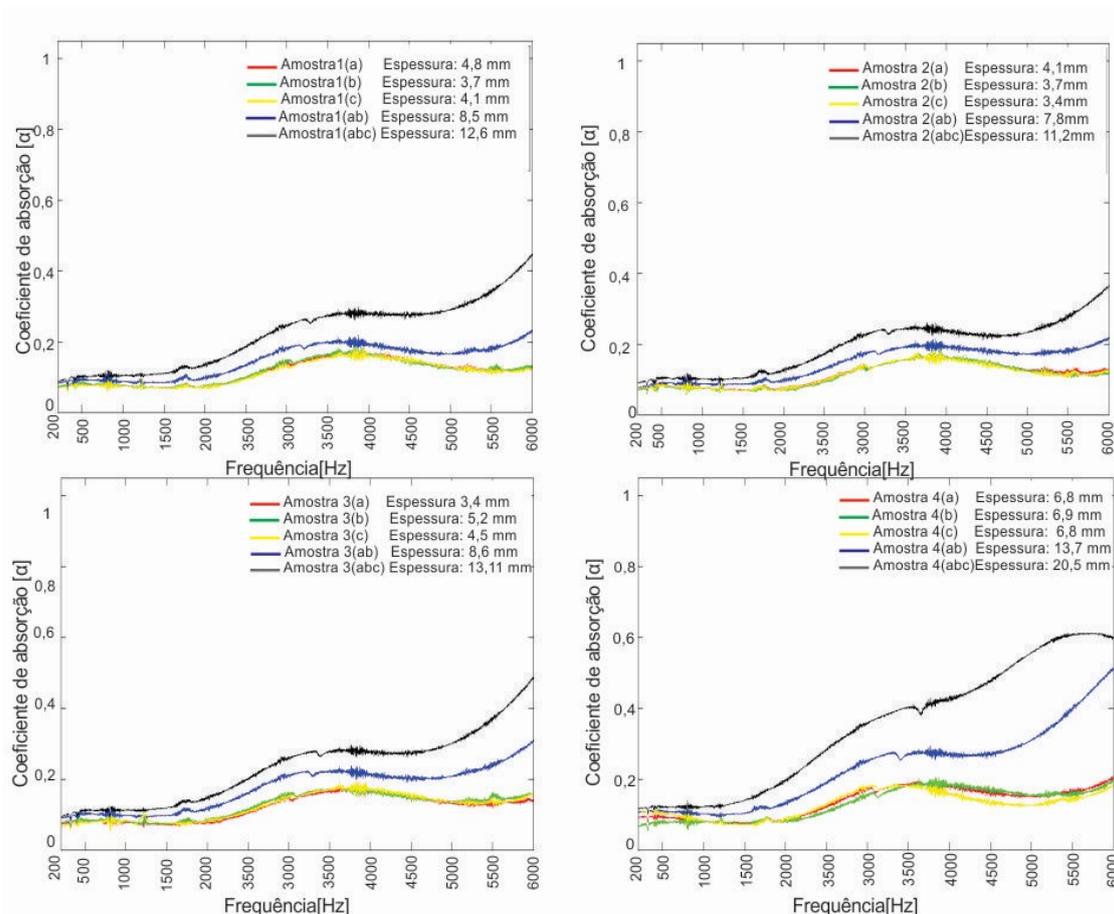
4.1.13 Absorção acústica

Os dados obtidos nos ensaios de absorção acústica das bainhas fibrosas de *Livistona chinensis in natura* está ilustrado na Figura 45. Os gráficos apresentam os resultados por amostra separadamente (A, B e C), indicando sua espessura, e em seguida associadas em duas (AB) e três camadas (ABC).

Verifica-se nos gráficos que para apenas uma camada, com média de espessura de 4,8 mm, os resultados obtidos são praticamente idênticos para o coeficiente de absorção sonora. Quando se sobrepõe duas camadas (AB) onde a média de espessura aumenta para 9,65 mm, os valores são ligeiramente superiores para este coeficiente. Já com três camadas constata-se o melhor desempenho em relação à absorção acústica quando comparada às outras.

Nos resultados obtidos, percebe-se que a amostra 4(ABC) é a que apresenta melhor índice e absorção acústica, isto indica que a espessura é um fator significativo em relação à absorção acústica deste material.

Figura 45: Gráficos de absorção acústica da bainha fibrosa.



Resultado dos ensaios de absorção acústica de quatro amostras diferentes, indicando e espessura de cada amostra. Fonte: Autora (2018).

A não obtenção de resposta para as baixas frequências é explicada pelo fato de que materiais fibrosos/porosos possuem baixos coeficientes de absorção sonora em baixas frequências, e entre as opções para melhorar absorção seria aumentar a espessura, pois a absorção dos sons graves e médios depende de grandes espessuras do material, ou então associá-las a outros dispositivos como painéis ou membranas (BISTAFA, 2011; SIMÕES, 2011). Já para altas frequências o índice de absorção variou de $0,4\alpha$ a $0,6\alpha$, para uma média de espessura 14,35 mm, indicando que o material absorveu de 40 a 60 % da energia do raio sonoro.

Em um estudo realizado por Bastos (2009) onde foram desenvolvidos e caracterizados painéis fabricados a partir de fibras vegetais (coco, dendê, sisal e açai) e analisada a absorção acústica destes painéis, destaca-se o bom desempenho dos painéis fabricados de forma artesanal. Para comparação,

podemos verificar os materiais utilizados como absorventes acústicos produzidos industrialmente e alguns dos resultados dos painéis desenvolvidos por Bastos (2009) com fibras vegetais de forma artesanal (Tabela 13).

Tabela 13: Coeficiente de absorção sonora de materiais porosos/fibroso.

Material	Frequência			
	1000	2000	4000	6000
Espumex (1)	0,52	0,48	0,65	--
Sonex (1)	0,44	0,60	0,73	--
Açaí artesanal (2)	0,80	0,80	0,88	0,88
Dendê artesanal (2)	0,30	0,70	0,80	0,70
Sisal artesanal (2)	0,40	0,80	0,92	0,88
Coco <i>in natura</i> (2)	0,40	0,68	0,70	0,70
Mesclado coco e sisal (2)	0,43	0,93	0,92	0,90
Amostra 3 (ABC) <i>Livistona chinensis</i>	0,10	0,15	0,30	0,40
Amostra 4 (ABC) <i>Livistona chinensis</i>	0,10	0,20	0,30	0,60

Coeficiente de absorção sonora de materiais porosos/fibroso produzidos comercialmente e painéis fabricados artesanalmente com fibras vegetais (coco, dendê, sisal e açaí) e um painel mesclado com fibras de coco e sisal. Fonte: (1) Bistafa (2013); (2) Bastos (2009).

Apesar de apresentar baixos valores de absorção sonora, se comparada de maneira absoluta com outros materiais típicos para utilização em conforto acústico, deve-se levar em conta que tal fato é resultado de sua baixa espessura e densidade, pois o objetivo é analisar sua utilização *in natura*, sem nenhum tipo de processamento. Deste modo, deve-se fazer uma análise da relação custo-benefício para verificar a viabilidade de utilizá-los sobrepostos ou associados com outras fibras vegetais como, por exemplo, painéis mesclando duas ou mais fibras vegetais distintas, pois Bastos (2009) ressalta que a partir da combinação entre fibras (painéis mesclados) pode surgir um material com características ainda melhores.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo apresenta o fechamento do presente trabalho, o qual está dividido em duas seções. A primeira aborda as considerações finais do estudo referente aos resultados da pesquisa. Já na segunda seção apresenta sugestões para estudos futuros.

5.1 CONSIDERAÇÕES DO ESTUDO

Essa pesquisa assumiu como objetivo, caracterizar a bainha fibrosa da palmeira *Livistona chinensis*, definir suas principais propriedades e com isto identificar possibilidades de uso em projetos de produtos. Para tal, foram utilizadas técnicas de caracterização já consolidadas utilizadas em fibras vegetais; e realizados estudos com materiais similares, por meio de pesquisa bibliográfica, sobre o uso de fibras vegetais no design de produtos.

A palmeira *Livistona chinensis* produz um não tecido vegetal de estruturação plana, constituído por três camadas de fibras, com organização espacial distintas entre si. E com a caracterização morfológica e propriedades do material foi possível observar, além dessa estruturação, que possui diâmetros bem diversificados para suas fibras, tanto para as camadas externas quanto para a interna. De acordo com a classificação como um não tecido vegetal, foi considerado muito pesado na ordem de $273 \pm 77,12 \text{ g/m}^2$, valor inferior ao da fibra de sisal e levemente superior ao da fibra de tururi. Apontou densidade próxima as encontradas para as fibras coco, cânhamo, sisal e juta, sendo essas largamente utilizadas na indústria. A microscopia eletrônica apontou semelhanças com as das fibras de coco e tururi, com pequenos

cristais multifacetados, constituídos por sílica, formando cadeias conhecidas como séries cristalíferas.

Um dos fatores relevantes obtido com caracterização térmica, foi que a bainha fibrosa possui boa estabilidade térmica até os 230°C, sendo essa faixa de temperatura semelhante a obtida para os valores de degradação de fibras de *Luffa cylindrica*, piaçava e sisal e mais elevados que os descritos para as fibras de coco e curauá. Esse resultado poderá viabilizar o uso desse material fibroso como carga para materiais compósitos, uma vez que não se degrada em temperaturas de processamento de polímeros.

A espectrografia de infravermelho confirmou a presença de celulose, hemicelulose e lignina, cujos valores foram estimados com a composição química realizada na bainha fibrosa, onde apontou a presença de 41,34% de celulose, 16,37% de hemicelulose e 32,99% de lignina, resultados que se aproximam aos valores encontrados para as fibras de coco. Os índices de cristalinidade da bainha fibrosa também ficaram próximos aos índices de cristalinidade da fibra de coco.

Na caracterização mecânica da bainha fibrosa, com valor médio de 184,7 N para a carga de ruptura, se comparada os resultados encontrados com dados obtidos na literatura para nãotecidos, foi superior ao tecido de juta e inferior ao tururi. As fibras vegetais apresentam uma grande complexidade estrutural e fatores citados anteriormente como a densidade, índice de cristalinidade, composição química pode afetar os resultados de resistência a tração nas fibras vegetais.

Os índices de condutividade térmica mantiveram-se próximos aos valores de materiais isolantes utilizados industrialmente. E os resultados obtidos com a termografia de infravermelho apresentaram diferenças significativas, principalmente quando as bainhas fibrosas foram sobrepostas em camadas sobre o bloco cerâmico, e assim, aponta seu potencial para uso *in natura* como isolante térmico.

Os resultados adquiridos nos ensaios de absorção acústica, apesar dos baixos valores se comparada de maneira absoluta com outros materiais típicos para utilização em acústica, apontou que esse resultado pode estar associado à baixa espessura da bainha fibras, assim, associar a bainha fibrosa com outras fibras vegetais, ou até mesmo espessamento por adição de mais

camadas, pode ser uma alternativa para um material com características melhores.

A caracterização da bainha fibrosa por técnicas consolidadas, proposto por este trabalho, alcançou seus objetivos, onde identificou propriedades e característica coerentes com os de outras fibras lignocelulósicas.

Caracterizar um novo material é um desafio que abre caminho para novas possibilidades de investigação e levando-se em consideração todas as características identificadas para a bainha fibrosa comparando-as com outras plantas, apresenta possibilidade de utilização similar às espécies comercialmente exploradas pelo mercado de fibras vegetais, principalmente no que diz respeito à aplicação da bainha fibrosa como isolante térmico, indicando-a como uma boa possibilidade entre as fibras vegetais para seu uso *in natura*.

No Apêndice B, os resultados obtidos nesta pesquisa estão listados juntamente com resultados de outras fibras vegetais citadas neste trabalho. Deve-se lembrar, entretanto, que os valores apresentados na Tabela dependem muito das características particulares de cada equipamento e são apenas orientativos.

5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

O leque de possibilidades para trabalhos futuros é grande com relação às propriedades do material e com a definição das principais propriedades químicas, térmicas e físicas do não tecido vegetal.

No que diz respeito às propriedades químicas, sugere-se analisar o efeito frente a tratamentos de superfície que visem à melhoria da interface fibra/matriz em compósitos de matrizes poliméricas; estudos de envelhecimento e absorção de água também se fazem necessários.

Com o bom desempenho como isolante térmico, sugerem-se ensaios com insolação direta a partir dos resultados obtidos nos ensaios de absorção acústica, sugerem-se ensaios em câmaras reverberantes associando-a a outras fibras vegetais para melhorar seu desempenho em baixas frequências já que o baixo índice está associado com a baixa espessura do material. Teste de

flamabilidade, porosidade e susceptibilidade a fungos do material também se fazem necessários.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12546 TB 392 - Materiais têxteis - Ligamentos fundamentais de tecidos planos. 1991.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12984: Nãotecido – determinação da massa por unidade de área. Rio de Janeiro, 2000.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13370: Nãotecido - Terminologia. 2002.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15220-1: Desempenho térmico de edificações. Parte 1: definições, símbolos e unidades. Rio de Janeiro, 2005b.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15220-2: Desempenho térmico de edificações. Parte 2: métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro, 2005c.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR12744: Fibras Têxteis. 1992.

AGUIAR NETO, Pedro Pita; PITA, P. **Fibras têxteis**. Rio de Janeiro: Senai/Cetiqt, v. II, 1996.

ALQUINI, Y.; BONA, C.; BOEGER, M.; COSTA, C.; BARROS, C. Epiderme. In: APPEZATTO, D. A.; GLÓRIA, B.; GUERREIRO, S. M. C. (Eds.). **Anatomia vegetal**. Viçosa: UFV, 2006.

ALVES, Maurício Rubio Pinto et al. **Palmeiras: características botânicas e evolução**. Fundação Cargill, 1987.

AQUINO, R. C. M. P. **Desenvolvimento de Compósitos de fibras de Piaçava da espécie Attalea Funifera Mart e matriz de resina poliéster**. 2005. Tese de D. Sc., UENF, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.

ASHBY, Michael. F.; JOHNSON, Kara. **Materiais e design: arte e ciência na seleção de materiais no design de produto**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

ASHRAE Standard 55: **Thermal environmental conditions for human occupancy**. American Society of Heating, Refrigerating, and Air-conditioning engineers. Atlanta, GA, EUA. 1992.

BARBOSA, A. P. **Características estruturais e propriedades de compósitos poliméricos reforçados com fibras de Buriti**. Tese de D. Sc. UENF. RJ, 2011.

BASTOS, Leopoldo Pachecol. **Desenvolvimento e caracterização acústica de painéis multicamadas unifibra, multifibras e mesclados, fabricados a partir de fibras vegetais**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Pará. Belém. 2009.

BAUMHARDT, NETO R. RAIOS X. in: **Técnicas de Caracterização de Polímeros**. CANEVAROLO JR., SV São Paulo: Artliber, p. 40-55, 2004.

BERNAL, R.; TORRES, C.; GARCÍA, N.; ISAZA, C.; NAVARRO, J.; VALLEJO, M. I.; GALEANO, G.; BALSLEV, H. **Palm management in south america**. The Botanical Review, v. 77, n. 4, p. 607-646, 2011. <https://doi.org/10.1007/s12229-011-9088-6>.

BISTAFA, Sylvio Reynaldo. **Acústica aplicada ao controle do ruído**. 2. ed. rev. São Paulo : Blucher, c2011. 380 p. : il.

BLEDZKI, A. K.; GASSAN, J. **Composites reinforced with cellulose based fibres**. Progress in polymer science, v. 24, n. 2, p. 221-274, 1999.

BNDES. **Rami, uma Cultura em Extinção**. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. 1996. Disponível em: <www.bndes.gov.br> Acesso em 08/08/2016.

BONIOLO, M. R.; YAMAURA, M.; MONTEIRO, R. A. **Biomassa residual para remoção de íons uranilo**. Química Nova, v. 33, n. 3, p. 547-551, 2010.

BRASILEIRO-SFB, SERVIÇO FLORESTAL. **Florestas do Brasil em resumo: dados de 2007 a 2012**. Brasília: SFB, 2013.

BROSCHAT, T. K. **Livistona chinensis: Chinese Fan Palm**. Environmental Horticulture Department, ENH-524-UF/IFAS Extension, University of Florida. 2014.

CALLISTER, William D., Jr. **Fundamentos da ciência e engenharia de materiais: uma abordagem integrada**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006. xix, 702 p. : il.

CAPOBIANCO, João Paulo Ribeiro. **Biodiversidade na Amazônia brasileira: avaliação e ações prioritárias para a conservação, uso sustentável e repartição de benefícios**. Instituto Socioambiental, 2001.

CARVALHO, Luiz Fernando Meneses. **Tratamentos de fibras de carnaúba [copernicia prunifera (miller) he moore] para o desenvolvimento de compósito biodegradável com matriz de polihidroxibutirato**. Tese de D.Sc.UFRN. 2011.

CARVALHO, Ricardo Fernandes. **Compósitos de fibras de sisal para uso em reforço de estruturas de madeira**. 2005. Tese de D. Sc. São Carlos, Universidade de São Paulo.

CASALI, Barachisio Lisboa. **A PIAÇAVEIRA DESPONTA COMO CULTURA DE DESTAQUE NA ECONOMIA DA REGIÃO DO SUL DA BAHIA**. CEPLAC. 2016. Disponível em <<http://www.ceplac.gov.br/radar/piacava.htm>> Acesso em 08/08/2016.

CES. **Cambridge Engineering Selector** - Edupack 2013 (software). Reino Unido: GrantaDesign, 2009

CHUN, K. S.; HUSSEINSYAH, S. **Agrowaste-based composites from cocoa pod husk and polypropylene: effect of filler content and chemical treatment**. Journal of Thermoplastic Composite Materials, v. 29, n. 10, p. 1332-1351, 2016. doi: 10.1177/0892705714563125.

CORADIN, Lidio; SIMINSKI, Alexandre; REIS, Ademir. **Espécies Nativas da Flora Brasileira de Valor Econômico Atual ou Potencial**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2011. ISBN 978-85-7738-153-1. Disponível em <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br>> Acesso em 15/08/2016.

CORREA, Maria Urbana de. ageitec - Agencia Embrapa de Informação Tecnológica. EMBRAPA - **Fibra de coco na Indústria**. 2016. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/coco/arvore/CONT000gm3gfso502wx5ok0f7mv209jae397.html>>. Acesso em: 11/08/2016.

COSTA, C.; CALLADO, C.; CORADIN, V.; CARMELLO-GUERREIRO, S. XILEMA. In: APPEZATTO, D. A.; GLÓRIA, B.; GUERREIRO, S. M. C. (Eds.). **Anatomia vegetal**. Viçosa: UFV, 2006.

D'ALMEIDA, J. R. M.; AQUINO, R. C. M. P.; MONTEIRO, S. N. **Tensile mechanical properties, morphological aspects and chemical characterization of piassava (*Attalea funifera*) fibers**. Composites Part A: Applied Science and Manufacturing. v. 37, n. 9, p. 1473-1479, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2005.03.035>

DEDAVID, B.A.; GOMES, C.I.; MACHADO, G. **Microscopia eletrônica de varredura: aplicações e preparação de amostras: materiais poliméricos, metálicos e semicondutores**. Porto Alegre. Ed. PUCRS, 2007.

DOWE, JOHN LESLIE. **A taxonomic account of *Livistona* R. Br.(Arecaceae)**. Gard. Bull. Singapore, v. 60, n. 2, p. 185-344, 2009.

DRANSFIELD, J.; UHL, N. W.; ASMUSSEN, C. B.; BAKER, W. J.; HARLEY, M. M.; LEWIS, C. E. **A new phylogenetic classification of the palm family, Arecaceae**. Kew Bulletin, p. 559-569, 2005.

DUARTE, L. D. C.; JUCHEM, P. L.; PULZ, G. M.; BRUM, T. M. M. D.; CHODUR, N. L.; LICCARDO, A.; Fischer, A. C.; ACAUAN, R. B. **Aplicações de microscopia eletrônica de varredura (MEV) e sistema de energia dispersiva (EDS) no estudo de gemas exemplos brasileiros.** Pesquisas em Geociências. Porto Alegre, RS. Vol. 30, n. 2, p. 3-15., 2003.

EIRES, R. **Materiais não convencionais para uma construção sustentável utilizando cânhamo, pasta de papel e cortiça.** Tese de D. Sc. Escola de Engenharia da Universidade do Minho. 2006.

EL OUDIANI, A., CHAABOUNI, Y., MSAHLI, S., & SAKLI, F. **Crystalline character of Agave americana L. fibers.** Textile research journal, v. 78, n. 7, p. 631-644, 2008.

FARUK, O., BLEDZKI, A. K., FINK, H. P. SAIN, M. **Biocomposites reinforced with natural fibers: 2000–2010. Progress in polymer science,** v. 37, n. 11, p. 1552-1596, 2012. DOI: 10.1016/j.progpolymsci.2012.04.003.

FARUK, O., BLEDZKI, A. K., FINK, H. P. SAIN, M. **Progress report on natural fiber reinforced composites.** Macromolecular Materials and Engineering, v. 299, n. 1, p. 9-26, 2014. DOI: 10.1002/mame.201300008.

FENG, Y.; FENG, Z.; LI, S.; ZHANG, W.; LUAN, X.; LIU, Y.; Cheng, I.; ZHANG, L. **Micro-CT characterization on porosity structure of 3D C f/SiC m composite.** Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, v. 42, n. 11, p. 1645-1650, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2011.07.015>

FERREIRA, E. J. L. **Diversidade e importância econômica das palmeiras da Amazônia brasileira.** In: Anais 56º Congresso Nacional De Botânica, Curitiba, Paraná. 2005.

FERREIRA, E. J. L. **Diversidade e potencial econômico de Palmeiras da Amazônia Brasileira.** A Gazeta do Acre. Disponível em: <<http://agazetadoacre.com/diversidade-e-potencial-economico-de-palmeiras-da-amazonia-brasileira/>> Acesso em: 27/11/2016.

FINKIELSZTEJN, Beatriz. **Sistemas Modulares Têxteis como aproveitamento de fibras naturais: Uma alternativa sustentável em Arquitetura & Design.** Dissertação M.Sc. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.2006

FLETCHER, Kate; GROSE, Lynda. **Moda & Sustentabilidade: design para mudança.** São Paulo: Senac. Vol. 1. 2011. ISBN: 9788539601639.

FONSECA, A. S. **Caracterização tecnológica das fibras do estirpe de Desmoncus polyacanthos Mart.** Dissertação M.Sc.. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2012. 116p.

GARCIA, A.; SPIN, J. A.; SANTOS, C. A. dos. **Ensaio dos materiais.** 2.ed. Rio de Janeiro: LTC, 365 p. 2012.

GUIMARÃES, J. L., FROLLINI, E., DA SILVA, C. G., WYPYCH, F., SATYANARAYANA, K. G. **Characterization of banana, sugarcane bagasse and sponge gourd fibers of Brazil**. Industrial Crops and Products, v. 30, n. 3, p. 407-415, 2009. DOI: 10.1016/j.indcrop.2009.07.013

HENDERSON, FLOR M. **Morphology and anatomy of palm seedlings**. The Botanical Review, v. 72, n. 4, p. 273-329, 2006. NY 10458-5125.

HERMAN, Gabor T. **Fundamentals of computerized tomography: image reconstruction from projections**. In: Fundamentals of Computerized Tomography. Advances in Pattern Recognition. Springer, London. 2009. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-84628-723-7_1. ISBN: 978-1-84628-723-7.

HOAREAU, W.; TRINDADE, W. G.; SIEGMUND, B.; CASTELLAN, A.; FROLLINI, E. **Sugar cane bagasse and curaua lignins oxidized by chlorine dioxide and reacted with furfuryl alcohol: characterization and stability**. Polymer Degradation and Stability, v. 86, n. 3, p. 567-576, 2004.

HRISTOZOV, D.; WROBLEWSKI, L.; SADEGHIAN, P. **Long-term tensile properties of natural fibre-reinforced polymer composites: comparison of flax and glass fibres**. Composites Part B: Engineering, v. 95, p. 82-95, 2016. DOI: 10.1016/j.compositesb.2016.03.079.

I&DT - INSTITUTO PEDRO NUNES (IPN). **Picnometria de hélio**. 2017. Disponível em <<https://www.ipn.pt/laboratorio/LEDMAT/ensaio/16>> Acesso em 12/08/2016.

JOHNSON, Dennis V. (ed) and the IUCN/SSC. **Palm Specialist Group. Palms: Their Conservation and Sustained Utilization**. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge: Uk, 116 + viii pp, 1996. ISBN: 2-8317-0352-2.

JOHNSON, Dennis V. **Non-wood forest products 10/REV 1 -Tropical palms**. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome. 2011. ISBN 978-92-5-106742-0.

JÚNIOR, H. L. O.; MORAES, Á. G. D. O.; POLETTO, M.; ZATTERA, A. J.; AMICO, S. C. **Chemical composition, tensile properties and structural characterization of buriti fiber**. Cellulose Chemistry and Technology, v. 50, n. 1, p. 15-22, 2016.

KALIL FILHO, A. N.; DE RESENDE, Marcos Deon Vilela. **Melhoramento de palmáceas**. In: WORKSHOP SOBRE MELHORAMENTO DE ESPÉCIES FLORESTAIS E PALMÁCEAS NO BRASIL, p. 95-114. Curitiba. Colombo: Embrapa Florestas, 2001

KAWANO, Y. Espectroscopia vibracional de absorção no infravermelho. In: Sebastião V. Canevarolo Jr. (Org.). **Técnicas de Caracterização de Polímeros**. 1º ed. São Paulo: Artliber Editora Ltda, 2004, p. 17-39

KLOCK, U.; MUÑIZ, G. D.; HERNANDEZ, J. A.; ANDRADE, A. D. **Química da madeira**. Curitiba: UFPR, v. 3, 2005.

KOBORI, N.; PIVETTA, K. F. L.; DEMATTÊ, M. E. S. P.; SILVA, B. M. D. S. E., DA LUZ, P. B.; PIMENTA, R. S. **Efeito da temperatura e do regime de luz na germinação de sementes de Palmeira-leque-da-China (*Livistona chinensis* (Jack.) R. Br. ex. Mart.)**. Ornamental Horticulture, pp. 29-36. v. 15, n. 1, 2009.

LANDIS, E.N., KEANE, D.T., 2010. **X-ray microtomography**. Mater. Charact. 61, 1305–1316. doi:10.1016/j.matchar.2010.09.012.

LASCHUK, Tatiana. **Design Têxtil: da estrutura à superfície**. Porto Alegre: Editora Uniritter, 2009.

LAVALL, R. L.; SALES, J. A.; BORGES, R. S.; CALADO, H. D.; MACHADO, J. C.; WINDMOLLER, D.; SILVA, G.; LACERDA, R.; LADEIRA, L. O. **Nanocompósitos de poliuretana termoplástica e nanotubos de carbono de paredes múltiplas para dissipação eletrostática**. Quim. Nova, v. 33, n. 1, p. 133-140, 2010.

LEAL R.M.D.C. **A Diversidade da Fibra do Tururi: Aplicabilidade e Usabilidade**. 8º Colóquio de Moda. - Rio de Janeiro.2012.

Lin, W.; Zhao, J.; Cao, Z.; Zhuang, Q.; Zheng, L.; Zeng, J.; Peng, J. ***Livistona chinensis* seeds inhibit hepatocellular carcinoma angiogenesis in vivo via suppression of the Notch pathway**. Oncology reports, v. 31, n. 4, p. 1723-1728, 2014. <https://doi.org/10.3892/or.2014.3051>

LOPES, F. F.; ARAÚJO, G. T.; LUNA, S.; NASCIMENTO, J. W.; DA SILVA, V. R. **Modificação das propriedades das fibras de curauá por acetilação**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi, Campina Grand. v. 15, n. 3, pp. 316–321. 2011.

LORENZI, H.; SOUZA, H. M. D.; CERQUEIRA, L. S. C. D.; MEDEIROS-COSTA, J. T. D.; BEHR, N. V. **Palmeiras no Brasil: nativas e exóticas**. São Paulo, BR: Edit. Plantarum, p. 303: il. 1996.

LUZ, S. M. **Celulose de Bagaço e Palha de Cana-de-açúcar: Modificação Química e Aplicação em Compósitos como Reforço do Polipropileno**. 2004. Tese de Doutorado. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia Química de Lorena.

MALDAGUE, Xavier PV. **Introduction to NDT by active infrared thermography**. Materials Evaluation, v. 60, n. 9, p. 1060-1073, 2002.

MANZINI, EZIO. **Design para a inovação social e sustentabilidade: comunidades criativas, organizações colaborativas e novas redes projetuais**. Rio de Janeiro: E-papers, 2008.'

MARINELLI, A. L.; MONTEIRO, M. R.; AMBRÓSIO, J. D.; BRANCIFORTI, M. C.; KOBAYASHI, M.; NOBRE, A. D. L. **Desenvolvimento de compósitos poliméricos com fibras vegetais naturais da biodiversidade: uma contribuição para a sustentabilidade amazônica.** Polímeros: Ciência e Tecnologia, v. 18, n. 2, p. 92-99, 2008.

MARONI, L.; PUBLIO, W.; SAITO, J.; LIMA, C. **Manual de nãotecidos: Classificação, identificação e aplicações de nãotecidos.** São Paulo: ABINT, v. 2001, 1999.

MARTIN, A. R.; MARTINS, M. A.; MATTOSO, L. H.; SILVA, O. R. **Caracterização química e estrutural de fibra de sisal da variedade Agave sisalana.** Polímeros: Ciência e Tecnologia, v. 19, n. 1, 2009.

MATOS, J.R.; MACHADO, L.D.B. Análise térmica – termogravimetria. In: Sebastião Vicente Canevarolo. (Org.). Técnicas de Caracterização de polímeros. São Paulo : 1 ed. Artliber, pp. 209-228. 2003.

MEDINA, Júlio César Medina Cardoza. Plantas fibrosas da flora mundial. Campinas, Instituto Agronômico. 1959.

MENDONÇA, Luís Viegas. **Termografia por Infravermelhos Inspeção de Betão.** Engenharia e Vida, v. 1, n. 16, p. 53-57, 2005.

METCALF, C.R. 1985. Silica. In: Metcalfe, C.R.; Chalk L. (Eds.). **Anatomy of Dicotyledons.** Claredon Press, Oxford. 2: 91-94.

MIRANDA, Rossana Martins. **Estudo do comportamento mecânico de um eco-compósito para aplicação como painéis divisórios de ambientes.** Dissertação M.Sc. Universidade Federal do Pará. 2007.

MOHANTY, A. K.; MISRA, M.; DRZAL, L. T. **Sustainable bio-composites from renewable resources: opportunities and challenges in the green materials world.** Journal of Polymers and the Environment, v. 10, n. 1, p. 19-26, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1021013921916>.

MONTEIRO, A. S.; BARUQUE-RAMOS, J. **Fibra de tururi (Manicaria saccifera Gaertn): processo de extração, beneficiamento e sua aplicabilidade em artigos têxteis.** 2º CONTEXMOD, Sao Paulo. v. 1, n. 2, p. 10, 2014.

MONTEIRO, S. N.; AQUINO, R. C. M. P.; LOPES, P. D.; CARVALHO, E. A.; DALMEIDA, J. R. **Comportamento mecânico e características estruturais de compósitos poliméricos reforçados com fibras contínuas e alinhadas de curauá.** Revista Matéria, v. 11, n. 3, p. 197-203, 2006.

MOREIRA, T. M.; SEO, E. S. M. **Obtenção e caracterização de polímero reforçado com fibras da folha de milho.** Matéria (Rio de Janeiro), v. 21, n. 4, p. 1054-1068, 2016.

MOURA, M. J.; FIGUEIREDO, M. M. **Aplicação das Técnicas de Picnometria de Gás e de Porosimetria de Mercúrio à Caracterização da Madeira de E. globulus**. Silva Lusitana, v. 10, n. 2, p. 207-216, 2002.

NATESC S. **Chinese Fan Palm**. Remarkable Trees On Nil Campus. 2012. Disponível em: <http://www1.nii.res.in/pdf/livistona.pdf>.

OLIVEIRA A.K.F.; D'ALMEIDA J.R.M **Caracterização da fibra de tururi como elemento para fabricação de eco-compósitos**. 9º. P&D Design Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design. São Paulo: Universidade Anhembi Morumbi,v. 1, 2010.

OLIVEIRA, A. K. **Estudo da viabilidade técnica de utilização do compósito poliuretano de resina de mamona e fibra de ubuçu na fabricação de pisos e revestimentos**. Tese de D.Sc., PUC-Rio. 2011.

OLIVEIRA, H. N.; MULINARI, D.R. **Avaliação do uso de agente compatibilizante em compósitos poliméricos**. Cadernos UniFOA, v. 9, n. 1 (Esp.), p. 29-35, 2017.

OLIVEIRA, Jean de Lima. **Processamento e Caracterização de Compósitos de Polipropileno Reforçados com Fibras da Palmeira Real Australiana**. Dissertação. Dissertação M.Sc. Unifoa. Volta Redonda. 2015.

OLIVEIRA, Maria Helena de. **Principais matérias-primas utilizadas na indústria têxtil**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 5, 1997.

PASTORE, T. C. M.; OLIVEIRA, C. C. K. D.; RUBIM, J. C.; SANTOS, K. D. O. **Effect of artificial weathering on tropical woods monitored by infrared spectroscopy (DRIFT)**. Química Nova, v. 31, n. 8, p. 2071-2075, 2008.

PAVIA, D. L.; LAMPMAN, G. M.; KRIZ, G. S.; VYVYAN, J. R. **ntrodução à espectroscopia**.São Paulo: Cengage Learning, 2010.

PEREIRA, Camila Lúcio. **Aproveitamento do resíduo do coco verde para produção de compósitos destinados à construção rural**. Tese DSc. Universidade de São Paulo. 2012.

PEREIRA, P. H. F., ROSA, M. D. F., CIOFFI, M. O. H., BENINI, K. C. C. D. C., MILANESE, A. C., VOORWALD, H. J. C., & MULINARI, D. R. **Vegetal fibers in polymeric composites: a review**. Polímeros, v. 25, n. 1, p. 9-22, 2015.

PIRES, Eduardo Nascimento. **Efeito do tratamento de superfície em fibras de juta no comportamento mecânico de compósitos de matriz epóxi**. Dissertação M.Sc. UFSC. 2009.

PRATES, E. R. **Técnicas de pesquisa em nutrição animal**. Porto Alegre: UFRGS, p. 414, 2007.

RAMESH, M.; PALANIKUMAR, K.; REDDY, K. Hemachandra. **Mechanical property evaluation of sisal–jute–glass fiber reinforced polyester composites**. Composites Part B: Engineering, v. 48, p. 1-9, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2012.12.004>.

ROMBALDO, C. F., LISBOA, A. C., MENDEZ, M. O.; COUTINHO, A. R. **Brazilian natural fiber (jute) as raw material for activated carbon production**. Anais da Academia Brasileira de Ciências, v. 86, n. 4, p. 2137-2144, 2014.

ROWELL, R. M.; HAN, J. S.; ROWELL, J. S. Characterization and factors effecting fiber properties. **Natural Polymers and Agrofibers Bases Composites**. Embrapa Instrumentacao Agropecuaria, P. O. Box 741, Sao Carlos, 13560-970 SP, Brazil, 2000., p. 115-134, 2000.

SALCEDO, Elena. **Moda ética para um futuro sustentável**. Editorial Gustavo Gili, 2014.

SANCHES, M. C.; COELHO, N. N.; FUTIGAMI, J. D. M.; ROCHA, M. C. **Avaliação do processo de mercerização da torta de mamona**. BRASILTEC 2014. Rio de Janeiro. 2014.

SANTOS, P. A.; SPINACÉ, M. A.; FERMOSELLI, K. K.; DE PAOLI, M. A.. **Efeito da forma de processamento e do tratamento da fibra de curauá nas propriedades de compósitos com poliamida-6**. Polímeros: Ciência e tecnologia, v. 19, n. 1, pp. 31-39. 2009.

SARMENTO, FERNANDA. **Design para a sociobiodiversidade: perspectivas para o uso sustentável da borracha na Floresta Nacional do Tapajós**. Tese de D.Sc. Universidade de São Paulo, 2014.

SATYANARAYANA, K. G.; GUIMARÃES, J. L.; WYPYCH, FERNANDO. **Studies on lignocellulosic fibers of Brazil. Part I: Source, production, morphology, properties and applications**. Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, v. 38, n. 7, p. 1694-1709, 2007.

SATYANARAYANA, K. G.; SUKUMARAN, K.; MUKHERJEE, P. S.; PAVITHRAN, C.; PILLAI, S. G. K. **Natural fibre-polymer composites**. Cement and Concrete composites, v. 12, n. 2, p. 117-136, 1990. [https://doi.org/10.1016/0958-9465\(90\)90049-4](https://doi.org/10.1016/0958-9465(90)90049-4)

SCATENA, Vera; SCREMIN-DIAS, Edna. Parênquima, colênquima e esclerênquima. In: APPEZATTO, D. A.; GLÓRIA, B.; GUERREIRO, S. M. C. (Eds.). **Anatomia vegetal**. Viçosa: UFV, 2006.

SCHINDELIN, J.; ARGANDA-CARRERAS, I.; FRISE, E.; KAYNIG, V.; LONGAIR, M.; PIETZSCH, T.; PREIBISCH, S.; RUEDEN, C.; SAALFELD, S.; SCHMID, B.; TINEVEZ, J. Y.; WHITE, D. J.; HARTENSTEIN, V.; ELICEIRI, K.; TOMANCAK, P.; CARDONA, A. **Fiji: an open-source platform for biological-**

image analysis. Nature methods, v. 9, n. 7, p. 676-682, 2012. doi:10.1038/nmeth.2019.

SEBRAE/MG. **Como montar uma Fábrica de Móveis.** 2013. Disponível em: <<https://www.sebraemg.com.br/atendimento/bibliotecadigital/documento/Cartilha-Manual-ou-Livro/Como-montar-uma-Fabrica-de-Moveis>>. Acesso em 13/08/2016.

SEGAL, L. G. J. M. A.; CREELY, J. J.; MARTIN JR, A. E.; & CONRAD, C. M. **An empirical method for estimating the degree of crystallinity of native cellulose using the X-ray diffractometer.** Textile Research Journal, v. 29, n. 10, p. 786-794, 1959. doi: 10.1177/004051755902901003

SHARMA, R. K.; WOOTEN, J. B.; BALIGA, V. L.; LIN, X.; CHAN, W. G.; HAJALIGOL, M. R. **Characterization of chars from pyrolysis of lignin.** Fuel, v. 83, n. 11, p. 1469-1482, 2004. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2003.11.015>

SILVA JUNIOR, Orlando Gama. **Produção e Caracterização de compósitos à base de fibra de Curauá, Amido termoplástico e polietileno, utilizando-se a termografia.** Tese de D.Sc. UFMG. BeloHorizonte. 2013.

SILVA, C. C.; CUNHA, R. A. D.; FELIPE, F. R. C. S.; FELIPE, R. N. B. **Desenvolvimento de tecidos de sisal para utilização em compósitos poliméricos.** Holos, v. 4, p. 12-19, 2009.

SILVA, R. V.; AQUINO, E. M. F. **Curauá fiber: a new alternative to polymeric composites.** Journal of reinforced plastics and composites, v. 27, n. 1, p. 103-112, 2008. Doi: 10.1177/07316844080270010301

SILVA, R.; HARAGUCHI, S. K.; MUNIZ, E. C.; RUBIRA, A. F. **Aplicações de fibras lignocelulósicas na química de polímeros e em compósitos.** Química Nova, v. 32, n. 3, p. 661-671, 2009.

SILVA, Rosana Vilarim da. **Compósito de resina poliuretano derivada de óleo de mamona e fibras vegetais.** Tese de D.Sc. Universidade de São Paulo. 2003.

SILVERSTEIN, R. M., BASSLER, G. C., MORRIL, T. C. **Identificação espectrométrica de compostos orgânicos.** 7. ed. Rio de Janeiro : LTC, xiv, p.490. 2007.

SIMÕES, Flavio Maia et al. **Acústica arquitetônica.** Rio de Janeiro, Brasil: Procel Edifica - Eficiência Energética em Edificações, 2011.

SOUZA, H. H. D.; FRAXE, T. D. J. P.; MEDEIRO, C. M.; SANTIAGO, J. L.; DE CASTRO, A. P.; AGUIAR, J. D.I. **Sustentabilidade e sociedade: máquina descortçadora de fibra de Malva (Urena Lobata L.), tecnologia social a serviço dos caboclos ribeirinhos do Amazonas.** Grupo de trabalho: Sociedade, trabalho e saberes tradicionais. In: II Encontro da Sociedade Brasileira de Sociologia da Região Norte, v. 13, 2010.

SPINACÉ, M. A.; JANEIRO, L. G.; BERNARDINO, F. C.; GROSSI, T. A.; PAOLI, M. A. D. . **Poliolefinas reforçadas com fibras vegetais curtas: sisal vs. curauá**. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, v. 21, n. 3, 2011.

STARR, Forest; STARR, Kim; LOOPE, Lloyd. **Livistona chinensis**. United States Geological Survey - Biological Resources Division. 2003.

STEVENS, Peter Francis; DAVIS, Hilary. **Angiosperm phylogeny website**. 2001. Disponível em: <http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/>. Acesso em 06/02/2018.

TANOBE, V. O. A. **Caracterização de Fibras de Esponjas de Luffa cylindrica para Utilização em Compósitos de Matriz Polimérica**. 2003. Dissertação M.Sc. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil..

TOMCZAK, F. **Estudos sobre a estrutura e propriedades de fibras de coco e curauá do Brasil**. Tese de D.Sc., Curitiba: Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, 2010.

TSERKI, V.; ZAFEIROPOULOS, N. E.; SIMON, F.; PANAYIOTOU, C. **A study of the effect of acetylation and propionylation surface treatments on natural fibres**. *Composites Part A: applied science and manufacturing*, v. 36, n. 8, p. 1110-1118, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2005.01.004>

VAZ, PAULO. **PROJETO JUTA DA AMAZÔNIA. Inclusão social e desenvolvimento dos Juteiros da Amazônia**. - 2017. Disponível em: <https://www.changemakers.com/sites/default/files/inclusao_social_-_juta_da_amazonia.pdf> Acesso em 13/08/2016.

WAMBUA, Paul; IVENS, Jan; VERPOEST, Ignaas. **Natural fibres: can they replace glass in fibre reinforced plastics?**. *Composites Science and Technology*, v. 63, n. 9, p. 1259-1264, 2003. [https://doi.org/10.1016/S0266-3538\(03\)00096-4](https://doi.org/10.1016/S0266-3538(03)00096-4).

Yao, H.; Chen, Y.; Shi, P.; Hu, J.; Li, S.; Huang, Lin.J.; Lin, X. **Screening and quantitative analysis of antioxidants in the fruits of Livistona chinensis R. Br using HPLC-DAD-ESI/MS coupled with pre-column DPPH assay**. *Food chemistry*, v. 135, n. 4, p. 2802-2807, 2012.

ZAH, R.; HISCHIER, R.; LEÃO, A. L.; BRAUN, I. **Curauá fibers in the automobile industry—a sustainability assessment**. *Journal of cleaner production*, v. 15, n. 11-12, p. 1032-1040, 2007.

ZAMBRANA, N. Y. P.; BYG, A.; SVENNING, J. C.; MORAES, M., GRANDEZ, C.; BALSLEV, H. **Diversity of palm uses in the western Amazon**. *Biodiversity and Conservation*, v. 16, n. 10, p. 2771-2787, 2007. <https://doi.org/10.1007/s10531-007-9218-y>

Zeng, X.; Tian, J.; Cui, L.; Wang, Y.; Su, Y.; Zhou, X.; He, X. **The phenolics from the roots of *Livistona chinensis* show antioxidative and osteoblast differentiation promoting activity.** *Molecules*, v. 19, n. 1, p. 263-278, 2013. doi:10.3390/molecules19010263.

REFERÊNCIAS DAS IMAGENS

AMAZONIA. **Fibras Naturais**. Disponível em:
http://www.amazoniamoveis.com.br/produtos_material.asp?id=120&desc=Fibras%20Naturais. Acesso em 08/08/2016.

ANIMALIA. Matriz Natural. **Biojóias**. Maxi Anel Olho de Mel em Madeiras Jaqueira e Tucumã. Disponível em:
<http://www.matriznatural.com.br/biojoias/maxi-anel-olho-de-mel-em-madeiras-jaqueira-e-tucuma-animalia>. Acesso em 08/08/2016.

ART E CORDAS. **Sisal e Rami**. Disponível em:
<http://www.artecordas.com.br/index.php>. Acesso em 18/08/2016.

ARTESOL. **Mãos que Valem Ouro**. Disponível em:
<http://artesol.org.br/2016/05/31/artesol-spfw-n41/maos-que-valem-ouro-artesol-sp-27042016-6/>. Acesso em 12/08/2016.

BOOSE, Christine. **Braceletes Piaçava**. Disponível em:
<http://www.flickrriver.com/photos/tine72/4470302730/>. Acesso em 12/08/2016.

CAATINGA CERRADO. **Carnaúba Viva**. Disponível em:
<http://www.caatingacerrado.com.br/carnauba-viva-rn/>. Acesso em 08/08/2016.

CAIXA CHEIA E INTERIORES. **Artesanato em moveis com talo e fibra de Buriti**. Disponível em: <http://caixacheiaeinteriores.blogspot.com.br/2012/10/>. Acesso em 18/08/2016.

CHÁ DE MULHER. **Palha de Buriti na Moda Consciente**. Disponível em:
http://www.chademulher.com.br/blog/palha_de_buriti/. Acesso em 18/08/2016.

CHEF MINEIRIM. **Geleia de Buriti**. Disponível em:
<http://www.chefmineirim.com.br/geleia-de-buriti-50g>. Acesso em 18/08/2016.

COCO MATS. **Tapetes e acabamentos internos de fibra de coco e sisal**. Disponível em: <https://www.cocomats.com/mercedes-benz-gallery/>. Acesso em 18/08/2016.

CONSTREVE. **Ventiladores e ar condicionado: 10 modelos para refrescar sua casa.** Disponível em:
<http://constreve.blogspot.com.br/2012/01/ventiladores-e-ar-condicionado-10.html>

DESIGNAR. **Cestaria Piaçava.** Disponível em:
<http://odesignare.blogspot.com.br/2009/12/>. Acesso em 12/08/2016.

Ê DENDE. **Piaçava.** Disponível em: <http://www.edende.org/loja/produtos/jogo-americano-ze/>. Acesso em 12/08/2016.

ELIZABETH'S WONDER STORE. **Máscara para cílios preto cera de carnaúba.** Disponível em: https://pt.aliexpress.com/promotion/promotion_black-carnauba-wax-promotion.html. Acesso em 18/08/2016.

ELO 7. **Bolsa Carteira em Palha de Buriti.** Disponível em:
<https://www.elo7.com.br/bolsa-carteira-em-palha-de-buriti/dp/E91AE#sum=0&smsm=0&df=d&fp=0&rps=0&cpr=0&ucr=1&uss=1&sac=0&srr=0&uso=o&sdr=1>. Acesso em 18/08/2016.

ELO 7. **BOLSA PALHA BURITI PEQUENA.** Disponível em:
<https://www.elo7.com.br/bolsa-palha-buriti-pequena/dp/646517>. Acesso em 08/08/2016

Extra. **Lustra Móveis com Cera de Carnaúba PEROBA.** Disponível em:
<https://www.deliveryextra.com.br/produto/69030/lustra-moveis-com-cera-de-carnauba-peroba-frasco-200ml>. Acesso em 08/08/2016.

FRUTOS DO BRASIL. **Sorvetes Buriti.** Disponível em:
<http://www.frutosdobrasil.com.br/pt/produtos/sorvetes/buriti>. Acesso em 18/2016

GEOFOCO Brasil. **BIOMANTA.** Disponível em:
<http://geofoco.com.br/geossinteticos/biomanta/>. Acesso em 18/08/2016.

GRAN VELADA. **Cera Carnaúba.** Disponível em:
<http://www.granvelada.com/pt/ceras-e-parafinas-para-velas-ou-cosmetica/572-onde-comprar-venda-propriedades-de-cera-carnauba-para-velas-cremes-cosmetica-artesanal.html>. Acesso em 18/08/2016.

ICHARMOSA BLOG. **Salve o Planeta e a Sua Pele Também!** Disponível em:
<https://icharmosa.wordpress.com/category/novidades/page/2/>. Acesso em 08/08/2016.

IDTOOLS.ORG. **Palm Morphology.** Disponível em:
<http://idtools.org/id/palms/palmid/morphology.php>. Acesso em 08/08/2016.

INFOJOIA. **Biojoias a diversidade brasileira.** Aliança de ouro com semente de tucumã. Disponível em:
http://www.infojoia.com.br/news_portal/noticia_6494. Acesso em 08/08/2016.

INSOLE. **LINEA bio**. Disponível em: <http://www.insole.it/linea-bio.html>. Acesso em 18/08/2016.

KRISHNAN, MUTHURAMALINGAM. **Biocomposites in Automotive Applications** (2013). Disponível em: <file:///C:/Users/Silvie/Downloads/frptoday-biocompositesinautomotiveapplications-130828091432-phpapp01.pdf>. Acesso em 18/08/2016.

LICHEE. **Linha SOS Tucumã**. Disponível em: <http://www.lichee.com.br/produtos/>. Acesso em 08/08/2016.

LUIZ, Edson. **Guia de campo Palmeiras**. Disponível em: <http://pt.calameo.com/books/002780600b27753767daa>. Acesso em 08/08/2016
MARCUS, Ernest Small and David. Hemp: A New Crop with New Uses for North America. Disponível em: <https://www.hort.purdue.edu/newcrop/ncnu02/v5-284.html>. Foto cortesia de T. Schloesser, Daimler-Chrysler. Acesso em 18/08/2016.

MATERIAL TRANSFORMATIONS. **Fiber of the Future: Abaca**. Disponível em: <https://a3511.wordpress.com/2016/10/07/fiber-of-the-future-abaca/>. Acesso em 18/08/2016.

MATOS, Sérgio J. **Studio Design**. Disponível em: <http://sergiojmatos.blogspot.com.br/>. Acesso em 12/08/2016.

MIROMI CAR CARE. **Cera Carnaúba**. Disponível em: <http://www.miromi.com.br/cera-de-carnauba-lincoln-premium-nova-200g>. Acesso em 08/08/2016.

MISTURA URBANA. **Tênis da Adidas**. Disponível em: <http://misturaurbana.com/2016/04/adidas-lanca-modelo-de-tenis-feito-com-canhamo/>. Acesso em 18/08/2016.

MUNDO DOS ÓLEOS. **Manteiga de Tucumã**. Disponível em: <http://www.mundodosoleos.com/manteiga-de-tucuma>. Acesso em 08/08/2016.

OUS. **SÉRIE BURITI**. Disponível em: <http://www.ous.com.br/blog/lancamento-serie-buriti/>. Acesso em 18/08/2016.

PALAVRASPARAQUE. **Carnaúba, Além do Sertão**. Disponível em: <http://www.palavrasparaque.com/2016/10/05/carnauba-alem-do-sertao/>. Acesso em 18/08/2016.

PALMPEDIA - **PALM GROWER'S GUIDE**. *Astrocaryum vulgare*. Disponível em: http://www.palmpedia.net/wiki/File:Guy-strocaryum_vulagre_macrouria_28329z.jpg. Acesso em 08/08/2016.

PIAÇAVA. **Piaçava Vieira**. Disponível em: <http://www.vieirapiacava.com.br/galeria.html>. Acesso em 08/08/2016.

PRODUCE, **Revestimento Vegetal**. Disponível em:
<http://www.producerv.com.br/materiais.php>. Acesso em 18/08/2016.

RED SAN. **Shampoo Reconstrutor Carnaúba**. Disponível em:
<https://redsancosmeticos.com.br/beleza/produto/shampoo-carnauba/>. Acesso em 18/08/2016.

REVISTA NATURA. **EKOS BURITI**. Disponível em:
<https://www.revistanatura.com.br/revista/2015/3/2-c03v2-pg02-per-eks-pg01>. Acesso em 18/08/2016.

SAN MARCUS. **Vassoura de piaçava**. Disponível em:
<http://sanmarcus.com.br/produtos.php>. Acesso em 12/08/2016.

SANTOS, Silvio Coelho (Acervo); **Flickr Hive Mind**. Rede de fibra de Tucum. Disponível em: <https://hiveminer.com/Tags/artefato,ticuna/Timeline>. Acesso em 08/08/2016.

SÃO PIO ARTIGOS RELIGIOSOS. **Anel de Tucum**. Disponível em:
<http://www.saopioartigosreligiosos.com/p-5228042-Anel-de-Tucum---Castidade>. Acesso em 08/08/2016.

TAMANINI, MARIA LUCIANA R.Y., **7 Usos Industriais para o Cânhamo**. Disponível em: <https://www.megacurioso.com.br/plantas-e-frutas/37356-7-usos-industriais-para-o-canhamo.htm>. Acesso em 18/08/2016.

TERAPIA DOS CAMINHOS. **CARNAÚBA (Copernicia prunifera)**. Disponível em: <http://www.terapiadecaminhos.com.br/fitoterapia05-12.htm>. Acesso em 18/08/2016.

The Beauty Box. **Vela Terrapeutics**. Disponível em:
<http://www.thebeautybox.com.br>. Acesso em 18/08/2016.

TOPTRANS JUTE. **Jute Customized Bag Manufacturer, Supplier And Exporter**. Disponível em: <http://www.toptransjute.com/jute-customized-bag-manufacturer-supplier-exporter/>. Acesso em 18/08/2016.

USECHE, PEDRO. **Poltrona e banqueta Tucum**. Disponível em:
<http://www.useche.com.br/produto.aspx?CategoriaID=&ProdutoID=92>. Acesso em 08/08/2016.

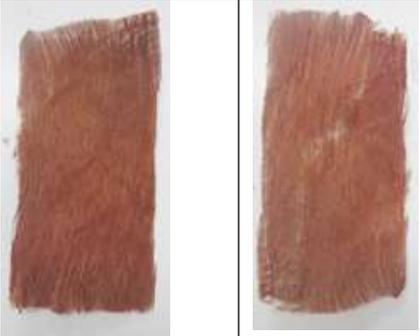
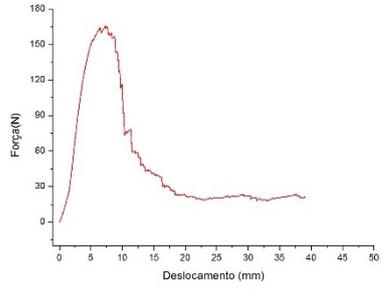
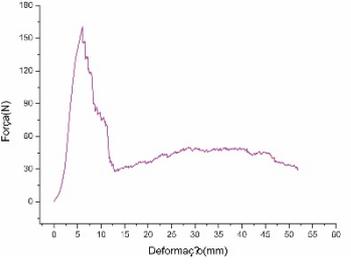
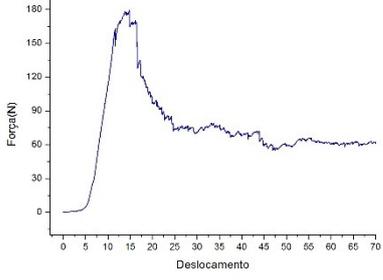
VERT. **Tênis com fibra de juta**. Disponível em:
<http://coolmagazine.com.br/vert-produz-modelo-de-tenis-com-a-fibra-de-juta/>. Acesso em 18/08/2016.

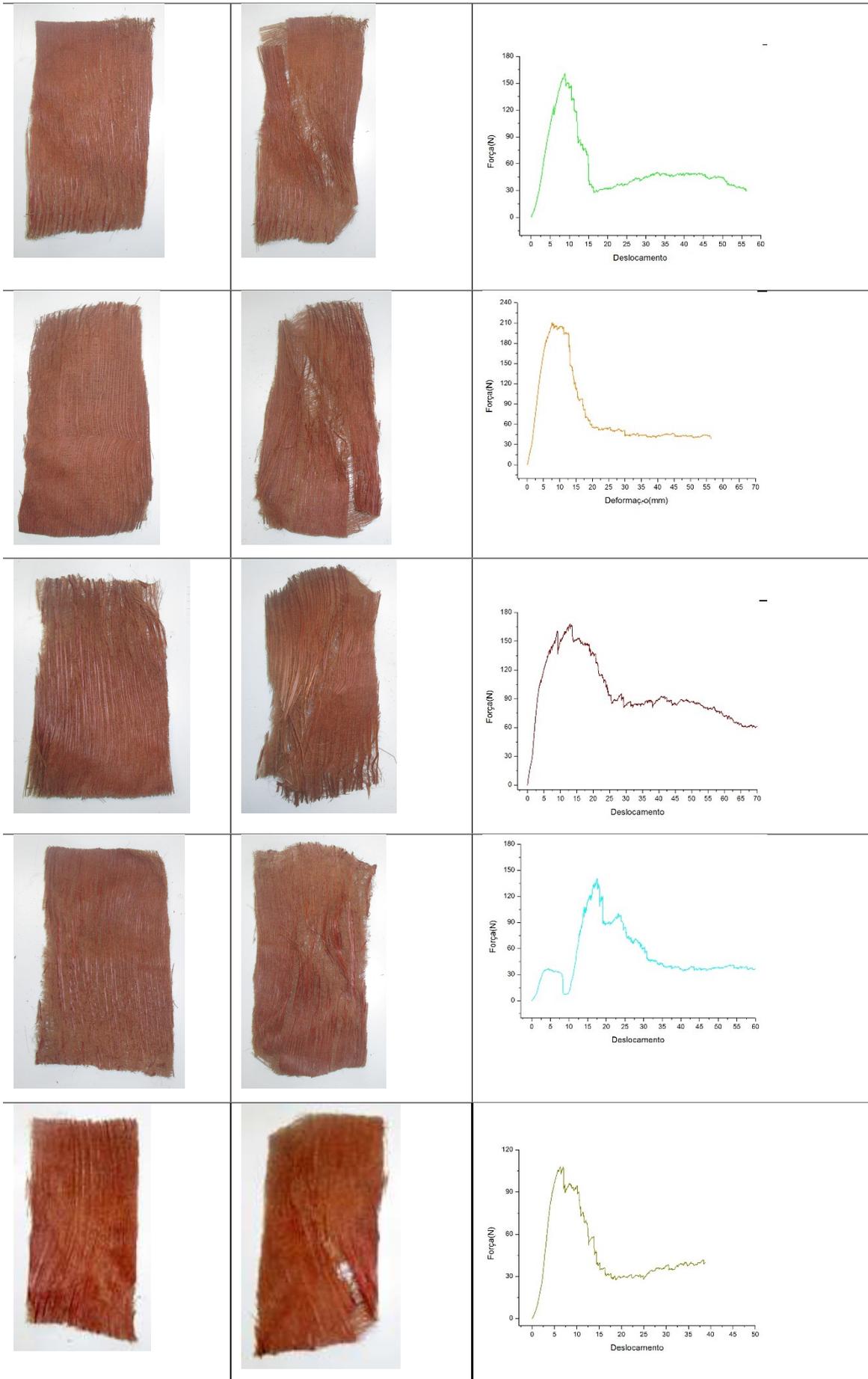
VIVEIRO DE MUDAS NATIVAS. **Palmeira Attalea funifera e Leopoldinia piassaba**. Disponível em: <http://www.viveirodemudas.com/mudas-palmeiras.html>. Acesso em 12/08/2016.

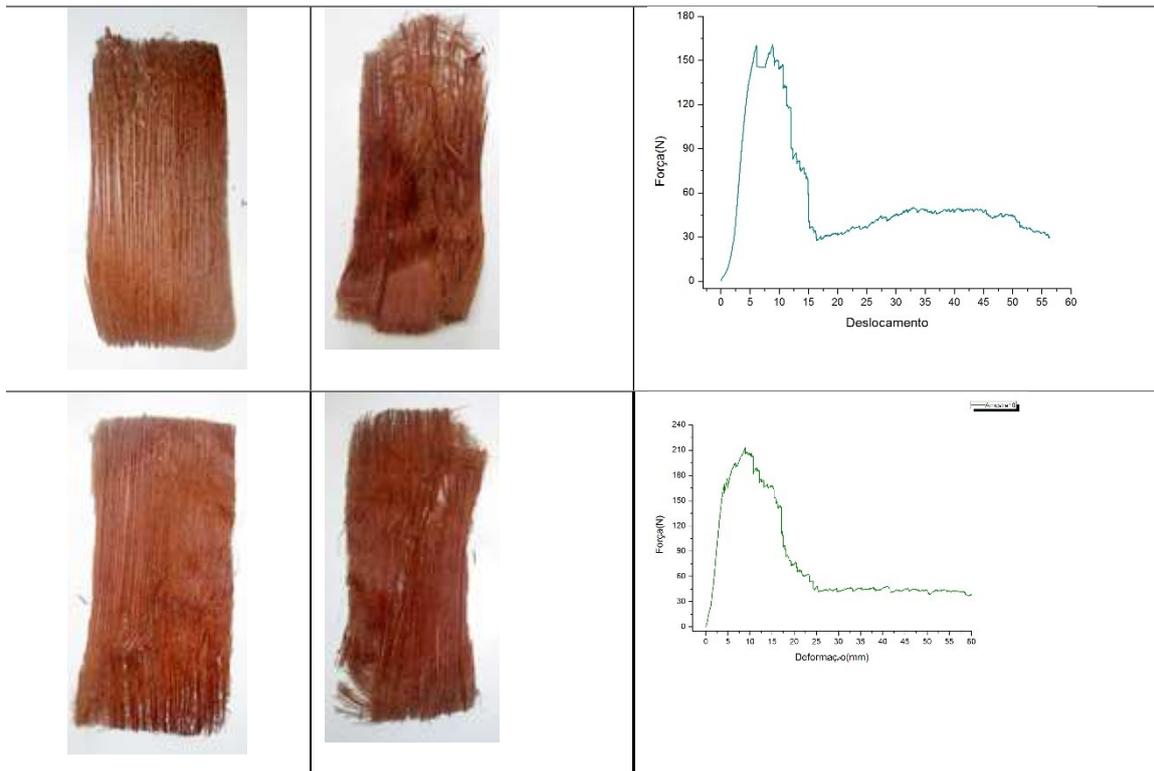
YEKTA KARADUMAN PHD. **Textile Engineering Natural Fibre Composites.**
Disponível em: <http://yektakaraduman.blogspot.com.br/>. Acesso em
18/08/2016.

APÊNDICE

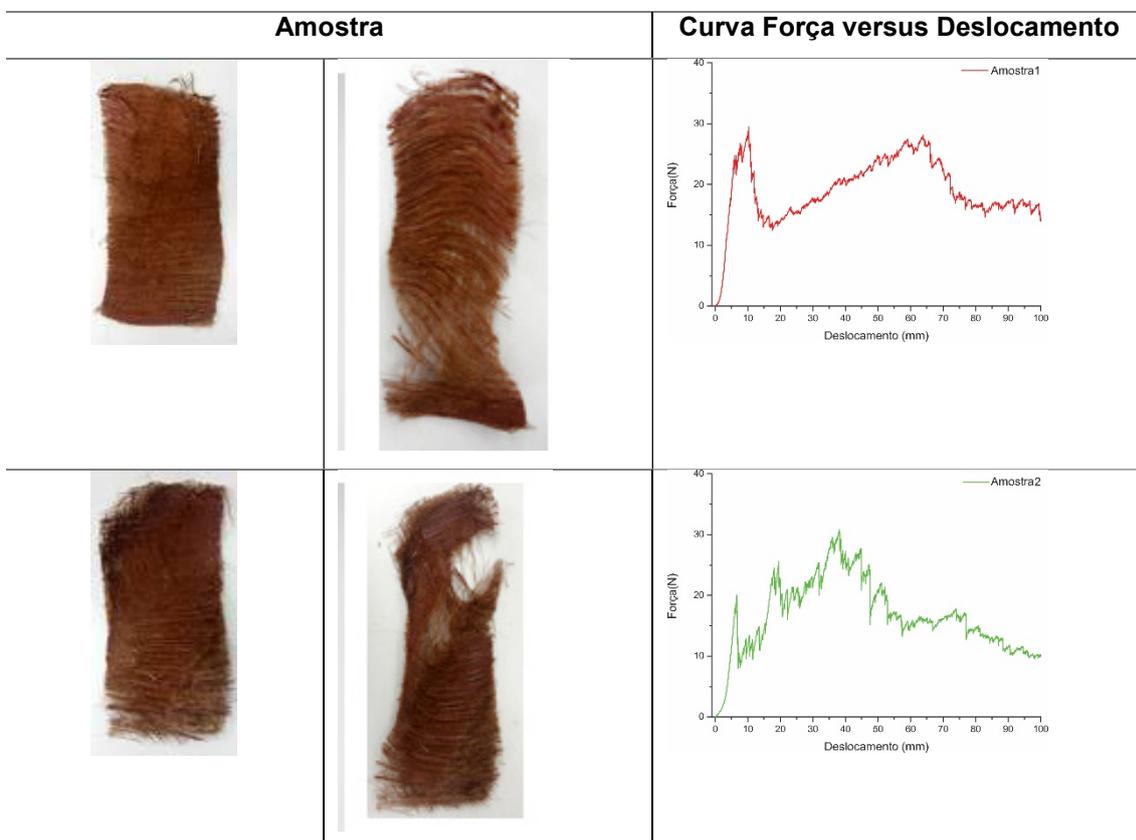
Apêndice A: Detalhamento da curva de força versus deslocamento, no sentido paralelo, para cada corpo de prova analisado no ensaio de tração - Aspectos da ruptura nos corpos de prova.

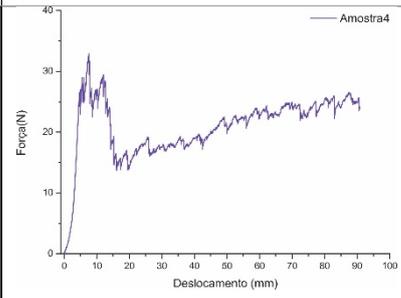
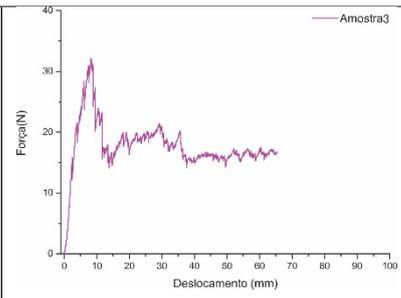
Amostra		Curva Força versus Deslocamento
		
		
		





Detalhamento da curva de força versus deslocamento, no sentido perpendicular, para cada corpo de prova analisado no ensaio de tração - Aspectos da ruptura nos corpos de prova.





ANEXO

Anexo 1 – Laudo de análises fornecido pelo Laboratório de Nutrição Animal com o resultado da composição química da bainha fibrosa da palmeira *Livistona chinensis*.

LAUDO DE ANÁLISES

Análise N.º: 20221P

Cliente: Profª Lauren Duarte/Silvie Jobim

Data de entrada: 08/11/2017

Data de saída: 23/11/2017

Material: Bainha Fibrosa do Pecíolo da Palmeira Livistona Chinensis

	Materia Seca (%)	Seco ao Ar (%)
Materia Seca	100,00	85,94
Umidade		14,06
Materia Orgânica		
Proteína Bruta		
Fibra Bruta		
Extrato Etéreo		
Cinzas		
Extrato Não Nitrogenado		
Cálcio		
Fósforo		
Atividade Ureática		
Solubilidade Protéica		
DGM (µm)		
FDN	90,70	77,95
FDA	74,33	63,88
Lignina	32,99	28,35
pH		
Energia Bruta (kcal/kg)		
NDT		

O cliente é responsável pela identificação e amostragem do material.
O resultado das análises é referente apenas à amostra enviada.

Maitê de M. Vieira

Profª. Maitê de Moraes Vieira
Responsável Técnico

Apêndice B: Resultados obtidos na caracterização da bainha fibrosa da Palmeira *Livistona chinensis* comparando com os citados na literatura nessa pesquisa.

	Celulose %		Hemicelulose %		Lignina %		Extrativos %	
<i>Livistona chinensis</i>	41,34		16,37		32,99		--	
Fibra de Tururi	--		--		--		--	
Juta	59 - 71	[1]	12 – 21.1	[1]	11.8 - 12.9	[1]	0.5 - 2	[1]
Piaçava	31.6	[1]	--	[1]	48.4	[1]	--	[1]
Curauá	70.7 – 73.6	[1]	21.1	[1]	7.5 - 11	[1]	2.5 - 2.8	[1]
Sisal	60 – 75,2	[1]	10 – 15	[1]	7,6 - 12	[1]	1,7 - 6	[1]
Coco	43.4 – 53	[1]	14.7	[1]	38.3 - 45	[1]	3.5 – 4.5	[1]
Luffa	62	[2]	20	[2]	11	[2]	3,1	[2]

	Densidade (g/cm ³)	Diâmetro médio (μ)	Temperatura de degradação (°C)		Difração de raios-X	
<i>Livistona chinensis</i>	1.4	131 - 1846	230		35,4 % - 37,56%,	
Fibra de Tururi	--	--	264		60,60%	[12]
Juta	1.45	[1]	200	[1]	282	[4]
Piaçava	1,10 – 1,45	[1]	--	[1]	225	[3]
Curauá	1.26 - 1.33	[1]	97	[1]	220	[5]
Sisal	1,26 – 1,50	[1]	50 - 300	[1]	250	[6]
Coco	1.25 - 1.50	[1]	40 - 450	[1]	200	[7]
Luffa	--	200 - 1000	[2]	250	[2]	56,09

	Gramatura* g/m ²	Resistencia à Tração*	Índice de condutividade térmica W/mK	Absorção acústica	
<i>Livistona chinensis</i>	273	184,7 N	0,045 - 0,053	0,4α a 0,6α	
Fibra de Tururi	204,7	[12]	432 N	[12]	--
Juta	--	160,73 N)	[10]	--	--
Piaçava	--	--	--	--	--
Curauá	--	--	--	--	--
Sisal	344 a 440	[11]	--	--	--
Coco	--	--	--	[14]	0,4α a 0,7α
Luffa	--	--	--	--	--

* Em se tratando de nãotecido

[1] Satyanarayana et al. (2007); [2] Tanobe (2003); [3] Aquino (2005); [4] Rombaldo et al. (2014); [5] Santos et al. (2009); [6] Martin et al.(2009); [7] Tomczak (2010); [8] Barbosa, (2011); [9] Bastos (2009); [10] Miranda (2007); [11] Silva et al. (2009); [12] Oliveira (2011).