



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

CAROLINA TOSETTO PIMENTEL

**POLPAÇÃO ARTESANAL DO PSEUDOCAULE
DE BANANEIRA (*Musa sp*)**

**Prof. Dr. AZARIAS MACHADO DE ANDRADE
ORIENTADOR**

SEROPÉDICA, RJ

Julho – 2010



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

CAROLINA TOSETTO PIMENTEL

**POLPAÇÃO ARTESANAL DO PSEUDOCAULE
DE BANANEIRA (*Musa sp*)**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Florestal, como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheira Florestal, Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Prof. Dr. Azarias Machado de Andrade
ORIENTADOR

SEROPÉDICA, RJ

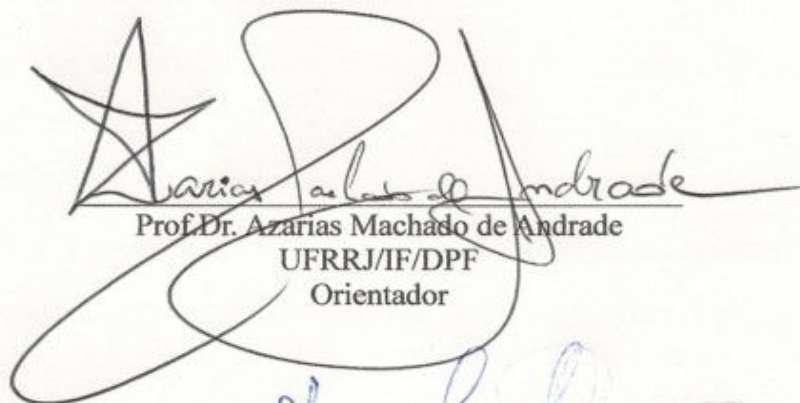
Julho – 2010

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL**


**POLPAÇÃO ARTESANAL DO PSEUDOCAULE
DE BANANEIRA (*Musa sp*)**

Monografia aprovada em: 14 / 07 / 2010

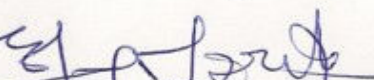
Comissão Examinadora:



Prof. Dr. Azarias Machado de Andrade
UFRRJ/IF/DPF
Orientador



Prof. Dr. Alexandre Monteiro de Carvalho
UFRRJ/IF/DPF
Membro



Prof. Dr. Edvã Oliveira Brito
UFRRJ/IF/DPF
Membro

DEDICATÓRIA

Dedico,

aos meus pais, Jacob Ramalho Pimentel e Vera Maria Pimentel, por tudo que fizeram por mim para que eu chegasse até aqui.

AGRADECIMENTOS

Agradeço principalmente, aos meus pais Jacob e Vera, por terem me incentivado e acreditarem em mim a vida toda, fazendo acreditar que sou capaz de conquistar todos os meus sonhos, basta lutar.

Ao meu irmão Rafael, por consertar o computador inúmeras vezes, permitindo que essa monografia não fosse toda realizada na lan-house.

Ao Marcos Paulo, pelo amor, compreensão, apoio e pela longa espera.

As amigas de sempre Paola e Ligia, que nunca deixaram de me apoiar e incentivar, mesmo com minha ausência nos encontros e aniversários.

A todos os amigos da turma 2005-II, que neste período de formação estiveram presentes e jamais serão esquecidos.

Ao professor Azarias, pela orientação durante o trabalho.

À professora Natália Dias, pelas sugestões e ajudas para melhoria deste trabalho.

Ao servidor técnico administrativo do “Pavilhão Prof. Waldemir João Hora”, José Carlos, pelo carinho e grande ajuda prestada.

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, por ter me tornado uma pessoa melhor e por ter me proporcionado belos e inesquecíveis anos de vida.

Muito obrigada!

RESUMO

A presente pesquisa foi desenvolvida com o objetivo de avaliar o rendimento da conversão do pseudocaule de bananeira (*Musa sp*) em pasta celulósica soda. Foram analisados os tempos de cozimento de 30 e 60 minutos e concentrações de hidróxido de sódio no licor de cozimento de 0%, 1,5%, 2,0% e 2,5%. Folhas de papel foram confeccionadas com as pastas celulósicas e, visualmente, comparadas entre si, quando foram consideradas algumas das características visuais de papéis destinados à impressão e escrita, como o fundo de impressão, a lisura e a aparência superficial. Papéis produzidos das pastas sem a adição de NaOH ao licor de cozimento podem ser utilizados para fins ornamentais, mas não para impressão e escrita, pois apresentaram altos teores de rejeitos com elevadas granulometrias. As folhas de papel da pasta celulósica obtida a partir do tratamento em que se adotou 60 minutos de cozimento e concentração de hidróxido de sódio de 2,5% foram, do ponto de vista visual, as melhores para impressão e escrita, além de apresentarem uma maior facilidade de confecção, quando comparadas às demais.

Palavras-chave: pseudocaule de bananeira, polpação soda, papel.

ABSTRACT

This research was carried out to evaluate the efficiency of conversion of the pseudostem of banana (*Musa sp*) in cellulose pulp soda. We analyzed the cooking times of 30 and 60 minutes and concentrations of sodium hydroxide in the cooking liquor from 0%, 1.5%, 2.0% and 2.5%. Sheets of paper were made with the pulps, and visually compared to each other when they were considered some of the optical characteristics of paper intended for printing and writing, as background printing, smoothness and surface appearance. Folder of papers produced without the addition of NaOH to the cooking liquor can be used for ornamental purposes, but not for printing and writing, because they showed high levels of tailings with high particle sizes. The sheets of paper from wood pulp obtained from the treatment which took 60 minutes of cooking and sodium hydroxide concentration of 2.5%, from a visual standpoint, the best printing and writing, besides having a ease of manufacture compared to the others.

Key words: banana pseudostem, sodium hydroxide cooking, paper.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABELAS	viii
1 - INTRODUÇÃO	1
2 - REVISÃO DA LITERATURA	2
2.1. Produção de Pasta Celulósica e Papel.....	2
2.2. Matérias-Primas Fibrosas Alternativas	3
2.3. Pseudocaule de Bananeira (<i>Musa</i> sp)	4
2.4. Pasta Celulósica e Papel do Pseudocaule de Bananeira (<i>Musa</i> sp) ...	5
3 - MATERIAL E MÉTODOS	5
4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	8
5 - CONCLUSÕES.....	12
6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	13

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Consumo per capita de papel em alguns países, em 2008. Fonte: BRACELPA (2010).....	2
Figura 2. Maiores produtores mundiais de pasta celulósica e papel, em 2008. Fonte: BRACELPA(2010).....	3
Figura 3. Coleta de um pseudocaulis de bananeira (<i>Musa</i> sp) no Campus da UFRRJ (A) e a fragmentação do mesmo seguida pelo acondicionamento em um recipiente apropriado (B)	6
Figura 4. Fragmentos de pseudocaulis de bananeira (<i>Musa</i> sp) acondicionados no interior de uma panela de pressão de aço inoxidável, antes (A) e depois (B) do processo de polpação artesanal.....	6
Figura 5. Sistema utilizado para a polpação artesanal do pseudocaulis de bananeira (<i>Musa</i> sp), onde: A = Fogão a gás e B = Panela de pressão confeccionada em aço inoxidável, com a capacidade de 5 litros.....	7
Figura 6. Peneira com a malha de 1,0 mm, onde foi acondicionada a pasta celulósica bruta do pseudocaulis de bananeira (<i>Musa</i> sp), para ser submetida à depuração através da injeção de fortes jatos d'água.....	8
Figura 7. Papéis das pastas do pseudocaulis de bananeira (<i>Musa</i> sp), confeccionados numa Coluna Formadora TAPPI, em que: T1 = Tempo de polpação de 30 min e T2 = Tempo de polpação de 60 min; [] = Concentração de NaOH no licor de cozimento.....	11
Figura 8. Papéis confeccionados com pseudocaulis de bananeira (<i>Musa</i> sp) submetidos à impressão, em que 1= papéis provenientes do tratamento em que se utilizou 1,5% de NaOH no licor de cozimento e tempo de 30 min, e 2= papéis provenientes do tratamento em que se utilizou 2,5 % de NaOH no licor de cozimento e tempo de 60 min.....	12

LISTA DE TABELAS

Tabela1. Rendimentos Médios da Conversão do Pseudocaulo de Bananeira (<i>Musa</i> sp) em Pasta Soda, em Função dos Tempos de Polpação (min) e Concentrações do Licor de Cozimento Soda (%)	9
---	---

1 - INTRODUÇÃO

Antes da invenção do papel, o homem sempre procurou várias formas de representar objetos e acontecimentos que faziam parte do seu dia a dia. Para esse fim, já foram utilizados tabletes de barro cozido na antiga região da Babilônia, papiro no Egito (3000 a.C.) e pergaminho, película de origem animal (2000 a.C.). Entretanto, por volta de 105 d.C., teve início a produção de papel, a partir da polpação de fibras vegetais, invenção atribuída ao chinês Ts'ai Lun, alto funcionário da corte do Imperador Chien-Chu (CHERTMAN, 2007).

Sob o ponto de vista químico, o papel é uma película de fibras de celulose, polissacarídeo de fórmula $(C_6H_{12}O_5)_n$. Tais fibras são obtidas através do cozimento e/ou maceração, podendo ser refinadas, emaranhadas e agregadas, basicamente, por ligações químicas de pontes de hidrogênio (HOFMANN, 2008).

Na produção de papéis para impressão e escrita, normalmente, são utilizadas fibras curtas, derivadas de angiospermas, principalmente das espécies do gênero *Eucalyptus*. Entretanto, muitas espécies vegetais, arbóreas ou não, têm sido pesquisadas para a produção de pastas celulósicas (PEIXOTO SILVA & OLIVEIRA, 2000). Para DANTAS (2000), a qualidade do material fibroso está diretamente relacionada ao seu uso, não sendo correta a avaliação da matéria-prima com base em fatores isolados. Além das características físicas e químicas também é necessário que sejam consideradas as características anatômicas e outras inerentes à matéria-prima fibrosa.

Em virtude da sua abundância em várias regiões do Brasil e das características das fibras que compõem o seu pseudocaule e folhas, a bananeira (*Musa* sp) apresenta um elevado potencial para ser utilizada como matéria-prima para a fabricação de pasta celulósica e papel. Normalmente, após a coleta dos frutos, as plantas são derrubadas para permitir a renovação das touceiras, o que resulta em grandes descartes de material fibroso. Há indicativos de que esse material residual apresenta condições de ser utilizado como matéria-prima alternativa para a produção artesanal de pasta celulósica e papel, gerando emprego e renda, sobretudo na zona rural.

Tendo por base as considerações anteriores, a presente pesquisa objetivou a produção artesanal de pasta celulósica do pseudocaule de bananeira (*Musa* sp) e papel. Foram avaliados os rendimentos da conversão do pseudocaule de bananeira em pasta soda e confeccionadas folhas testes para serem comparadas visualmente entre si.

2 - REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Produção de Pasta Celulósica e Papel

O consumo de papel por habitante (“per capita”) está diretamente relacionado ao grau de desenvolvimento dos países. Países mais desenvolvidos, como a Finlândia e Estados Unidos, são os maiores consumidores de papel per capita do mundo, diferenciando-se de países menos desenvolvidos como Argentina e Brasil, que possuem índices de consumo bem inferiores (BRACELPA, 2010). A Figura 1 apresenta o consumo per capita de papel em alguns países, durante o ano de 2008.

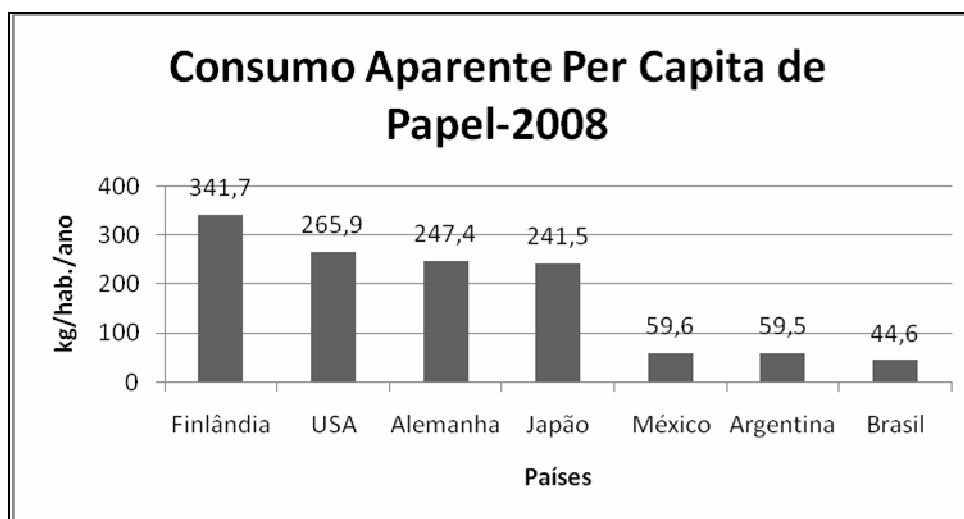


Figura 1 - Consumo per capita de papel em alguns países, em 2008. Fonte: BRACELPA (2010).

O consumo per capita de papel, apresentado na Figura 1, foi obtido da relação entre os valores de produção interna de papel e o número de habitantes do respectivo país. Como não foram desconsideradas as exportações de papel, os valores apresentados se referem ao consumo aparente por habitante.

Em 2008, o Brasil passou a ocupar a 4^a e a 11^a posições no ranking mundial dos produtores de pasta celulósica e papel, respectivamente. De 1970 a 2009, o país apresentou aumentos médios anuais de 7,5% e 5,7%, na produção de pasta celulósica e papel, respectivamente (BRACELPA, 2010). Apesar das especulações de que o consumo de papel diminuiria com o avanço da tecnologia digital, o consumo de papel está em franco crescimento no Brasil e no mundo (HOFMANN, 2008). O consumo de celulose não está associado apenas com a produção de papel, mas também à indústrias têxteis, alimentícia, automobilística, entre outros setores. A Figura 2 apresenta a relação dos maiores produtores mundiais de pasta celulósica e papel, no ano de 2008 (BRACELPA, 2010).

CELULOSE		PAPEL	
País	mil toneladas	País	mil toneladas
1. EUA	51.479	1. EUA	79.952
2. China	21.477	2. China	79.800
3. Canadá	20.299	3. Japão	30.617
4. Brasil	12.697	4. Alemanha	22.842
5. Suécia	12.071	5. Canadá	15.756
6. Finlândia	11.720	6. Finlândia	13.126
7. Japão	10.670	7. Suécia	11.663
8. Rússia	7.430	8. Coreia do Sul	10.610
9. Indonésia	6.435	9. Itália	9.481
10. Chile	4.985	10. França	9.418
11. Índia	3.662	11. Brasil	9.409
12. Alemanha	2.902	12. Indonésia	9.203
Demais	26.591	Demais	89.035
TOTAL MUNDO	192.418	TOTAL MUNDO	390.912

Figura 2 - Maiores produtores mundiais de pasta celulósica e papel, em 2008. Fonte: BRACELPA (2010).

2.2. Matérias-Primas Fibrosas Alternativas

Tanto no contexto da produção industrial quanto na manufatura artesanal de papel a busca por fibras alternativas para a produção de celulose é constante. As fibras alternativas ganham mercado pela simples necessidade de aproveitar melhor os resíduos agrícolas, como o bagaço de cana, por exemplo, aliado à procura de produtos de maior valor agregado.

HOFMANN (2008), recomenda o aproveitamento de resíduos oriundos das mais diversas colheitas agrícolas como matéria-prima para a produção de papel, com o objetivo de viabilizar novas fontes de renda que permitam a manutenção do homem no campo, utilizando-se de um processo produtivo de baixo impacto ambiental e auto-sustentável. Dentro deste contexto, foi apresentado um exemplo de matéria-prima para a confecção artesanal de papel, utilizando resíduos de plantação de helicônias, em que hastes e folhas foram retiradas para a obtenção da celulose e produção do papel.

CIARAMELLO (1970) realizou cozimentos com bambu (*Bambusa tuldoides* munro) para a produção de pasta e papel e constatou a possibilidade da obtenção de bons rendimentos e qualidade satisfatória.

AZZINI (1981) realizou uma pesquisa em que restos vegetais da cultura da mamona foram analisados com vistas ao seu aproveitamento para obtenção de celulose e papel. Os resultados obtidos mostraram que essa cultura fornece grande quantidade de resíduos fibrosos e um bom rendimento no decorrer da conversão em celulose.

ANDRADE (2000) mencionou que, sob o ponto de vista técnico, o estipe de *Euterpe edulis*, material vegetal desprezado por ocasião da colheita do palmito, é viável para a produção de polpa celulósica kraft e papel, em função do seu baixo teor de lignina (21,01%) e elevado teor de holocelulose (70,25%).

Além da possibilidade de se produzir um papel de boa qualidade e com um maior valor agregado, a reciclagem artesanal de papel é uma prática que gera uma série de vantagens econômicas, ecológicas e sociais para o ser humano (SPANGENBERG, 1993; ANDRADE & BARBOSA, 1997). Fibras virgens, derivadas de matérias-primas alternativas, podem ser incorporadas às pastas de papel reciclado, para melhorar as propriedades mecânicas das folhas de papel. ANDRADE (2001) analisou a possibilidade de se produzir papéis artesanais com boas propriedades, das misturas de massa de aparas com as pastas kraft de bambu (*Dendrocalamus giganteus*) e de bagaço de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*), concluindo que, principalmente, a pasta do bagaço da cana-de-açúcar pode ser utilizada para melhorar as propriedades do papel artesanal. BASTIANELLO (2009) obteve bons resultados preliminares quando avaliou a influência da adição de pastas de fibras de palha de arroz e pseudocaule de bananeira nas propriedades físicas e mecânicas de papéis reciclados artesanalmente.

2.3. Pseudocaule de Bananeira (*Musa sp*)

Em 2007 o Brasil produziu cerca de 7.098.350 t de banana, tornando-se o 4º maior produtor mundial desta fruta, ficando atrás da Índia, China e Filipinas (VIEIRA, 2010). A cultura da banana está distribuída por todo o território brasileiro, destacando-se os Estados do Pará, São Paulo, Bahia, Amazonas, Minas Gerais e Santa Catarina (SOFFNER, 2001).

As variedades de bananas comestíveis, sem sementes, são tradicionalmente agrupadas em três espécies pertencentes ao gênero *Musa*, que são: *Musa paradisiaca*, *Musa sapientum* e *Musa cavendishii*. Originaram-se de duas espécies selvagens (*Musa acuminata* e *Musa balbisiana*) largamente distribuídas na Ásia, Índia, Sri Lanka, Península e Arquipélago Malásio, Ilhas Filipinas, Nova Guiné e algumas ilhas do Oceano Pacífico.

O verdadeiro caule da bananeira é um rizoma subterrâneo, sendo que a parte aérea constitui-se quase que exclusivamente de folhas, cujas bainhas, robustas e superpostas formam um pseudocaule, que pode alcançar 4,5 metros de altura. O centro desse “tronco”, a partir do rizoma, é percorrido por um tecido que representa o pedúnculo da inflorescência. A flor consta de um perianto de seis sépalas, cinco das quais são soldadas e uma livre, cinco estames férteis e um involuído, ovário ínfero trilocular. O fruto é do tipo baga, partenocárpico, isto é, desenvolvido sem polinização, e assim as sementes não se desenvolvem ou são abortivas.

Para ULLMANN & FREITAS (2002), não se pode indicar com exatidão a origem da bananeira, pois ela se perde na mitologia grega e indiana. Atualmente, admite-se que seja oriunda do Oriente, do sul da China ou da Indochina. Há referências da sua presença na Índia, na Malásia e nas Filipinas, onde tem sido cultivada há mais de 4.000 anos.

As sementes das bananeiras primitivas, que eram férteis, teriam tido 2 cm. Atualmente, em geral, são estéreis e se apresentam como pequenos pontos escuros localizados no eixo central da fruta. A palavra “banana” é originária das línguas serra-leonesa e liberiana (costa ocidental da África), sendo incorporada pelos portugueses à sua língua.

Sabe-se que as bananeiras existem no Brasil desde antes do seu descobrimento. Quando os descobridores chegaram, encontraram os indígenas comendo bananas *in natura* de um cultivar muito digestivo que se supõe tratar-se do ‘Branca’ e outro, rico em amido, que precisava ser cozido antes do consumo, chamado de ‘Pacoba’, que deve ser o cultivar Pacova. Inclusive, a palavra “pacoba”, em guarani, significa banana. Com o decorrer do tempo, verificou-se que o ‘Branca’ predominava na região litorânea e o ‘Pacova’, na Amazônica.

2.4. Pasta Celulósica e Papel do Pseudocaulo de Bananeira (*Musa sp*)

Por se tratar de um potencial fornecedor de fibras longas, com o comprimento médio em torno de 4 mm e largura de 40 μm , o pseudocaulo de bananeira é uma matéria-prima fibrosa que permite a produção de papéis com elevada resistência ao rasgo (ROJAS, 1996).

CHERTMAN (2008) menciona que, além da sua queima direta para a geração de energia térmica, o pseudocaulo de bananeira pode ser usado na produção de vários tipos de artesanatos e pode ser viável para a produção de pasta celulósica e papel.

SOFFNER (2001) obteve bons resultados, ainda considerados preliminares, quando analisou a possibilidade da utilização do engaço, parte da bananeira que sustenta o cacho de bananas, como matéria-prima para a produção de pasta celulósica, através do processo de polpação cal.

3 - MATERIAL E MÉTODOS

Na presente pesquisa foram utilizados quatro pseudocaulos de bananeira (*Musa sp*), coletados em quatro diferentes datas em dois locais no interior do Campus da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), no município de Seropédica, RJ. Cada um dos pseudocaulos foi dividido em cinco partes que, por sua vez, foram picadas e quarteadas no Laboratório de Papel e Celulose, no Instituto de Florestas. As amostras dos pseudocaulos foram homogeneizadas e utilizadas na composição de amostras simples que, por sua vez, foram conservadas durante o uso, por 1 a 2 dias, em recipientes hermeticamente fechados. A Figura 3 apresenta a coleta de um dos pseudocaulos de bananeira no Campus da UFRRJ e a fragmentação do mesmo antes do acondicionamento em um recipiente apropriado.



Figura 3 - Coleta de um dos pseudocaulos de bananeira (*Musa sp*) no Campus da UFRRJ (A) e a fragmentação do mesmo seguida pelo acondicionamento em um recipiente apropriado (B).

Determinou-se o teor de umidade (base úmida) dos fragmentos dos pseudocaulos de bananeira, através de pequenas amostras que foram submetidas à pesagem antes e depois de serem secos em estufa à 105°C, por 24 horas.

Os fragmentos foram submetidos ao processo de polpação artesanal em uma panela de pressão de 5 litros, confeccionada em aço inoxidável. Como agente de deslignificação foi utilizado o NaOH (Hidróxido de Sódio), sob as concentrações de 0% (testemunha), 1,5%, 2,0% e 2,5%, em relação à massa do material fibroso a.s. (absolutamente seco) e adotados os tempos de cozimento de 30 e 60 minutos. A relação licor de cozimento/matéria-prima a.s. foi de 10:1, ou seja 100 g de matéria-prima a.s. para um litro de água.

A Figura 4 apresenta os fragmentos de pseudocaulo de bananeira acondicionados no interior de uma panela de pressão de aço inoxidável, antes e depois do processo de polpação artesanal.



Figura 4 - Fragmentos de pseudocaulo de bananeira (*Musa* sp) acondicionados no interior de uma panela de pressão de aço inoxidável, antes (A) e depois (B) do processo de polpação artesanal.

A desagregação, para o desfibramento dos pseudocaulos cozidos, foi realizada por um período de dois minutos em um liquidificador doméstico adaptado. Para ser utilizado, o liquidificador teve as suas lâminas alinhadas e devidamente escarificadas, para não provocar cortes transversais e danos irreversíveis às fibras celulósicas. A depuração foi efetuada por fortes jatos d'água, injetados sobre a pasta celulósica bruta, acondicionada em uma peneira com malha de 1,0 mm, para eliminar possíveis mucilagens e elementos não fibrosos. A Figura 5 apresenta o sistema utilizado para a polpação artesanal do pseudocaulo de bananeira, constituído por um fogão a gás e uma panela de pressão de aço inoxidável, com a capacidade de 5 litros.

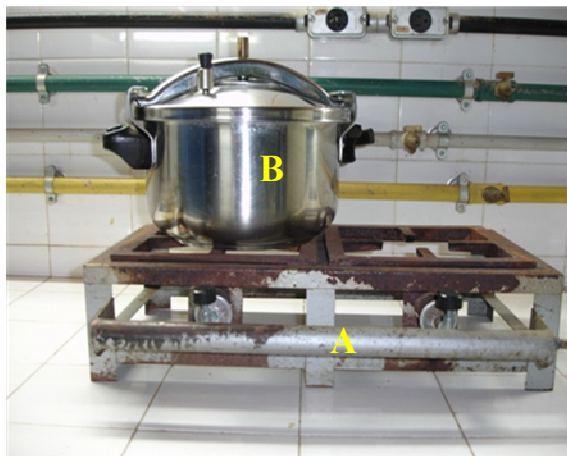


Figura 5 - Sistema utilizado para a polpação artesanal do pseudocaule de bananeira (*Musa sp*), onde: A = Fogão a gás e B = Panela de pressão confeccionada em aço inoxidável, com a capacidade de 5 litros.

A Figura 6 apresenta a peneira com malha de 1,0 mm, na qual foi acondicionada a pasta celulósica bruta do pseudocaule de bananeira (*Musa sp*), para ser submetida à depuração através da injeção de fortes jatos d'água.



Figura 6 - Peneira com a malha de 1,0 mm, onde foi acondicionada a pasta celulósica bruta do pseudocaule de bananeira (*Musa sp*), para ser submetida à depuração através da injeção de fortes jatos d'água.

Após os cozimentos foram calculados os rendimentos da conversão do pseudocaule de bananeira (*Musa sp*) em pasta celulósica soda, utilizando-se a relação apresentada a seguir:

$$\text{Rendimento da Conversão}_{(\%) } = \frac{\text{Massa a.s. da pasta celulósica soda produzida}_{(g)}}{\text{Massa a.s. do pseudocaule de bananeira utilizado}_{(g)}} \times 100$$

Para os tratamentos com concentração de 0% de hidróxido de sódio foram calculados os teores de rejeitos, utilizando-se a seguinte relação:

$$\text{Teor de Rejeitos}_{(\%) } = \frac{\text{Massa a.s. dos incozidos}_{(g)}}{\text{Massa a.s. do pseudocaule de bananeira utilizado}_{(g)}} \times 100$$

Foram realizadas 40 polpações, sendo considerados 8 (oito) tratamentos, com 5 (cinco) repetições por tratamento.

Foram confeccionadas 3 (três) folhas-testes de papel por tratamento, numa Coluna Formadora TAPPI, utilizando-se 2 g a.s. (absolutamente seca) de pasta soda. Após a impressão dos papéis numa impressora a jato de tinta, o fundo de impressão, a lisura e a aparência superficial das folhas foram comparados entre si, visualmente.

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os valores médios dos rendimentos da conversão do pseudocaule de bananeira (*Musa* sp) em pasta soda (%), em função das respectivas concentrações de hidróxido de sódio (NaOH) no licor de cozimento (0%, 1,5%, 2,0% e 2,5%) e dos tempos de polpação de 30 e 60 minutos.

Tabela 1 – Rendimentos Médios da Conversão do Pseudocaule de Bananeira (*Musa* sp) em Pasta Soda, em Função dos Tempos de Polpação (min) e Concentrações do Licor de Cozimento Soda (%)

Tempos de Polpação (min)	RENDIMENTOS DA CONVERSÃO PSEUDOCAULE / PASTA SODA (%)			
	Concentrações do Licor de Cozimento Soda (%)			
	0	1,5	2,0	2,5
30	47,00	22,00	17,00	17,00
60	38,00	16,00	13,00	15,00

Pela observação da Tabela 1, ao se considerar, de forma isolada, os efeitos do tempo de polpação (min) sobre o rendimento médio da conversão pseudocaulé de bananeira/pasta soda (%), percebe-se que aumentos no primeiro provocam reduções no segundo, independentemente da concentração do licor de cozimento (%). Entretanto, ao se considerar, também de forma isolada, os efeitos da concentração do licor de cozimento (%) sobre o rendimento médio da conversão pseudocaulé de bananeira/pasta soda (%), percebe-se que há decréscimos até a concentração de 2,0% e, a partir de então, não são mais observadas reduções nos rendimentos. Vale ressaltar que, no presente estudo, em momento algum as variáveis tempo de polpação e concentração do licor de cozimento poderão ser avaliadas de forma isolada, uma vez que, no decorrer das análises, além dos aspectos quantitativos, também estará envolvida e deverá ser considerada a qualidade dos papéis produzidos que, muitas vezes, independe do rendimento obtido.

Os maiores rendimentos médios de conversão do pseudocaulé de bananeira para pasta soda foram apresentados pelo tratamento em que se utilizou a concentração de 0% de NaOH no licor de cozimento e tempo de polpação de 30 min (47,00%), seguido por aquele que adotou a mesma concentração e o tempo de polpação de 60 min (38,00%). Na verdade, tal fato era previsível, uma vez que a não adição do agente químico de deslignificação (NaOH) permitiu a obtenção de pastas menos desagregadas, com a presença de feixes de fibras e com maiores teores de substâncias insolúveis em licores de baixa alcalinidade (pH abaixo de 10).

Nestes casos, especificamente, as pastas obtidas tiveram a qualidade bastante comprometida, ao ponto de rejeitos (incozidos) com elevadas granulometrias médias serem detectados no meio das pastas resultantes das respectivas polpações, até mesmo visualmente. Excepcionalmente, os rejeitos se apresentaram em altos teores e na forma de estruturas que, certamente, inviabilizariam o uso destas pastas para a produção de papéis para impressão e escrita.

Como recurso comprobatório, folhas de papel foram confeccionadas com estas pastas numa Coluna Formadora TAPPI, quando foi constatado que os rejeitos, em virtude das suas elevadas granulometrias médias, sobressaíram na superfície das folhas de papel, que apresentavam uma perceptível fragilidade mecânica. Entretanto, os papéis produzidos apresentavam um elevado brilho superficial que, possivelmente, viabilizaria o uso dos mesmos para fins ornamentais. Também é válido ressaltar que, embora as pastas produzidas sob a ação do tempo de polpação de 60 min tenham apresentado um rendimento de conversão médio 19,15% menor do que o observado para o tempo de polpação de 30 min, o comportamento de ambas durante a confecção das folhas não diferiu e os papéis produzidos apresentaram características físicas e ópticas muito semelhantes. Portanto, em relação aos tratamentos em que não foi adicionado o agente de deslignificação (NaOH), há indícios de que é mais viável a adoção do menor tempo de polpação (30 min), em virtude dos resultados observados e do menor gasto energético.

Com relação ao teor de rejeitos, foram encontrados os valores de 1,02% e 0,81%, para as pastas dos tratamentos sem a adição de NaOH e tempos de polpação de 30 e 60 min, respectivamente. Tais valores podem ser considerados elevados, uma vez que, segundo D'ALMEIDA (1988), normalmente, estes teores não ultrapassam a taxa de 0,1%. Entretanto, por se tratar de pastas celulósicas artesanais e, considerando-se que as demais pastas, correspondentes aos tratamentos em que se utilizou o agente químico de deslignificação (NaOH), não apresentaram vestígios de incozidos, não houve a necessidade de se determinar os teores de rejeitos das mesmas. Contudo, as depurações continuaram sendo efetuadas, para todos os tratamentos, com o intuito exclusivo de se eliminar a mucilagem presente nas pastas.

Ainda em relação à Tabela 1, no caso dos tratamentos em que se utilizou o agente químico de deslignificação (NaOH), nas concentrações de 1,5%, 2,0% e 2,5%, observou-se que, a despeito dos efeitos negativos nos rendimentos da conversão do pseudocaule em pasta soda, à medida que se aumentava a concentração de NaOH no licor de cozimento (%) e o tempo de polpação (min), paralelamente e, de uma forma crescente, era percebido que: havia a liberação, de uma maior quantidade de mucilagem pelas paredes celulares, o que dificultava a depuração das pastas; considerando-se que a mucilagem era, parcial ou totalmente, eliminada durante a depuração, a formação das folhas na Coluna Formadora TAPPI transcorria normalmente, em virtude da não obstrução da tela formadora por mucilagem e dos menores tempos de drenagem das pastas; os papéis formados apresentavam fundos de impressão mais adequados, maior lisura e melhor aspecto superficial. Dentro deste contexto, a adoção do tempo de polpação de 60 min e a concentração de 2,5% de NaOH no licor de cozimento resultou numa maior dificuldade de depuração da pasta, todavia, possibilitou a formação de papéis mais lisos, com melhor aspecto superficial e fundo adequado para impressão e escrita. Também deve ser salientado que tais condições conduziram a um decréscimo de 68,09% no rendimento médio da conversão do pseudocaule de bananeira em pasta soda, em relação ao maior rendimento observado (47,00% para 15,00%). A Figura 7 apresenta os papéis do pseudocaule de bananeira (*Musa sp*), produzidos sob as condições de tempo de polpação e concentração de NaOH no licor de cozimento analisadas na presente pesquisa.

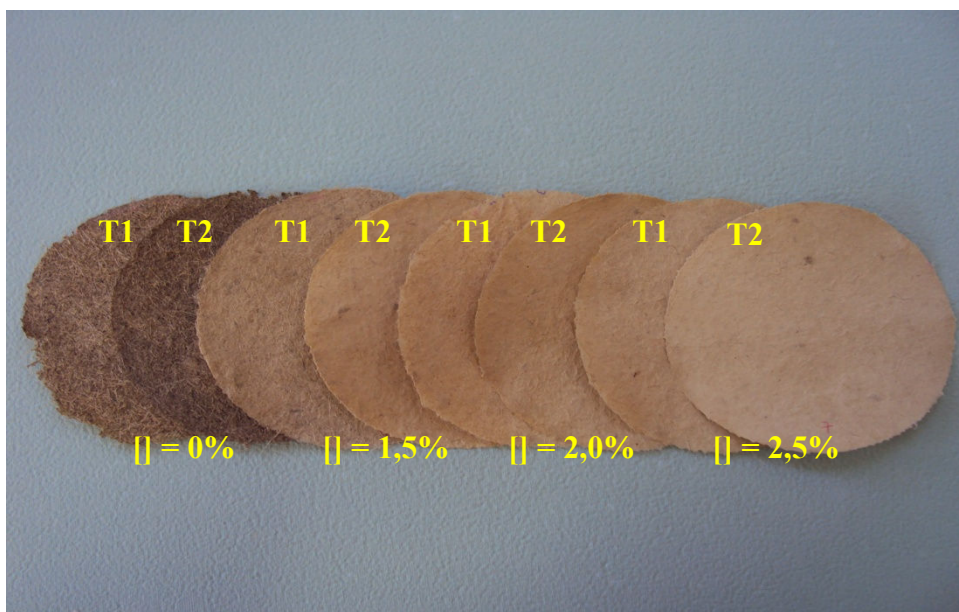


Figura 7 - Papéis das pastas do pseudocaule de bananeira (*Musa sp*), confeccionados em uma Coluna Formadora TAPPI, em que: T1 = Tempo de polpação de 30 min e T2 = Tempo de polpação de 60 min; [] = Concentração de NaOH no licor de cozimento.

A Figura 8 apresenta os papéis da pasta celulósica do pseudocaule de bananeira (*Musa sp*), impressos numa impressora a jato de tinta.



Figura 8 - Papéis da pasta celulósica do pseudocaule de bananeira (*Musa* sp), submetidos à impressão, em que: 1 = concentração de NaOH de 1,5% e tempo de polpação de 30 min e 2 = concentração de NaOH de 2,5% e tempo de polpação de 60 min.

Após a avaliação da qualidade da impressão, foi constatado que papéis com melhor fundo de impressão, maior lisura e melhor aspecto superficial derivam das pastas produzidas sob o tempo de polpação de 60 minutos e concentração de hidróxido de sódio de 2,5%.

5 - CONCLUSÕES

Considerando-se as condições pré-estabelecidas para a presente pesquisa e, tendo-se por base os resultados observados, pode-se concluir que:

1º) Maiores rendimentos de conversão do pseudocaule de bananeira em pasta soda são obtidos a partir da utilização do tempo de polpação de 30 minutos, em comparação com o tempo de polpação de 60 minutos.

2º) Para concentrações de NaOH no licor de cozimento soda variando de 0% a 2,5%, observa-se que, até o patamar de 2,0%, aumentos nas concentrações provocam decréscimos nos rendimentos de conversão do pseudocaule de bananeira em pasta soda.

3º) Pastas produzidas sem a adição de NaOH ao licor de cozimento apresentam altos teores de rejeitos com elevadas granulometrias, impossibilitando o uso das mesmas para a produção de papéis de impressão e escrita.

4º) Papéis produzidos das pastas sem a adição de NaOH ao licor de cozimento e tempo de polpação de 30 minutos podem ser utilizados para fins ornamentais, mas não para impressão e escrita.

5º) Com a depuração, para a eliminação da mucilagem das pastas, aumentos no tempo de polpação e na concentração do licor de cozimento soda deixam de interferir na formação dos papéis na Coluna Formadora TAPPI.

6º) Papéis com melhor fundo de impressão, maior lisura e melhor aspecto superficial derivam das pastas produzidas sob o tempo de polpação de 60 minutos e concentração de hidróxido de sódio de 2,5%.

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, A.M.de & BARBOSA, G.S. Reciclagem de aparas e de papéis usados, para a confecção de cadernos. Seropédica, RJ, Instituto de Florestas – IF/Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ, Imprensa Universitária, Floresta e Ambiente, v.1, n.4, p.21-29, 1997.

ANDRADE, A.M.de; NUNES, W.H.; ABREU, H.S.; SOUSA, E.L.de. Polpação kraft do estipe de *Euterpe edulis Martius* (Palmiteiro). Seropédica, RJ, Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Floresta e Ambiente, 7(1):227-237, 2000. 311p.

AZZINI, A.; SALGADO, A.L.de B.; FILHO, A.S.; BANZATTO, N.V. Restos vegetais da cultura de mamona como matéria-prima para celulose. *Bragantia*, vol.40, artigo nº11, 1981.

BASTIANELLO, S.F.; TESTA, R.C.; PEZZIN, A.P.T. and SILVA, D.A.K.. Avaliação das propriedades físicas e mecânicas de papéis reciclados artesanais com resíduos de bananeira ou palha de arroz. *Matéria (Rio J.)* [online]. 2009, vol.14, n.4, pp. 1172-1178. ISSN 1517-7076.

BRACELPA – Associação Brasileira de Celulose e Papel. Relatório Estatístico, março/2010 São Paulo, SP, 2010. 28p.

CIARAMELLO, D. Bambu como matéria-prima para papel-estudo de processos de cozimento em material de *Bambusa tuldoides* munro. *Bragantia*, vol 29 , nº2 , 1970.

CHERTMAN, M., Secagem de papel produzido a partir do pseudocaulde de bananeira.2007.Tese (Mestrado em Engenharia)-Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo,SP.

D'ALMEIDA, M.L.O. Tecnologia de fabricação da pasta celulósica. 2ed., Vol. I, São Paulo, SP, SENAI / IPT, 1988. 559p.

DANTAS, M.L.S. Degradabilidade de embalagens compostas de laminados de papel revestido, plástico e alumínio e sua interação com o meio ambiente. Piracicaba, SP, ESALQ/USP, Imprensa Universitária, 2000. 194p. (Dissertação - Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira)

HOFMANN-GATTI , THÉRÈSE.Do berço ao berço: agregação de valor e de desempenho socioambiental para a produção de papéis especiais com resíduos da agricultura.2008. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável) – Universidade de Brasília , Brasília , DF.

PEIXOTO SILVA, R. & OLIVEIRA, R.C. Efeitos da ação do refino e da reciclagem nas propriedades de papéis de pinus e eucalipto. Viçosa, MG, UFV - Universidade Federal de Viçosa, *Revista Árvore*, 3(24):np, 2000.

ROJAS, M.L.B. ,Caracterização de fibras de bananeira “Nanicão” (Musa grupo AAA, “Giant Cavendish”) como possível matéria-prima para produção de pasta celulósica para fabricação de papel. Brasil, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo-IPT, DPF-Agrupamento de Celulose e Papel.1996.

SPANGENBERG, R.J. Secondary Fiber Recycling.1st Printing, Library of Congress Cataloging-in-Publication Data, Atlanta, Georgia, TAPPI PRESS, 1993. 268p. (TAPPI PRESS ORDER NO: 0101 R201–ISBN: 0-89852-267-6).

SOFFNER, M.L.A.P. Produção de polpa celulósica a partir de engaço de bananeira. 2001. Dissertação (Mestrado em Ciências), Escola Superior de Agricultura "Luiz Queiroz"/Ciência e Tecnologia de Madeira/USP, Piracicaba, SP.

ULLMANN, S. & FREITAS, R. Origem da banana. Porto Alegre, RS, UFRGS, maio de 2002. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/alimentus/feira/mpfruta/banana/origem.htm>>. Acesso em: 14 de junho de 2009.

VIEIRA, L.M. Síntese anual da agricultura de Santa Catarina 2007-2008, disponível em http://cepa.epagri.sc.gov.br/publicacoes/sintese_2008/banana.pdf. Acessado em 21/01/2010.