

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”
Instituto de Biociências
Campus de Botucatu

**FIBRAS NATURAIS:
Características químicas e potenciais
aplicações**

JOYCE SUELLEN COELHO PIRES

BOTUCATU-SP
2009

JOYCE SUELLEN COELHO PIRES

**FIBRAS NATURAIS:
Características químicas e potenciais
aplicações**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade Estadual
Paulista Júlio de Mesquita Filho, Campus de
Botucatu, para obtenção do título
de bacharel em Ciências Biológicas

Orientador: Prof. Dr. Alcides Lopes Leão
Co-orientador: Prof. Dr. Isaac Stringueta Machado

BOTUCATU-SP
2009

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO
DA INFORMAÇÃO.
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CAMPUS DE BOTUCATU - UNESP

BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: SELMA MARIA DE JESUS

Pires, Joyce Suellen Coelho.

Fibras naturais: características químicas e potenciais aplicações / Joyce
Suellen Coelho Pires. – Botucatu : [s.n.], 2009.

Trabalho de conclusão (bacharelado – Ciências Biológicas) – Universidade
Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Botucatu, 2009

Orientador: Alcides Lopes Leão

Co-orientador: Isaac Stringueta Machado

1. Fibras naturais - Aspectos químicos 2. Produtos naturais - Uso
sustentável

Palavras-chave: Curauá; Fibras naturais; Sisal; Sustentabilidade



"Sisal Boy" - photo by DM
Photo from Marsh Family Collection
Please request permission to use from photo@ntz.info
©2003 David Marsh

"Sisal Boy" por DM

OFEREÇO

*À minha mãe,
Fátima,
principal responsável por minhas conquistas*

DEDICO

*À amiga,
Adriana Ferla,
por seu apoio e exemplo a ser seguido*

AGRADECIMENTOS

À toda a equipe do Laboratório de Resíduos Sólidos e Compósitos (RESIDUALL) da FCA – UNESP, em especial Adriana Ferla, José Evaristo Gonçalves e Diego Santos de Almeida, pelos ensinamentos e suporte na realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Alcides Lopes Leão, por me confiar esta tarefa.

À empresa Pematec Triangel e ao Sindicato das Indústrias de Fibras do Estado da Bahia (Sindifibras), que gentilmente cederam as amostras de fibras de Curauá e Coco, respectivamente.

A todos os docentes e funcionários do Instituto de Biociências de Botucatu, por possibilitarem uma formação sólida e de excelência em Ciências Biológicas.

À Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA), por complementar minha formação como bióloga.

Ao Prof. Dr. Cláudio Sansigolo, por sua gentileza em fornecer e esclarecer as metodologias de caracterização dos componentes químicos das fibras naturais.

Ao Prof. Dr. José Cláudio Caraschi, por ser sempre solícito.

À Roberta Ramalho, por seu incentivo e sua amizade mesmo à distância.

Às minhas irmãs por opção, Bárbara Heiras, Lais Laudari e Patrícia Mota, das quais sentirei imensas saudades por tudo que vivemos e aprendemos juntas em Botucatu.

Ao Rodrigo Barbosa, por seu apoio e amor incondicionais.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS.....	1
LISTA DE TABELAS.....	2
RESUMO.....	3
SUMMARY.....	4
1 INTRODUÇÃO.....	5
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	8
2.1 Panorama das fibras naturais no Brasil.....	8
2.2 Sobre as fibras em estudo.....	10
2.2.1 Banana (<i>Musa spp.</i>).....	10
2.2.2 Coco (<i>Cocos nucifera</i>).....	11
2.2.3 Curauá (<i>Ananas erectifolius</i>).....	13
2.2.4 Fique (<i>Furcraea andina</i>).....	16
2.2.5 Piteira (<i>Furcraea gigantea</i>).....	18
2.2.6 Sisal (<i>Agave sisalana</i>).....	18
2.2.7 Taboa (<i>Typha domingensis</i>).....	21
3 MATERIAIS E MÉTODOS	23
3.1 Materiais.....	23
3.2 Origem e obtenção das amostras de fibras.....	28
3.3 Metodologias.....	30
3.3.1 Determinação do Porcento Absolutamente Seco.....	30
3.3.2 Extrativos Solúveis em Água Fria.....	30
3.3.3 Extrativos Solúveis em Água Quente.....	31
3.3.4 Extrativos Solúveis em Hidróxido de Sódio 1%.....	32
3.3.5 Extrativos Solúveis em Álcool-Tolueno.....	33
3.3.6 Teor de Cinzas.....	34
3.3.7 Preparo da fibra para determinação de lignina e holocelulose	35
3.3.8 Teor de Lignina.....	36
3.3.9 Teor de Holocelulose.....	36
3.3.10 Teor de Celulose.....	37
3.3.11 Teor de Hidrofobicidade.....	37

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
4.1 Determinação do Porcento Absolutamente Seco	39
4.2 Extrativos Solúveis em Água Fria	40
4.3 Extrativos Solúveis em Água Quente	41
4.4 Extrativos Solúveis em Hidróxido de Sódio 1%	41
4.5 Extrativos Solúveis em Álcool-Tolueno	42
4.6 Teor de Cinzas	42
4.7 Teor de Lignina	43
4.8 Teor de Holocelulose	44
4.9 Teor de Celulose	45
4.10 Teor de Hidrofobicidade	45
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	47
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1 Principais países produtores de Banana (<i>Musa</i> spp.).....	11
2 Principais países produtores de Coco (<i>Cocos nucifera</i>).....	12
3 Curauá, variedades “branco” e “roxo”.....	13
4 Localização do município de Santarém – PA.....	14
5 Fibras de curauá usadas em portas de carros.....	15
6 Fique (<i>Furcraea andina</i>).....	16
7 Piteira (<i>Furcraea gigantea</i>).....	18
8 Selo de qualidade do sisal brasileiro.....	20
9 Uso do sisal nas indústrias moveleira, automobilística, naval, aeronáutica, eletroeletrônica e de calçados.....	20
10 Taboa (<i>Typha domingensis</i>).....	21
11 Peneira para análise granulométrica.....	24
12 Banho Ultratermoestático.....	24
13 Manta de aquecimento.....	25
14 Forno Mufla Microprocessado.....	25
15 Mesa Agitadora Orbital.....	26
16 Balança digital de precisão.....	26
17 Estufa.....	27
18 Bomba de vácuo.....	27
19 Amostras das fibras naturais.....	29
20 (a) decortificadora; (b) processo de retirada das fibras.....	29

LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
1 Determinação do Porcento Absolutamente Seco (%a.s.) e umidade de cada fibra.....	40
2 Porcentagem de Extrativos Solúveis em Água Fria de cada fibra.....	40
3 Porcentagem de Extrativos Solúveis em Água Quente de cada fibra...	41
4 Porcentagem de Extrativos Solúveis em NaOH de cada fibra.....	42
5 Teor de Cinzas (%C) de cada fibra.....	42
6 Porcentagem de Extrativos em Álcool-Tolueno de cada fibra.....	43
7 Porcentagem de Lignina em cada fibra.....	45
8 Porcentagem de Holocelulose em cada fibra.....	45
9 Porcentagem de Hemicelulose em cada fibra obtida a partir da subtração da porcentagem de Celulose da porcentagem de Holocelulose.....	46
10 Teor de Hidrofobicidade.....	47

RESUMO

O presente estudo tem como objetivo principal determinar as propriedades químicas que servem como base para potenciais aplicações científicas e tecnológicas de sete espécies de plantas fibrosas cultivadas no Brasil, sendo estas: “Banana” (*Musa* spp.), “Coco” (*Cocos nucifera*), “Curauá” (*Ananas erectifolius*), “Fique” (*Furcraea andina*), “Piteira” (*Furcraea gigantea*), “Sisal” (*Agave sisalana*) e “Taboa” (*Typha domingensis*). Os ensaios de determinação do percento absolutamente seco (% a.s.), extrativos solúveis em água fria, em água quente, em hidróxido de sódio 1% e em álcool-tolueno, teor de cinzas e de hidrofobicidade, e as porcentagens de lignina, holocelulose e celulose, foram realizados junto ao Departamento de Ciências Ambientais da Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP - Campus de Botucatu/SP. Apresenta-se também uma revisão de literatura sobre as fibras em estudo e suas potenciais aplicações.

Diferenças entre os resultados obtidos e os encontrados por outros autores são possivelmente explicadas pelas variações quanto à origem das plantas fibrosas, a época de colheita, o clima e solo onde foram cultivadas. No entanto, os resultados encontrados, bem como a metodologia utilizada, servem como base para posteriores estudos com fibras naturais.

NATURAL FIBERS: CHEMICAL CHARACTERISTICS AND POTENTIAL APPLICATIONS. Botucatu, 2009. 50p. Monograph in Biological Sciences – Instituto de Biociências de Botucatu (IB) – Universidade Estadual Paulista (UNESP).

Author: JOYCE SUELLEN COELHO PIRES

Advisor: ALCIDES LOPES LEÃO

SUMMARY

This study has as objective determining the chemical properties that serve as the basis for potential scientific and technological applications of seven species of fibrous plants cultivated in Brazil, which are: "Banana" (*Musa* spp.), "Coco" (*Cocos nucifera*), "Curauá" (*Ananas erectifolius*), "Fique" (*Furcraea andina*), "Piteira" (*Furcraea gigantea*), "Sisal" (*Agave sisalana*) and "Taboa" (*Typha domingensis*). The tests for determining the percent dry completely, extractives soluble in cold water, in hot water, in sodium hydroxide 1% and in ethanol-toluene, and the percentages of ash, hydrophobicity, lignin, holocellulose and cellulose were performed at the Department of Environmental Sciences, Agronomy College (FCA) of UNESP – Botucatu, São Paulo State.

It also presents a literature review about these fibers and their potential applications.

Differences between the results obtained and those found by other authors are possibly explained by variations on the origin of plant material, the harvest season, the climate and soil where they were grown. However, the results and the methodology used, serve as a basis for further studies with natural fibers.

1.INTRODUÇÃO

Fibras naturais, também chamadas de fibras lignocelulósicas ou vegetais, morfológicamente são células esclerenquimatosas de forma tipicamente prosenquimatosas, ou seja, de comprimento igual a muitas vezes a largura (MEDINA, 1959). Comparadas às fibras artificiais, apresentam vantagens ecológicas (são biodegradáveis, renováveis e carbono “free”, isto é, quando são compostadas ou incineradas liberam a mesma quantidade de dióxido de carbono consumida durante seu desenvolvimento), vantagens sociais (geram empregos rurais), mecânicas (mais leves e resistentes) e econômicas (são mais baratas, já que sua produção requer pouca energia) (JACOB e THOMAS, 2002).

A importância das fibras naturais vem sendo tão enfatizada que em 2006 a Assembléia Geral das Nações Unidas proclamou o ano de 2009 como “Ano Internacional das Fibras Naturais”. Vários eventos fomentando a discussão da importância das fibras naturais não só para produtores e indústria, mas também para os consumidores e o meio ambiente ocorreram ao redor do mundo, inclusive no Brasil, durante o Congresso Internacional de Fibras Naturais, realizado em Salvador-BA.

A escolha do Brasil para sediar tal congresso não foi por acaso. Atualmente, o país se destaca na produção de diversas fibras naturais, sendo o maior produtor mundial de Sisal (*Agave sisalana*) e o quarto maior produtor de coco (*Cocos nucifera*).

O cultivo de plantas fibrosas, bem como a utilização de suas fibras, data de 6000 a.C. No entanto, a crescente substituição por fibras sintéticas como acrílico, náilon, poliéster e polipropileno causa um impacto negativo na vida de milhões de pessoas que dependem da produção e processamento das fibras naturais. Porém, percebe-se uma tentativa por parte de vários pesquisadores em incentivar o cultivo de plantas fibrosas devido à sua multiplicidade de aplicação, principalmente como matéria-prima artesanal e industrial, extração de fármacos e de aditivos alimentares, floricultura de corte e paisagismo. Do ponto de vista tecnológico, seu emprego na produção de compósitos poliméricos contribui para evitar problemas de poluição ambiental, uma vez que a mistura de fibras naturais com plásticos reciclados pós-consumo (lixo) representa uma alternativa menos agressiva ao meio ambiente, sendo aplicável em vários setores industriais (CARASCHI e LEÃO, 2000).

Dessa forma, para maximizar a utilização de tais fibras e torná-las mais competitivas em relação às fibras sintéticas, é necessário conhecer suas características químicas e, se possível, extrair princípios ativos e/ou compostos eventualmente valiosos, com o objetivo de dar um sustentáculo econômico para a cultura de plantas fibrosas além da própria fibra natural (a qual representa somente cerca de 5% do peso da planta). A indústria está disposta a cada vez mais utilizar as fibras naturais em seus produtos desde que haja redução de custos e melhoria da qualidade. Esses requisitos são mais facilmente obtidos com um melhor aproveitamento das plantas e seus resíduos através do conhecimento e compreensão de suas características físico-químicas e biológicas.

Portanto, o objetivo principal da presente pesquisa foi determinar as propriedades químicas que servem como base para potenciais aplicações científicas e tecnológicas de sete espécies de plantas fibrosas cultivadas no Brasil, sendo estas: “Banana” (*Musa* spp.), “Coco” (*Cocos nucifera*), “Curauá” (*Ananas erectifolius*), “Fique” (*Furcraea andina*), “Piteira” (*Furcraea gigantea*), “Sisal” (*Agave sisalana*) e “Taboa” (*Typha domingensis*).

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Panorama das fibras naturais no Brasil

A exploração de recursos naturais tem um papel importante nas atividades econômicas de qualquer país e contribui substancialmente para o PIB (Produto Interno Bruto). Evidentemente, deve-se buscar a exploração de tais recursos de forma sustentável, ou seja, que “atenda às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem às suas próprias necessidades” (Gro Brundtland, presidente da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento – Relatório Nosso Futuro Comum – Noruega 1987). Nesse contexto insere-se a exploração de fibras naturais, pois, por se tratar de um recurso natural renovável, biodegradável e que auxilia o desenvolvimento socioeconômico de áreas rurais, atende aos conceitos de sustentabilidade tão buscados atualmente.

O Brasil encontra-se numa posição de destaque no setor agrícola comparado aos demais países da América do Sul, apresentando uma área de aproximadamente 8,5 milhões de km², das quais 5-6% são terras aráveis, 22% são pastagens permanentes e 58% florestas. Além disso, é privilegiado geograficamente, com ótimas condições climáticas e solos férteis para o cultivo de diversas espécies de plantas (SATYANARYANA *et al.*, 2005).

Com o apoio de órgãos como a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), o Conselho Nacional de Pesquisa Científica e

Tecnológica (CNPq) e a Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), tem sido desenvolvidos no país estudos sobre a exploração e o uso deste rico recurso natural renovável.

Tendências internacionais no estudo de fibras lignocelulósicas revelam que as fibras naturais cultivadas no Brasil:

- tem potencial uso na indústria automotiva e nos setores de construção civil;
- são competidoras ideais para as fibras sintéticas baseadas no petróleo;
- podem ser exportadas, já que países europeus estão criando leis determinando que, até 2015, o uso de materiais recicláveis em veículos deve ultrapassar 95%;
- podem ser produzidas com qualidade para diferentes aplicações, utilizando-se de técnicas que melhoram o cultivo, incluindo engenharia genética e métodos de tratamento para obter propriedades uniformes.

Nota-se que o campo para estudo e exploração das fibras naturais em nosso país é vasto, o que justifica a crescente demanda por pesquisas na área.

2.2 Sobre as fibras em estudo

2.2.1 Banana (*Musa* spp.)

A bananeira pertence à divisão das Angiospermas, classe das Monocotiledôneas, ordem Scitamineae e família Musaceae (CRONQUIST, 1981).

A Índia é o maior produtor mundial, com cerca de 21,7 milhões de toneladas/ano, seguida pela China (8,03 milhões t/ano) e Brasil (7,1 milhões de t/ano) (FAO, 2007 – Figura 1).

A dispersão da cultura da banana está ligada ao período do descobrimento. Supõe-se que os navegantes portugueses conheceram essa fruta e passaram a cultivá-la por onde passavam (SOTTO BALLESTERO, 1992).

No território brasileiro, Pará, Bahia, Amazonas, Minas Gerais, Santa Catarina e São Paulo são os principais estados produtores.

Seu cultivo gera grande quantidade de resíduos após a colheita dos frutos, sendo considerados os mais importantes, em termos de volume e potencial fibroso, o pseudocaule e as folhas (SOFFNER, 2001). As fibras de tais resíduos são utilizados há muito tempo em peças artesanais e produção de materiais diversos, como cordas, cestos, etc. Atualmente, no Brasil, estuda-se a aplicação desses resíduos em materiais de construção, indústria automotiva, artigos têxteis e produção de polpa celulósica (SOFFNER, 2001).

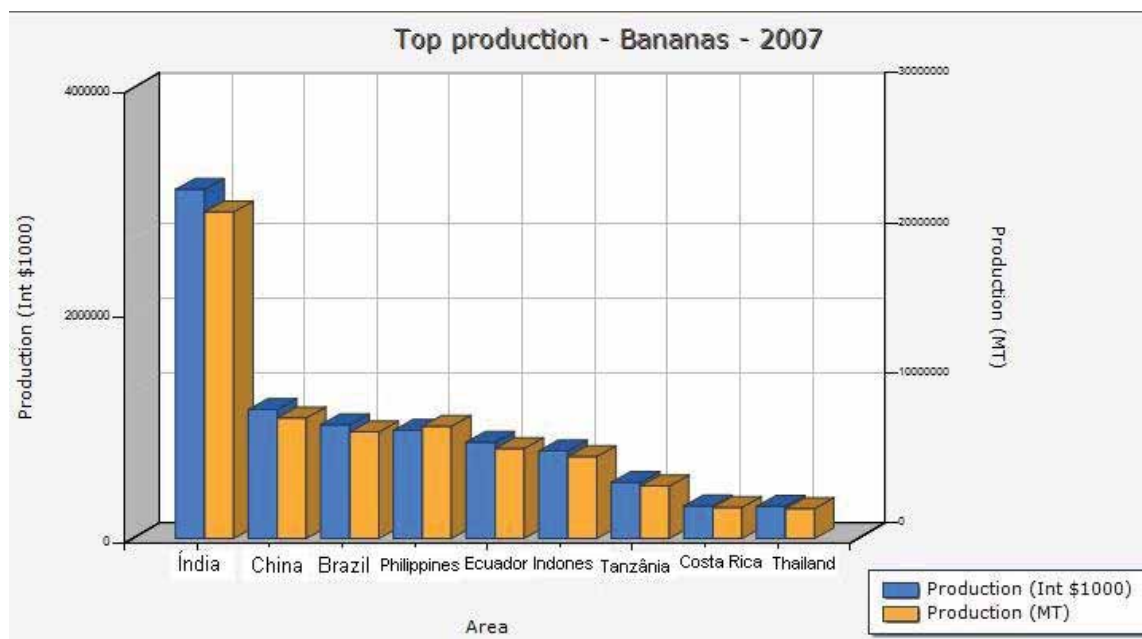


Figura 1: Principais países produtores de Banana (*Musa* spp.).Fonte: FAO Statistical Databases

2.2.2 Coco (*Cocos nucifera*)

O coqueiro pertence à divisão das Angiospermas, classe das Monocotiledôneas, ordem Principes e família Palmae (MEDINA, 1959).

Originário do Sudeste asiático, foi introduzido no Brasil, em 1553, procedente da Ilha de Cabo Verde. A maior parte da área cultivada com coqueiro situa-se na região tropical, ocupando cerca de 300.000 hectares (FERREIRA *et al.*,1994), com os Estados do Nordeste brasileiro respondendo por mais de 95% da produção nacional (EMBRAPA, 1993), o que corresponde a aproximadamente 2,8 milhões de t/ano (Figura 2). Há cerca de cinco anos, modificações genéticas permitiram que este fosse cultivado também em algumas áreas do Sudeste (HOMMA, 2005).

Do coqueiro, praticamente tudo é utilizado. Do mesocarpo maduro (casca) são extraídas fibras de diferentes comprimentos que servem para fabricação de diversos artigos como tapetes, sacarias, colchões, escovas, pincéis, capachos, cordas marítimas, cama de animais, etc.

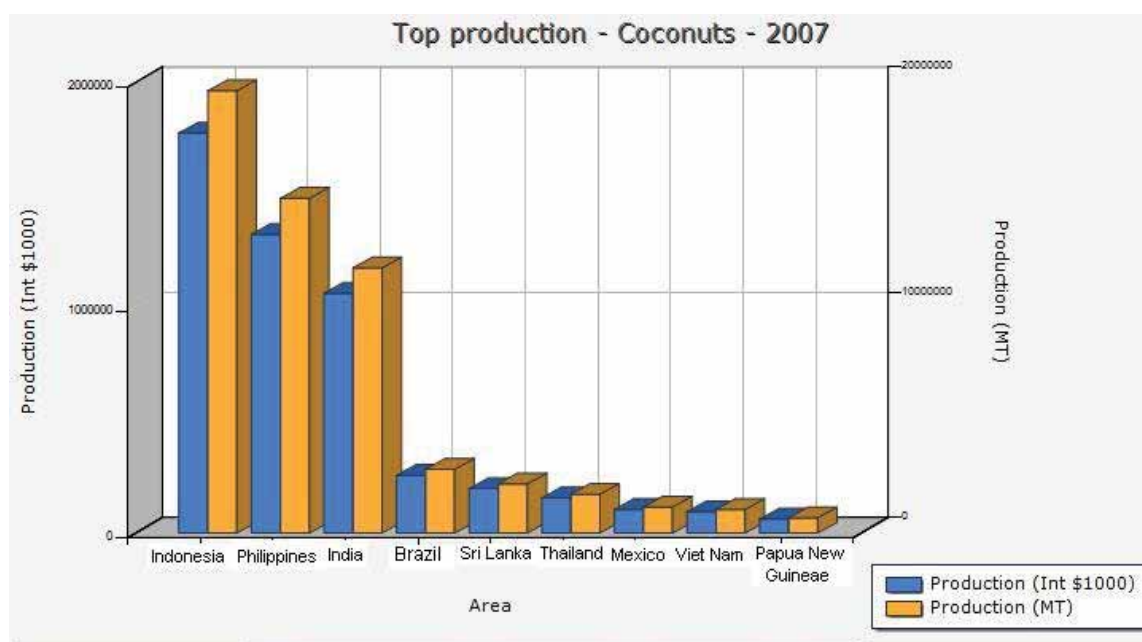


Figura 2: Principais países produtores de Coco (*Cocos nucifera*). Fonte: FAO Statistical Databases

Além dos utensílios já comumente fabricados, produtos de maior valor agregado contendo a fibra do coco vem sendo desenvolvidos, como alguns usados na indústria automobilística. Há alguns anos, a Mercedes Benz adota uma política ambientalista, a qual procura reduzir ao máximo, na medida do possível, o uso de materiais que afetem o meio ambiente. Portanto, seus caminhões utilizam assentos fabricados à base de fibra de coco com látex. Aliada a esta filosofia, a Daimler Chrysler, juntamente com a UNICEF, Universidade da Amazônia (UNAMAZ) e a Universidade Federal do Pará, iniciaram o projeto POEMA

(Pobreza e Meio Ambiente na Amazônia), o qual congrega ações de saúde, educação, saneamento e beneficiamento de produtos derivados da fibra do coco para a indústria automotiva, acarretando uma alternativa financeira para cerca de 700 famílias em 23 municípios do estado do Pará (SALAZAR, 2005; SATYANARAYNA *et al.*, 2007).

2.2.3 Curauá (*Ananas erectifolius*)

O curauá (*Ananas erectifolius*) (Figura 3) pertence à divisão das Angiospermas, classe das Monocotiledôneas, ordem Farinosae e família Bromeliaceae (MEDINA, 1959).



Figura 3: Curauá, variedades “branco” e “roxo”. Fonte: arquivo pessoal

Distribuído nos Estados do Pará, Acre, Mato Grosso, Goiás e Amazonas, é cultivado principalmente por pequenos produtores da região do Lago Grande do Curuaí, localizada no Município de Santarém-PA (Figura 4), abrangendo cerca de 100 ha (TOMCZAK *et al.*, 2007).



Figura 4: Localização do município de Santarém – PA. Fonte: Prefeitura Municipal de Santarém

Estudos recentes demonstram o grande potencial dessa planta como produtora de fibra de excelente qualidade, podendo ser utilizada na indústria automobilística devido à sua resistência, maciez e peso reduzido. Há crescente demanda de fibras do curauá por grupos empresariais preocupados principalmente com a utilização de produtos naturais biodegradáveis, o que torna essa espécie estratégica para o desenvolvimento da região amazônica e cria uma perspectiva de melhoria da qualidade de vida dos pequenos produtores (LEDO,1967).

A planta é conhecida desde a era pré-colombiana, mas até recentemente era pouco estudada e aproveitada industrialmente. Os usos mais comuns são na confecção de cordas para atar rede de dormir, no manejo de animais como bovinos e como linha de pesca. Também é empregada na manufatura de sacos e telas de aniagem, confecção de barbantes, pincéis, bolsas, estofamentos, etc. O resíduo (mucilagem) pode ser usado como forragem (LEDO, 1967; MELO, sd).

A crescente demanda de fibras de curauá para a indústria automobilística vem possibilitando o plantio de extensas áreas no Pará e pesquisas no desenvolvimento da cultura na FCA - UNESP. Somente para a Volkswagen do Brasil, o modelo Fox responde por 150 toneladas/mês, que são utilizadas em compósitos para forros laterais de portas (Figura 5), painéis e encostos de cabeça.

Além de reduzir o consumo de materiais baseados no petróleo (leia-se “plásticos”), o uso de fibras naturais em carros torna-os mais leves, reduzindo o consumo de combustíveis e conseqüentemente as emissões de dióxido de carbono para a atmosfera, o que contribui para evitar o aquecimento global (NATURAL FIBRES, 2009).



Figura 5: Fibras de curauá usadas em portas de carros. Fonte: FAO

Outra potencial utilização do curauá trata-se da extração da Bromelina, uma enzima proteolítica presente em plantas da família Bromeliaceae, tendo como principal fonte atual o abacaxi (*Ananas comosus*). Os trabalhos de Becze (1970), Greenberg (1965) e Johnson (1977), se referem às diversas formas de utilização desta enzima em alimentos, na indústria e na medicina. Portanto, a extração desta

enzima a partir dos resíduos do desfibramento (mucilagem) do curauá é uma alternativa de valor comercial muito superior ao da própria fibra, o que pode maximizar sua utilização e viabilizar seu cultivo. No entanto, estudos acerca da extração da bromelina a partir do curauá ainda estão em andamento.

2.2.4 Fique (*Furcraea andina*)

O fique (*Furcraea andina*) pertence à divisão das Angiospermas, classe das Monocotiledôneas, ordem Liliflorae e família Agavaceae (MEDINA, 1959). Originária do Peru é a espécie mais conhecida e difundida entre o gênero *Furcraea* (Figura 6). Apresenta fibras duras, ásperas e duráveis.



Figura 6: Fique (*Furcraea andina*). Fonte: Animales y plantas del Peru

Seu cultivo ocorre basicamente em pequenas unidades de produção no setor camponês e na última década têm sido desenvolvidos cultivos mais extensivos para a demanda industrial. Nos últimos anos tem-se incrementado também a demanda do mercado colombiano, cujos intermediários compram a fibra trabalhada dos produtores. A elaboração de artesanatos de fique é uma importante fonte de trabalho, especialmente para mulheres das áreas rurais. Atualmente há cerca de 70.000 famílias na Colômbia que dependem dessa cultura e particularmente localizam-se em áreas sensíveis, seja de extrema pobreza, seja em zona de influência das guerrilhas.

Reconhece-se o fique como uma planta muito generosa, que oferece utilidades para todos seus componentes (MEDINA, 1959). O fio de suas fibras, o sabão que se obtém da polpa de suas folhas, sua seiva fermentada que se converte em bebida. Pode-se utilizar suas fibras como aditivo para reforçar a resistência da polpa de fibra de madeira reciclada. Por ser biodegradável, a fibra é utilizada como biomanto natural para proteger plântulas e como geotecido para reduzir os danos provocados por erosão em auto-estradas, rodovias, oleodutos e gasodutos. A fibra serve para reforçar materiais de construção, tais como vigas, colunas e telhas. Os desperdícios do processo de extração da fibra são aproveitados como fertilizantes orgânicos e ração para animais. O bagaço pode ser utilizado como meio de cultivo para cogumelos. É um substituto para a fibra de vidro e amianto em aplicações na indústria automotiva e fabricação de materiais para tanques e cisternas de água.

2.2.5 Piteira (*Furcraea gigantea*)

A piteira (*Furcraea gigantea*) pertence à divisão das Angiospermas, classe das Monocotiledôneas, ordem Liliflorae e família Agavaceae (MEDINA, 1959).

Alguns autores consideram o Brasil como pátria de origem da Piteira (Figura 7), já que no país a planta é encontrada em quase todos os lugares, tanto no litoral como no interior, vegetando em solos e altitudes as mais variadas (MEDINA, 1959, p.344). É utilizada na confecção de cordas, pincéis e escovas; é também usada na lavagem de roupa, em razão da presença de saponinas em sua composição.



Figura 7: Piteira (*Furcraea gigantea*). Fonte: Catálogo Rural

2.2.6 Sisal (*Agave sisalana*)

Assim como o Fique e a Piteira, o Sisal pertence à divisão das Angiospermas, classe das Monocotiledôneas, ordem Liliflorae e família Agavaceae

(MEDINA, 1959). Nativo da Península de Yucatan, no México, é uma planta tipicamente tropical, que pode atingir até 12m de altura.

Introduzido na Bahia, levou muito tempo para se tornar conhecido e economicamente aproveitado nas regiões semi-áridas do país. Em 1946, o Brasil reverteu sua posição de importador para exportador e hoje se encontra na posição de maior produtor e exportador de fibras e manufaturados de sisal, com 58% da produção e 70% da exportação, totalizando cerca de 250.000 toneladas. Da Bahia foi levado para outros estados e atualmente cerca de 1 milhão habitantes de 112 municípios do Nordeste são dependentes da cultura do sisal (MARTINS, 2004).

O governo federal tem promovido ações para beneficiar a cadeia produtiva. Além dos financiamentos específicos para atualizar tecnologicamente o setor, tem implementado projetos de desenvolvimento sustentável para gerar emprego, renda e inclusão social, numa atividade ecologicamente correta (BRAZILIAN SISAL, 2009). É o caso do Projeto "Sisal Apex", elaborado para exteriorizar todo o procedimento da cultura do sisal brasileiro. Através desse projeto, criou-se um selo de qualidade (Figura 8), o qual foi elaborado conjuntamente pelo Instituto Baiano de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Ibametro) e o Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Inmetro). A adição de um selo é importante para certificar os compradores da qualidade e da origem do produto, e com isso expandir a aceitação do sisal brasileiro no mercado externo (BRAZILIAN SISAL, 2009).



Figura 8: Selo de qualidade do sisal brasileiro. Fonte: Brazilian Sisal

Do ponto de vista anatômico, as fibras de sisal se inserem no grupo das fibras denominadas “estruturais”, cuja função é dar sustentação e rigidez às folhas. Essa rigidez confere alta resistência à tração, o que permite a utilização do sisal em diversos setores (Figura 9).



Figura 9: Uso do sisal nas indústrias moveleira, automobilística, naval, aeronáutica, eletroeletrônica e de calçados. Fonte: SECTI-BA.

2.2.7 Taboa (*Typha domingensis*)

Pertencente à divisão das Angiospermas, classe das Monocotiledôneas, ordem Pandanales e família Typhaceae (MEDINA, 1959).

É muito comum em brejos e beira de lagoas. O caule é em parte rastejante e em parte ereto (chega a 2,50 m de altura). Tem folhas longas e lineares e as flores formam espigas marrom-escuras (Figura 10). Produz rizomas e sementes em grande abundância, por isso propaga-se rapidamente.



Figura 10: Taboa (*Typha domingensis*). Fonte: Catálogo Rural

As "espigas" produzem uma paina boa como enchimento de almofadas e que os beija-flores usam para construir o ninho. Com as folhas se fazem esteiras e cestos. A densa vegetação que a taboa forma em volta ou dentro dos alagados é

abrigo de aves e roedores. Suas folhas possuem celulose em estado muito puro, que poderia ser aproveitada pelas fábricas de papel e papelão; do seu rizoma tira-se alimento, saboroso e nutritivo, sendo que na Austrália fazem um bolo doce com isso.

Muitos animais usam os taboais para se reproduzir, como os jacarés, tartarugas, patos e gansos. Por isso, sua exploração para extração de fibras deve ser muito bem analisada, para comprometer suas interações ecológicas o mínimo possível.

Pesquisas indicam que a taboa é útil como depuradora de águas poluídas, pois absorve metais pesados (PEREIRA *et. al.*, 2000).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Foram analisadas, de forma quantitativa, as seguintes características químicas das fibras estudadas:

- **Determinação do Porcento Absolutamente Seco (% a.s.)**
- **Extrativos Solúveis em Água Fria**
- **Extrativos Solúveis em Água Quente**
- **Extrativos Solúveis em Hidróxido de Sódio (NaOH) 1%**
- **Extrativos Solúveis em Álcool-Tolueno**
- **Teor de Cinzas**
- **Porcentagem de Lignina**
- **Porcentagem de Holocelulose**
- **Porcentagem de Celulose**
- **Teor de Hidrofobicidade**

Todas as análises foram realizadas no Laboratório de Resíduos Sólidos e Compósitos (RESIDUALL) pela aluna de Iniciação Científica sob a supervisão e auxílio da doutoranda Adriana Ferla.

3.1 Materiais

Os principais equipamentos e materiais utilizados na realização das metodologias de caracterização química das fibras naturais em estudo foram:

- Agitador de peneiras para análises granulométricas (marca *Bertel*);

- Peneiras para análises granulométricas -marca *Bertel* (Figura 11);



Figura 11: Peneira para análise granulométrica

- Banho Ultratermoestático Microprocessado - marca *Quimis* (Figura 12);



Figura 12: Banho Ultratermoestático

- Chapas e mantas de aquecimento (Figura 13) com regulador de temperatura (marcas *Biomixer* e *Fisatom*, respectivamente);



Figura 13: Manta de aquecimento

- Forno Mufla Microprocessado - marca *Quimis* (Figura 14);



Figura 14: Forno Mufla Microprocessado

- Mesa Agitadora Orbital - marca *Solab* (Figura 15);



Figura 15: Mesa Agitadora Orbital

- Balança digital de precisão - marca *Shimadzu* (Figura 16);



Figura 16: Balança digital de precisão

- Estufa com circulação de ar, modelo MA 035 - marca *Marconi* (Figura 17);



Figura 17: Estufa

- Bomba para alto vácuo, modelo DVR - marca *Dosivac* (Figura 18).



Figura 18: Bomba de Vácuo

Portanto, em todas as análises descritas a seguir, os materiais usados, bem como suas respectivas marcas, referem-se aos equipamentos anteriormente listados.

3.2 Origem e obtenção das amostras de fibras

As folhas de Banana, Fique, Piteira e Sisal foram extraídas de exemplares pertencentes ao Banco de Germoplasma da Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp - Campus de Botucatu. A Taboa teve origem na Fazenda Edgárdia, também localizada no município de Botucatu-SP. O Curauá utilizado foi cultivado no Pará e o Coco, na Bahia. Ambos foram gentilmente cedidos pela empresa Pematec Triangel e pelo Sindicato das Indústrias de Fibras do Estado da Bahia (Sindifibras), respectivamente (Figura 19).

Para obtenção das amostras, folhas de alguns exemplares das plantas fibrosas em estudo foram colhidas e passadas em uma decortificadora (Figura 20) para retirada das fibras, as quais, após isso, foram lavadas em água corrente e deixadas em estufa a 80°C de um dia para o outro. Uma vez secas, as fibras foram picadas grosseiramente com tesoura e levadas para moer em um moinho de facas (marca *Marconi*). Na sequência, foram colocadas em agitadora de peneiras para análises granulométricas durante 3 dias (ou mais) para separar a fração 40-60 mesh (F40/60), isto é, a parcela de fibras com diâmetro inferior a 425mm e superior a 250mm.



Figura 19: Amostras das fibras naturais. Fonte: arquivo pessoal

Todas as análises químicas quantitativas das amostras de fibras foram feitas em duplicata. A partir do valor obtido de cada amostra, calculou-se a média aritmética entre os dois resultados.

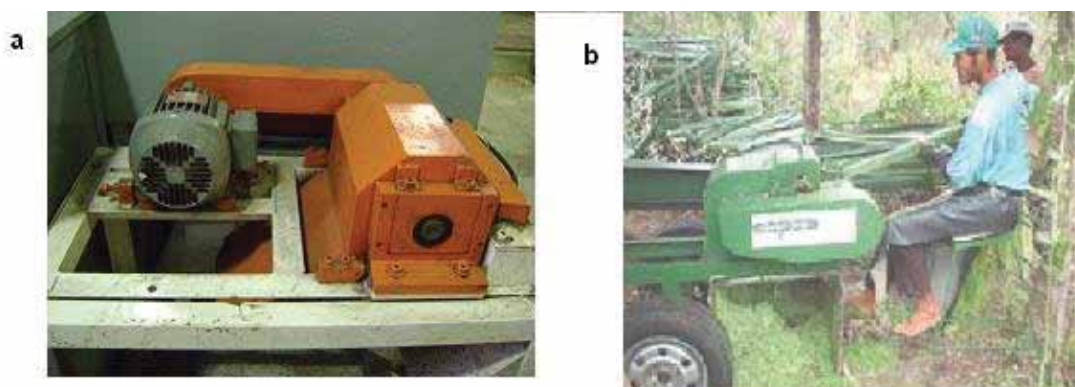


Figura 20: (a) decortificadora; (b) processo de retirada das fibras. Fonte: SATYANARYANA,2007

3.3 Metodologias

Devido à inexistência de métodos de caracterização química aplicados especificamente às fibras, para realização das análises foi seguida a metodologia de determinação dos componentes químicos da madeira, de acordo com normas estabelecidas pela TAPPI, exceto para a determinação do Teor de Hidrofobicidade, que foi realizada de acordo com Ribeiro *et al.* (2003).

3.3.1 Determinação do Porcento Absolutamente Seco (% a.s.)

Determinou-se a tara do pesa filtro. Pesou-se diretamente no pesa filtro 2,0000g de fibra moída. Transferiu-se para estufa a $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$. Após um período mínimo de 4 horas, retirou-se da estufa, esperou-se esfriar em dessecador (temperatura ambiente) e pesou-se. Determinou-se o %a.s. através da expressão:

$$\% \text{ a.s.} = \text{PS} / \text{PU} \times 100$$

onde: PS = peso da serragem após secagem na estufa

PU = peso úmido inicial

3.3.2 Extrativos Solúveis em Água Fria

Em um béquer de 400mL tarado, pesou-se uma quantidade de fibra equivalente a 2,0000g.

$$\text{Peso equivalente a 2,0000g} = \underline{2,0000} \times 100$$

% a.s.

Adicionaram-se 300mL de água destilada sobre a fibra e agitou-se com bastão de vidro. Cobriu-se o béquer com vidro de relógio. A cada 15 minutos agitou-se a solução com bastão de vidro.

Após 48 horas, filtrou-se através de cadinho de vidro sinterizado tarado, por sucção com bomba a vácuo. Transferiu-se toda a fibra do béquer para o cadinho, lavando-se descontinuadamente com 250mL de água destilada.

Após a filtração, colocou-se o cadinho para secar na estufa a $103^{\circ}\text{C} \pm 2$ durante 24 horas visando determinar o **peso a.s. da fibra**. Retirou-se o cadinho da estufa, esperou-se esfriar em dessecador à temperatura ambiente e pesou-se. Calculou-se a quantidade de extrativos solúveis em água fria através da expressão:

$$\%E = \frac{2,0000 - \text{peso a.s. da fibra}}{2,0000} \times 100$$

3.3.3 Extrativos Solúveis em Água Quente

Pesou-se, em um erlenmeyer de 250mL, uma quantidade de fibra equivalente a 2,0000g.

$$\text{Peso equivalente a 2,0000g} = \frac{2,0000}{\% \text{ a.s.}} \times 100$$

Adicionaram-se 100mL de água destilada.

Colocou-se o erlenmeyer no banho termoestático em ebulição e cobriu-se com vidro de relógio.

NOTA: não se colocou água no erlenmeyer enquanto o banho não estivesse em ebulição.

Agitou-se suavemente a cada 15 minutos com auxílio do bastão de vidro.

Após 3 horas, filtrou-se através de cadinho de vidro sinterizado tarado, transferindo toda a fibra do erlenmeyer para o cadinho usando 250mL de água destilada quente (quase fervendo). Colocou-se o cadinho para secar na estufa a $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas, visando a determinação **do peso a.s. da fibra**. Retirou-se o cadinho da estufa, esperou-se esfriar em dessecador à temperatura ambiente e pesou-se.

Calculou-se a quantidade de extrativos solúveis em água fria através da expressão:

$$\%E = \frac{2,0000 - \text{peso a.s. da fibra}}{2,0000} \times 100$$

3.3.4 Extrativos Solúveis em Hidróxido de Sódio (NaOH) 1%

Pesou-se, em um erlenmeyer de 250mL, uma quantidade de fibra equivalente a 2,0000g.

$$\text{Peso equivalente a 2,0000g} = \frac{2,0000}{\%a.s.} \times 100$$

Pipetaram-se 100mL da solução de NaOH e transferiu-se para o erlenmeyer. Agitou-se com bastão que foi mantido dentro do erlenmeyer. Este foi colocado no banho termoeestático e coberto com vidro de relógio.

Agitou-se suavemente com bastão após 10, 15 e 25 minutos do início. Após exatamente 1 hora, filtrou-se através de cadinho de vidro sinterizado tarado, usando bomba a vácuo, transferindo toda a fibra do erlenmeyer para o cadinho

usando, sequencialmente, 250 mL de água destilada quente, 50mL de ácido acético 10% (1/9) a frio e novamente 250 mL de água destilada quente.

Manteve-se o cadinho em estufa a $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas, visando a determinação **do peso a.s. da fibra**. Retirou-se o cadinho da estufa, esperou-se esfriar em dessecador à temperatura ambiente e pesou-se.

Calculou-se a quantidade de extrativos solúveis em água fria através da expressão:

$$\%E = \frac{2,0000 - \text{peso a.s. da fibra}}{2,0000} \times 100$$

3.3.5 Extrativos Solúveis em Álcool-Tolueno

A) Preparo da mistura de álcool e tolueno

Misturaram-se 2 partes (em volume = 200 mL) de tolueno com 1 parte (100 mL) de álcool 96°C. Homogeneizou-se.

B) Preparo da amostra

Pesou-se o equivalente a 2,0000g de fibra.

Peso equivalente a 2,0000g = $\frac{2,0000}{\%a.s.} \times 100$

%a.s.

Pesou-se em vidro de relógio e transferiu-se através de funil para um saquinho feito com papel de filtro. Dobrou-se a boca do saquinho, que foi grampeada.

Ensaio

Secou-se na estufa o balão extrator (250 mL), contendo pérolas de vidro.

Esfriou-se em dessecador (temperatura ambiente) e pesou-se (tara do balão).

Transferiu-se a amostra para o corpo do extrator. Adicionaram-se 200 mL da mistura álcool-tolueno no balão.

Montou-se o conjunto (balão+extrator+condensador) sobre uma chapa de aquecimento e colocou-se para ferver, extraindo-se durante 6 a 8 horas.

Desmontou-se o conjunto e recuperou-se o solvente em condensador de refluxo.

Colocou-se o balão na estufa para secar de um dia para outro. Retirou-se da estufa, esfriou-se em dessecador e pesou-se (peso balão final).

Calculou-se a quantidade de extrativos solúveis em álcool-tolueno através da expressão:

$$\%E = \frac{\text{peso de extrativos}}{2,0000} \times 100$$

onde: peso dos extrativos = peso balão final – tara do balão

3.3.6 Teor de Cinzas

Manteve-se um cadinho de porcelana nº1 em mufla a 600°C durante 30 minutos. Retirou-se da mufla, deixou-se esfriar e dessecador e pesou-se (tara).

Encheu-se o cadinho com fibra da fração 40 e colocou-se na estufa de um dia para o outro. Retirou-se da estufa, deixou-se esfriar em dessecador e pesou-se (peso a.s. fibra). Transferiu-se para a mufla a 600°C durante 3 horas. Retirou-se

da mufla, esfriou-se em dessecador (temperatura ambiente) e pesou-se (peso final).

Calculou-se o teor de cinzas na amostra através da expressão:

$$\%C = \frac{\text{peso cinzas}}{\text{peso a.s. fibra}} \times 100$$

onde: peso cinzas = peso final – tara

3.3.7 Preparo da fibra para determinação do teor de lignina e holocelulose

Pesou-se o equivalente a:

- a) 1,0000 g a.s. para lignina
- b) 2,0000 g a.s. para holocelulose

Como foi visto para “**Extrativos solúveis em álcool-tolueno**” (3.3.5), extraiu-se com álcool-tolueno durante 6 a 8 horas. Substituiu-se a mistura de álcool-tolueno por álcool 96º e extraiu-se durante 6 a 8 horas.

Removeu-se o saquinho do extrator e extraiu-se com água quente, usando 3 porções de água fervendo durante 1 hora de cada vez.

Deixou-se a amostra secar ao ar dentro do saquinho de papel de filtro durante 2 dias ou mais.

3.3.8 Teor de Lignina

Transferiu-se toda a fibra do saquinho resultante do **“Preparo para determinação do teor de lignina” (3.3.7)** para béquer de 50 ou 100mL.

Resfriou-se H₂SO₄ 72% (665 mL de H₂SO₄ concentrado para 1L de solução) a 10-12°C e pipetou-se 15mL no béquer, o qual foi mantido no banho termoeletrificado a 18-20°C durante 2 horas.

Após esse intervalo, transferiu-se a amostra para erlenmeyer de 1L usando 560mL de água destilada. Manteve-se em ebulição durante 4 horas e, depois, esperou-se a lignina sedimentar totalmente.

Filtrou-se através de cadinho de vidro sinterizado de porosidade fina (nº2) passando inicialmente o sobrenadante. O cadinho foi seco na estufa a 103 ± 2°C. Esperou-se esfriar em dessecador e pesou-se (peso total final).

Calculou-se a porcentagem de lignina através da expressão:

$$\%Lignina = (\text{Peso do resíduo}/1,0000)\times 100$$

onde: peso do resíduo = peso total final– tara do cadinho

3.3.9 Teor de Holocelulose

Transferiu-se toda a fibra do saquinho resultante do **“Preparo para determinação do teor de holocelulose” (3.3.7)** para erlenmeyer de 125mL e adicionou-se 55mL de água destilada, 3mL de solução de clorito de sódio 20% (NaClO₂ 20%) e 2mL de ácido acético (1:5).

Colocou-se no banho termoeletrificado a 70°C e a cada 45 minutos adicionou-se mais 3mL de NaClO₂ e 2mL de ácido acético, totalizando 5 repetições. Após o

último tratamento, filtrou-se através de cadinho de vidro sinterizado tarado de porosidade fina e lavou-se com 250mL de água destilada.

Secou-se em estufa, esfriou-se em dessecador e pesou-se (peso total final). Calculou-se a porcentagem de holocelulose através da expressão:

$$\% \text{ Holocelulose} = (\text{Peso resíduo}/2,0000)\times 100$$

onde: peso resíduo = peso total final – tara

3.3.10 Teor de Celulose

Em um béquer de 100 mL colocou-se 1,0000 g de holocelulose resultante do procedimento de determinação do **“Teor de Holocelulose” (3.3.9)** e 15,0 mL de hidróxido de potássio a 24,0%. Após 15 horas sob agitação, filtrou-se a mistura em cadinho de vidro sinterizado nº1 previamente tarado, lavando o precipitado com água destilada até a neutralidade; em seguida lavou-se com ácido acético 1,0% e por último com etanol em excesso. A celulose obtida foi seca ao ar ambiente por 48 horas e em estufa a $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$ por 30 minutos. Resfriou-se a celulose em dessecador até massa constante. Determinou-se o teor de celulose a partir da seguinte expressão:

$$\% \text{ Celulose} = m_1/m_2 \times 100$$

onde: m_1 = massa de celulose seca (massa final do cadinho – tara)

m_2 = massa de holocelulose seca

3.3.11 Teor de Hidrofobicidade

Em um béquer de 100mL, pesou-se 1g de fibra a.s. e adicionou-se uma mistura de 20mL de água destilada com 20mL de hexano. Agitou-se por 3 minutos

em agitador magnético. Após agitação, deixou-se em repouso por 5 minutos para separação das 2 fases (hidrofóbica e hidrofílica). Filtrou-se em papel de filtro. A quantidade de material transferido para a fase orgânica foi determinada por filtração seguida de secagem e pesagem. Calculou-se o teor de hidrofobicidade através da equação:

$$H\% = (mh/mo) \times 100$$

onde: mh = proporção de material transferido para a fase orgânica

mo = massa inicial da fibra

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da execução dos métodos de determinação da composição química das fibras pôde-se chegar aos seguintes resultados:

4.1 Porcentagem Absolutamente Seca da Fibra (% a.s.)

Os valores encontrados (Tabela 1) demonstram que todas as fibras apresentam baixo teor de umidade, o qual é inversamente proporcional à porcentagem absolutamente seca das fibras (%a.s.).

Segundo Salazar (2000), o teor de umidade está diretamente relacionado com a biodegradação das fibras, uma vez que microorganismos deteriorantes necessitam de água livre para realização de suas atividades metabólicas. Dessa forma, fibras naturais apresentam potencial de utilização como matéria-prima em diversos setores de produção de bens de consumo duráveis preocupados em oferecer produtos menos agressivos ao meio ambiente. É o caso do setor automobilístico. Atualmente, algumas montadoras utilizam fibras de Curauá (*Ananas erectifolius*) em compósitos úteis em revestimentos laterais de portas, maçanetas, estofamentos, entre outros, já que fibras naturais são biodegradáveis. Porém, sua biodegradação é lenta, o que torna viável sua utilização nesse setor.

Tabela 1: Determinação do Porcento Absolutamente Seco (%a.s.) e umidade de cada fibra

	Banana	Coco	Curauá	Fique	Piteira	Sisal	Taboa
%a.s.	89,29	90,81	92,21	95,27	88,62	89,61	89,10
%umidade	10,71	9,19	7,79	4,73	11,38	10,39	10,90

4.2 Extrativos Solúveis em Água Fria

Os extrativos solúveis em água fria incluem os sais orgânicos, açúcares, resinas e taninos. As resinas estão envolvidas na proteção das folhas contra a perda excessiva de água, enquanto os taninos, devido ao seu sabor adstringente, protegem-nas da herbivoria (ANNUNCIADO, 2005).

Os resultados de Taboa (*Typha domingensis Pers.*) e Sisal (*Agave sisalana*) condizem com os encontrados por Sydenstricker *et al.* (2003).

É importante ressaltar a possibilidade de alteração da porcentagem de extrativos solúveis em água fria devido à lavagem da fibra com água corrente após sua extração na decortificadora. Para confirmar tal hipótese, seria necessário realizar testes não somente com fibras lavadas – como foi feito –, mas também com fibras não lavadas.

Tabela 2: Porcentagem de Extrativos Solúveis em Água Fria de cada fibra

	Banana	Coco	Curauá	Fique	Piteira	Sisal	Taboa
%E Água Fria	16,90	1,67	20,79	16,15	17,59	17,64	17,68

4.3 Extrativos Solúveis em Água Quente

Água quente foi usada para extrair taninos, gomas, açúcares, amido e pigmentos. (KLOCK e MUÑIZ, 1999).

Os taninos são compostos fenólicos presentes em concentrações relativamente elevadas em folhas de uma ampla variedade de plantas, como as angiospermas. Seu sabor adstringente os tornam os mais importantes protetores das plantas contra a herbivoria.

Portanto, os resultados mostram a possibilidade de se extrair taninos das fibras para *“tanar o couro, desnaturando suas proteínas e protegendo-o contra o ataque bacteriano”* (RAVEN *et al.*, 2001). Exceto para o Coco, que apresentou baixos teores provavelmente devido ao fato de suas fibras não serem extraídas das folhas do coqueiro e sim da casca do coco.

Tabela 3: Porcentagem de Extrativos Solúveis em Água Quente de cada fibra

	Banana	Coco	Curauá	Fique	Piteira	Sisal	Taboa
%E Água Quente	22,97	2,32	20,18	16,05	26,05	17,00	18,05

4.4 Extrativos Solúveis em Hidróxido de Sódio

Estes extrativos são substâncias ácidas que reagem com o Hidróxido de Sódio (substância alcalina) e formam um sal.

Tabela 4: Porcentagem de Extrativos Solúveis em NaOH de cada fibra

	Banana	Coco	Curauá	Fique	Piteira	Sisal	Taboa
%E NaOH	46,57	20,62	54,26	32,49	30,56	27,35	43,96

4.5 Teor de Cinzas

A determinação do teor de cinzas refere-se à porção inorgânica da fibra, ou seja, componentes como K, Ca, Si e Mg.

A quantidade de cinzas é inversamente proporcional à quantidade de matéria orgânica combustível. Logo, a partir dos resultados (Tabela 5), é possível concluir que os resíduos das fibras estudadas podem ser reaproveitados como fonte de energia, sendo a Piteira (*Furcraea gigantea*) e a Banana (*Musa spp.*) as menos eficientes energeticamente, já que apresentaram os maiores teores de cinzas.

Tabela 5: Teor de Cinzas (%C) de cada fibra

	Banana	Coco	Curauá	Fique	Piteira	Sisal	Taboa
%Cinzas	9,18	1,35	2,91	3,89	9,84	1,87	3,44

4.6 Extrativos Solúveis em Álcool-Tolueno

O etanol/tolueno extrai graxas, óleos, gorduras, ceras, compostos insolúveis em éter etílico, algumas resinas e, possivelmente, algumas gomas (ANNUNCIADO, 2005).

Tabela 6: Porcentagem de Extrativos em Álcool-Tolueno de cada fibra

	Banana	Coco	Curauá	Fique	Piteira	Sisal	Taboa
%E Álcool-Tolueno	5,39	1,47	12,51	5,07	4,39	4,01	3,04

4.7 Teor de Lignina

A lignina é um composto fenólico, ou seja, apresenta um grupo hidroxila (-OH) ligado a um anel aromático (um anel de seis átomos de carbono, contendo três duplas ligações). Deposita-se na parede celular dos vegetais e é o segundo composto orgânico mais abundante na Terra, sendo formada por três tipos de monômeros, os quais diferem na sua composição entre espécies, órgãos, tecidos e até mesmo entre frações da parede celular. A principal importância da lignina é a resistência à compressão e rigidez que ela confere à parede celular (RAVEN *et al.*, 2001).

A partir do explicitado acima, é possível explicar a maior resistência de algumas fibras vegetais quando comparadas às fibras sintéticas, além de elucidar as diferenças encontradas nos teores de lignina para as espécies estudadas (Tabela 7).

Maiores teores de lignina levam a uma degradação mais lenta, pois este é um composto que confere rigidez. Isto serve para justificar a degradação mais rápida do Sisal comparada à degradação do Coco em ensaios feitos em laboratório por Salazar (2005, p.106). Dessa forma, estes valores devem ser

considerados ao se utilizar tais fibras na produção de compósitos ou utilização em algum setor industrial que busca materiais facilmente biodegradáveis.

Os resultados para Coco e Sisal condizem com os encontrados por Salazar (2005, p. 106), Young (1997, p.1-21) e Kelley *et al.* (2004).

Tabela 7: Porcentagem de Lignina em cada fibra

	Banana	Coco	Curauá	Fique	Piteira	Sisal	Taboa
% Lignina	11,55	31,52	6,50	4,46	7,92	8,88	13,14

4.8 Teor de Holocelulose

Denomina-se holocelulose a porção da parede celular formada pelos polissacarídeos celulose e hemicelulose (holocelulose* = celulose+hemicelulose).

Tabela 8: Porcentagem de Holocelulose em cada fibra

	Banana	Coco	Curauá	Fique	Piteira	Sisal	Taboa
% Holocelulose*	50,12	75,00	64,98	72,93	74,20	84,41	77,06

As porcentagens apresentadas na Tabela 8 condizem com as encontradas por Salazar (2005, p.106).

A partir da subtração dos valores de celulose (Tabela 10) dos valores de holocelulose (Tabela 8), chega-se à porcentagem de hemicelulose presente em cada fibra (Tabela 9). A hemicelulose é um composto polissacarídeo que forma uma matriz de suporte para as microfibrilas de celulose.

Tabela 9: Porcentagem de Hemicelulose em cada fibra obtida a partir da subtração da porcentagem de Celulose da porcentagem de Holocelulose

	Banana	Coco	Curauá	Fique	Piteira	Sisal	Taboa
% Hemicelulose	0,07	27,38	3,04	11,65	21,99	24,91	19,75

4.9 Teor de Celulose

Segundo Raven *et al.* (2001) “a celulose é o principal componente polissacarídeo da parede celular de plantas, sendo o mais abundante composto orgânico conhecido. São as moléculas de celulose que formam as partes fibrosas da parede celular vegetal.”

Tabela 10: Porcentagem de celulose em cada fibra

	Banana	Coco	Curauá	Fique	Piteira	Sisal	Taboa
% Celulose	50,05	47,63	61,94	61,28	52,21	59,50	57,31

4.10 Teor de Hidrofobicidade

Através deste teste, é possível inferir a possível aplicação das fibras como sorventes para derramamentos de óleo em água, uma vez que, quanto maior o teor de hidrofobicidade, maior é a afinidade da fibra por compostos de caráter apolar, como os hidrocarbonetos (óleos).

No entanto, a escolha adequada de sorventes naturais usados em tratamentos de derramamentos superficiais não depende apenas da

hidrofobicidade, mas também da capacidade de sorção, flutuabilidade, biodegradabilidade e capacidade de recuperação, que variam em função da composição química e morfologia das fibras (ANNUNCIADO, 2005).

Os resultados (Tabela 9) demonstram que as fibras estudadas apresentam baixos teores de hidrofobicidade. Portanto, não é viável a utilização de tais fibras isoladamente na sorção de óleos.

Além disso, os dados (Tabela 10) confirmam a inerente natureza polar e hidrofílica das fibras naturais, características as quais, segundo JACOB *et al.* (2002), conferem dificuldades durante a produção de compósitos, uma vez que, além das fibras, utiliza-se plásticos de características apolares.

Tabela 10: Teor de Hidrofobicidade

	Banana	Coco	Curauá	Fique	Piteira	Sisal	Taboa
% Hidrofobicidade	19,65	10,80	14,23	19,01	17,54	14,25	12,12

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do exposto, nota-se que inovações científicas e tecnológicas no âmbito das fibras naturais são uma das possíveis alternativas para atender ao desafio do desenvolvimento sustentável, o qual engloba conceitos socioeconômicos e ambientais.

Os resultados obtidos servem como base para posteriores estudos sobre fibras vegetais e suas aplicações, além de explicar possíveis comportamentos destas em compósitos poliméricos alternativos que terão grande demanda devido à crescente escassez e ao alto custo dos materiais baseados no petróleo e, também, devido à maior preocupação com a preservação do meio ambiente, que se dá – dentre outras ações - através da produção e consumo de materiais biodegradáveis.

Diferenças entre os resultados obtidos e os encontrados por outros autores são possivelmente explicadas pelas variações quanto à origem das plantas fibrosas, a época de colheita, o clima e solo onde foram cultivadas; o estágio de desenvolvimento da planta também pode influenciar no aumento ou declínio de alguns compostos analisados. Por essas razões, os resultados médios relatados devem ser vistos com cautela e com a compreensão dos motivos de possíveis variações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANIMALES Y PLANTAS DEL PERU. Disponível em:
<<http://www.animalesyplantasdelperu.blogspot.com>> Acesso em: 17 nov. 2009.

ANNUNCIADO, R.T. **Estudo Da *Chorisia speciosa* e outras fibras vegetais como sorventes para o setor do petróleo.** Dissertação de Pós-graduação em Engenharia e Ciência dos Materiais. Curitiba - PR, 2005, p. 40-45.

BECZE, C.G. Food enzymes. In: **Critical Reviews in Food Technology**, v.1, p.479-518, Cleveland, 1970.

BRAZILIAN SISAL. Disponível em: <<http://www.braziliansisal.com>> Acesso em: 16 nov. 2009

CATÁLOGO RURAL. Disponível em: <<http://www.agrov.com>> Acesso em: 16 nov. 2009.

CARASCHI, J. C. & LEÃO, A. L.. Mechanical Properties of Curaua Fiber Reinforced Polypropylene Composites. In: **Natural Polymers and Composites**, São Pedro, SP, 2000.

CRONQUIST, A. **An Integrated system of classification of flowering plants.** New York: Columbia University Press, 1981, 1262p.

FAO (Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação). **Why Natural Fibres?** Disponível em: <<http://www.naturalfibres2009.org>>. Acesso em: 20 out. 2009.

FAO. **FAO Statistical Databases.** Disponível em:<<http://www.fao.org>> Acesso em:16 nov. 2009

FERREIRA, J.M.S.; WARWICK, D.R.N.; SIQUEIRA, L.A . **Cultura do Coqueiro no Brasil.** Brasília: EMBRAPA-SPI; Aracajú: EMBRAPA-CPATC; 1994, 292p.

GREENBERG, D.M. Plant proteolytic enzymes. In: **Methods in enzymology**, v. 1, p.54-64, New York, Academic Press, 1965.

HOMMA, A. K.O. **O Desenvolvimento da agroindústria no estado do Pará.** Disponível em:
<http://www.captu.embrapa.br/pup_outros/rev20011213_08.pdf> Acesso em: 20 out. 2009

JACOB, M. & THOMAS, S. **Biofibres and Biocomposites.** Kottayam, Kerala, Índia [S.l.:s.n.], [200-].

JOHNSON, J.C. **Industrial enzymes: recent advances**. New jersey, Noyes Data Corporation, 1977, 348p.

KELLEY, S.S., ROWELL, R.M., DAVIS, M., JURICH, C.K.; IBACH, R. Rapid analysis of the chemical composition of agricultural fibers using near infrared spectroscopy and pyrolysis molecular beam mass spectrometry. **In: Biomass & Bioenergy**, v.27, n.1, p.77-88. 2004.

KLOCK, H & MUNIZ, G. I. B. **Química da Madeira**. Série Didática da FUPEF/PR, 2a. Edição. Curitiba - PR, 1998.

LEDO, I. A. M. **O cultivo do Curauá no Lago Grande da Franca**. Banco de Crédito da Amazônia S/A, 1967, p.24.

MARTINS, M.A.; JOEKES, I.; FERREIRA, F.C.; JOB, A.E.; MATTTOSO, L.H.C. Thermal behaviour of raw and chemically treated sisal fibers. **In: International conference ISNaPol**; 2004. p. 13–15.

MEDINA, J. C. **Plantas Fibrosas da Flora Mundial**, Instituto Agronômico de Campinas, p. 787-792, 1959.

MELO, P. S. C. **Curauá – Recomendações Técnicas**. EMATER – PARÁ, sd., p.22.

PEREIRA *et. al.* **Compêndio de Plantas Medicinais**. – Lavras: UFLA/FAEPE, 2000. 208p.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SANTARÉM – PA . Disponível em:
<<http://www.santarem.pa.gov.br>> Acesso em: 16 nov. 2009

RAVEN, P.H.; EVERT, R.F.; EICHORN, S.E. **Biologia Vegetal**. Ed. Guanabara Koogan S.A., Rio de Janeiro - RJ, 2001.

RIBEIRO, T.H.; RUBIO, J.; SMITH, R.W. A dried hydrophobic aquaphyte as an oil filter for oil/water emulsions. **In: Spill Science & Technology Bulletin**, v.8, n.5, p.483-489, 2003.

ROWELL, R. M.; HAN, J. S.; ROWELL, J. S. Characterization and Factors Affecting Fiber Properties. **In: Natural Polymers and Agrofibers Composites**. Edited by E. Froilini et al., Embrapa – S.Carlos, p. 115 - 133, 2000.

SALAZAR, V.L.P. **Estudo da Biodegradação das Fibras de Coco e de Sisal Visando às Aplicações na Indústria Automotiva**. Tese de Doutorado em Agronomia (Energia na Agricultura). Botucatu – SP, 2005, p.18,106.

SATYANARYANA K. G.; WYPIYCH F., GUIMARÃES J.L.; AMICO C.S.; SYDENSTRIKER, T.H.D.; RAMOS, L..P. Studies on natural fibers of Brazil and green composites. **In: Met Mater Proc**, 2005;17(3–4):183–94.

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

SECRETARIA DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO DO ESTADO DA BAHIA (SECTI-BA). Disponível em: <<http://www.secti.ba.gov.br>> Acesso em: 13 set. 2009

SOFFNER, M.L.A.P. **Produção de Polpa Celulósica a partir de Engaço de Bananeira**. Dissertação de Mestrado em Ciências, Área de concentração: Ciência e Tecnologia de Madeiras. Piracicaba, 2001, p. 1-10.

SOTTO BALLESTERO, M. **Bananos: cultivo y comercialización**. 2ª ed.San José: Litografia e Imprensa LIL, 1992, 674p.

SYDENSTRIKER, T. H. D.; MOCHNACZ, S.; AMICO, S. C. Pull-out and the evaluations in sisal-reinforced polyester biocomposites. **In: Polymer Testing. Elsevier**, v. 22, p. 375-380, 2003.

TAPPI Methods - Technical Association of the Pulp and Paper Industry Methods

TOMCZAK, F.; SATYANARAYANA, K.G.; SYDENSTRICKER, T.H.D. Studies on lignocellulosic fibers of Brazil: Part III – Morphology and properties of Brazilian curauá fibers.**In: Composites Part A: Applied Science and Manufacturing**, v.38, p. 2227-2236, 2007.

UNESCO. **2009 - Ano Internacional das Fibras Naturais**. Disponível em: <<http://www.brasilia.unesco.org/unesco/premios/2009-ano-internacional-das-fibras-naturais>>. Acesso em: 20 out. 2009.

YOUNG, R.A. Vegetable Fibers. **In: Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology**. 4 ed. NY: John Wiley & Sons, 1994. v.10.

YOUNG, R.A. Utilization of natural fibers: Characterization, modification and applications. In: LEÃO, A.L.; CARVALHO, F.X.; FROLLINI, E. **Lignocellulosic-Plastics Composites**. São Paulo, Brazil, 1997, p.1-21.