



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO - UFRRJ
INSTITUTO DE FLORESTAS - IF
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

**RENDIMENTOS OBTIDOS APÓS A RECICLAGEM DE PAPEL JORNAL
IMPRESSO, DESTINTADO COM QUATRO TENSOATIVOS**

Jolmerson de Medeiros Silva

Orientador: Professor Dr. Azarias Machado de Andrade

**SEROPÉDICA, RJ
JANEIRO DE 2008**

676.!42

S586r

M

Silva, Jolmerson de Medeiros, 1984-
Rendimentos obtidos após a reciclagem
de papel jornal impresso, destinado com
quatro tensoativos / Jolmerson de Medeiros
Silva. - 2008.
20f. : il.

Orientador: Azarias Machado de Andrade.
Monografia - Universidade Federal Rural
do Rio de Janeiro, Instituto de Florestas.
Bibliografia: f. 14-16.

1. Resíduos de papel - Reaproveitamento
- Teses. 2. Jornais - Reaproveitamento -
Teses. I. Andrade. Azarias Machado de,
1959-. II. Universidade Federal Rural do
Rio de Janeiro. Instituto de Florestas.
III. Título.



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO - UFRRJ
INSTITUTO DE FLORESTAS - IF
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL

RENDIMENTOS OBTIDOS APÓS A RECICLAGEM DE PAPEL JORNAL IMPRESSO,
DESTINTADO COM QUATRO TENSOATIVOS

Jolmerson de Medeiros Silva

Sob a orientação do professor
Dr. Azarias Machado de Andrade

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

Seropédica, RJ
Janeiro de 2008

Monografia aprovada em:...../...../.....

Comissão examinadora:

Orientador: _____
Professor Dr. Azarias Machado de Andrade

Titular 1: _____
Professor Dr. Acacio Geraldo de Carvalho

Titular 2: _____
Professor Dr. Edv Oliveira Brito

Suplente 1: _____
Professor Dr. Roberto Carlos Costa Lelis

Suplente 2: _____
Professor Dr. Alexandre Monteiro de Carvalho

DEDICATÓRIA

Aos meus queridos pais Marcílio de Medeiros Silva e Cristina de Oliveira Silva e à minha querida irmã Graziela de Medeiros Silva Loureiro pelo apoio incondicional, amor e carinho em todos os momentos da minha vida.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela família que tenho e por ter chegado aonde cheguei;

Aos meus pais e minha irmã, por terem me apoiado sempre;

Ao meu estimado orientador professor Azarias Machado de Andrade, pela amizade e por me orientar desde meu início no Curso de Engenharia Florestal, seja orientando projetos ou importantes conselhos na vida;

Ao meu cunhado Marcelo Henrique Cayres Loureiro, por sempre me ajudar com materiais, incentivo e amizade;

À minha namorada Ana Carolina Pereira Cesar, por me aturar na época mais complicada do curso e sempre ter me motivado e apoiado;

Ao Engenheiro Florestal Cláudio Alexandre Aquino Santanna, pelo apoio, amizade e pelos conhecimentos que obtive;

Aos grandes amigos que me acompanharam na UFRRJ: Tharcia Silva Ribeiro, Rafael Dias Mayer, Viviane Patrícia Januário, Ricardo Aparecido Bento, Elisa Teodoro Sant'anna, Tatiana Correa Ferreira, Kátia Ueoka, Camila Vital, Wallace de Moraes Belo dentre uma grande turma;

Aos meus amigos Adriano Pimenta França, Vinicius Gonçalves e Fábio Pimenta França, pelo apoio em todos os momentos;

À Engenheira Florestal Cláudia ribeiro França, pela oportunidade de estagiar no Projeto Mutirão Reflorestamento, o que aumentou muito meu conhecimento e experiência.

RESUMO

O presente trabalho avaliou o efeito da destintagem da pasta de papel jornal impresso, por flotação, utilizando quatro tensoativos: lauril éter sulfato de sódio a 5%, dietanolamina em 80% de ácido graxo, estearato de sódio e alquil benzeno sulfonato de sódio. Foram determinados os rendimentos e as perdas de massa (%), observados após a conversão do papel jornal impresso em pasta destintada. Dentre os tensoativos analisados o estearato de sódio foi o que apresentou o maior rendimento médio em pasta (69,87%) e, conseqüentemente, a menor perda de massa (30,13%), além de, visualmente, ter conferido uma maior brancura ISO aos papéis produzidos com a pasta destintada. O menor rendimento médio e a maior perda de massa foram apresentados pelo lauril éter sulfato de sódio a 5% (62,51% e 37,49%, respectivamente).

Palavras-chaves: destintagem, tensoativo, papel jornal impresso.

ABSTRACT

The present work evaluated the effects of newspaper printed paper pulp deink, for flotation, using four tensoactives: lauryl ether sulphate of sodium at 5%, dietanoamyne in 80% of grax acid, estearate of sodium and alquyl benzene sulphonate of sodium. Were evaluated the revenues and mass losses (%) observed after conversion of newspaper printed paper in deinked pulp. Estearate presented the largest revenue (69,87%) and smallest mass loss (30,13%) besides, visually presented pulp and paper with a larger ISO brightness. Smallest revenue and largest mass loss were presented by lauryl ether sulphate of sodium at 5% (62,51% and 37,49%, respectively).

Key-words: deink, tensoactive, newspaper printed paper.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE TABELAS.....	x
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	1
2.1. Pastas Celulósicas.....	1
2.2. Reaproveitamento de fibras secundárias	2
2.3. Papel Jornal	3
2.4. Destintagem de Pastas Celulósicas.....	3
2.5. Principais tipos de papéis e demais produtos fabricados a partir de pastas destintadas.....	4
2.6. Principais tipos de tintas presentes nos papéis impressos	4
2.7. Principais métodos utilizados para a destintagem de pastas.....	5
2.8. Tensoativos.....	5
2.9. Ação dos tensoativos	7
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	8
3.1 Matéria-prima Fibrosa	8
3.2 Tensoativos e Coadjuvante.....	8
3.3 Destintagem da Pasta de Papel Jornal Impresso.....	9
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	12
5. CONCLUSÃO.....	13
6. BIBLIOGRAFIA	14
7. ANEXOS.....	17
Apêndice A	18
Apêndice B	19
Apêndice C	20

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - Ação de um tensoativo sobre um particulado contaminante como, por exemplo, um fragmento de tinta, gordura, dentre outros (SANTOS, 1917).....**8**
- Figura 2** - Liberação da pasta de papel jornal, após a desagregação no Refinador Bauer; RJ, Seropédica, 2007.....**9**
- Figura 3** - Hiperlavagem da pasta para a eliminação das cargas e dos aditivos solubilizados; RJ, Seropédica, 2007.....**10**
- Figura 4** - Formação da folha-teste na Coluna Formadora TAPPI; RJ, Seropédica, 2002.....**11**
- Figura 5** - Utilização do papel mata-borrão para a retirada da folha-teste da Coluna Formadora TAPPI; RJ, Seropédica, 2002.....**11**

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** - Tensoativos avaliados, utilizando-se como coadjuvante o carbonato de sódio a 3% e os tensoativos a 5%, em relação à massa a.s. de papel jornal impresso (g), Seropédica, 2007.....**8**
- Tabela 2** - Valores médios dos rendimentos em pasta (%), obtidos após a desagregação e destintagem das pastas de papel jornal impresso, Seropédica, 2007.....**12**
- Tabela 3** - Valores médios das perdas de massa (%), observadas após a desagregação e destintagem das pastas de papel jornal impresso, Seropédica, 2007.....**13**

1. INTRODUÇÃO

O termo pejorativo “lixo” tem sido freqüentemente utilizado para designar algo sem nenhum valor ou proveito. Classificam-se como lixo os restos das atividades humanas, consideradas pelos geradores como inúteis, indesejáveis e descartáveis (IPT/CEMPRE,1995). A agenda 21 versa em um de seus capítulos sobre o manejo dos resíduos sólidos. No item 21.5 aponta para a necessidade de ações e de formulações de objetivos centrados na redução dos resíduos e no aumento da reutilização dos mesmos (FADINI e FADINI, 2001).

As fibras secundárias residuais podem ser utilizadas na produção de painéis que apresentam um baixo custo e simplicidade no processo de fabricação. Entretanto, devem ser buscadas melhorias nas propriedades mecânicas e naquelas relacionadas à ignição e absorção de líquidos pelos mesmos (CHANG e HUNG, 2003). O papel jornal impresso, devido à facilidade de obtenção e baixo custo, é uma fonte promissora de fibras secundárias para ser utilizada durante a reciclagem e a feitura de papéis industriais ou artesanais (ANDRADE et. al., 1993; ANDRADE e BARBOSA, 1997).

Muitas das propriedades das pastas celulósicas podem ser melhoradas, desde que sejam adotados certos procedimentos técnicos. No caso da pasta de papel jornal impresso, a hiperlavagem, o destintamento, o branqueamento e o consorciamento de fibras virgens à mesma, efetuados separadamente ou em conjunto, podem conduzir à melhorias significativas de algumas das propriedades dos derivados da mesma (BUGAJER, 1988; DUARTE et al., 1989; COSTA e INÁCIO, 1998). A inclusão de aditivos apropriados à pasta de papel jornal impresso também pode agir de forma positiva e melhorar, principalmente, as propriedades físicas e mecânicas dos papéis e cartonados reciclados (SCOTT et al., 1995; SCOTT, 1996).

Dentro do contexto supracitado, o presente trabalho de pesquisa vem ao encontro de uma série de necessidades técnico-científicas ainda por serem esclarecidas em relação ao processamento da pasta de papel jornal impresso. Poderão advir da efetivação do mesmo algumas importantes contribuições para o esclarecimento de algumas relevantes questões, a exemplo de qual o tensoativo é mais eficiente e indicado para o destintamento do papel jornal impresso.

A presente pesquisa foi proposta com os objetivos de destintar pastas constituídas por fibras secundárias de papel jornal impresso, com quatro tensoativos, através da flotação da tinta; e, determinar os rendimentos e as perdas de massa buscando também melhorias na qualidade da pasta após a conversão do papel jornal impresso em papel reciclado.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Pastas Celulósicas

As fibras vegetais que se empregam na fabricação do papel provêm, principalmente, de árvores como o Pinho, Abeto, Balsa, Faia, Álamo, Bétula, Castanheiro, Eucalipto, de algumas gramíneas (bambu, palha de centeio, trigo, aveia, cevada ou arroz) e do algodão. Muitas vezes, para a produção do papel e dos demais derivados da pasta celulósica, faz-se uso de uma associação de vários tipos de fibras, de origem vegetal ou não, como o cânhamo, linho, lã, seda, amianto, lã de escoria, fibras de vidro e fibras sintéticas. Tais misturas, normalmente, são branqueadas quimicamente, melhoradas com cargas e aditivos e, em

seguida, utilizadas na feitura dos mais variados tipos de papéis (D'ALMEIDA, 1988a; ANDRADE, 1992; COMPTON'S, 1996; FPL, 1999). No caso dos painéis de pastas celulósicas, as matérias primas fibrosas usadas podem ser de origem vegetal, animal, mineral e artificial. Entretanto, as fibras vegetais são as mais usadas para fabricação da pasta celulósica (D'ALMEIDA, 1988b e KOGA, 1988).

A partir das fibras vegetais podem ser obtidas pastas ou misturas de pastas, dentre as quais destacam-se: a pasta química, obtida de madeira ou de outras matérias-primas lignocelulósicas, por meio de tratamentos químicos que podem degradar grande parte da lignina e dos componentes secundários, bem como uma parte da holocelulose; a pasta semi-química, obtida da madeira ou de outras matérias-primas lignocelulósicas, por meio de tratamentos químicos de baixa drasticidade, que eliminam parte dos componentes não celulósicos. Nesse caso, para o isolamento das fibras é necessário um tratamento mecânico mais intenso; e, a pasta mecânica, obtida da madeira, na forma roliça, por meio de artifícios estritamente mecânicos. Todavia, para qualquer tipo de pasta deve-se atentar para a capacidade de entrelaçamento e para as propriedades de ligação entre as fibras, que exercem uma grande influência sobre a formação das folhas de papéis e dos demais derivados das pastas celulósicas (D'ALMEIDA, 1988a; KOGA, 1988; SIMÕES, 1989; SCOTT, 1996).

O Brasil possui algumas fontes de fibras vegetais com potencial para serem usadas alternativamente àquelas derivadas da madeira. Outra fonte potencial de fibras, que carece de mais estudos, é o papel jornal impresso, cujas fibras secundárias podem ser utilizadas na produção de papéis para impressão e escrita, bem como de compósitos destinados aos mais variados usos (ANDRADE, 2001).

2.2. Reaproveitamento de fibras secundárias

Entende-se por reciclagem de papel o reaproveitamento das fibras celulósicas de papéis usados ou aparas, para a produção de papéis novos e demais derivados da pasta celulósica. Tecnicamente, quase todos os tipos de papéis podem ser reciclados, substituindo as matérias-primas fibrosas virgens que compõem as pastas químicas, semiquímicas e mecânicas. A reciclagem de papel, além de se tratar de um processo ecologicamente correto, apresenta inúmeras vantagens econômicas e sociais (SPANGENBERG, 1993; RECICLOTECA, 1998; MARTINS, 1999; ANDRADE, 2001; TABACOF, 2001).

No caso do Brasil, a grande importância social da reciclagem de papel velho é facilmente observada nas ruas das cidades. Um número cada vez maior de pessoas dedica-se ao trabalho de coleta, de prensagem, de transporte, de venda e de utilização dos papéis recolhidos manualmente nas ruas. Isto resulta na geração de empregos dignos e na manutenção de famílias que, muitas vezes, ainda não estão devidamente preparadas para um mercado de trabalho altamente competitivo. Cooperativas de catadores de papel têm sido criadas, principalmente com o intuito de proteger e de orientar esses trabalhadores simples, porém, muito orgulhosos do seu trabalho, reconhecidamente imprescindível para a melhoria das condições de vida da população como um todo. Ainda em relação aos aspectos sociais da reciclagem de papel, vale ressaltar a sua importância, sobretudo para as comunidades mais carentes. Além do preenchimento do tempo ocioso com uma atividade saudável, a reciclagem pode disponibilizar os papéis consumidos no dia-a-dia, podendo converter-se numa fonte de renda familiar. Porém, a nível doméstico, a reciclagem de papel ainda apresenta-se como uma técnica pouco utilizada, principalmente em função das dificuldades normais de acesso às tecnologias disponíveis de produção e de utilização do papel reciclado. Contudo, de uma forma esporádica, são divulgados trabalhos abordando algumas metodologias de reciclagem

artesanal de papel, visando demonstrar que a produção doméstica de papel é uma técnica simples, com um baixo custo de implementação e altamente promissora (ANDRADE, 1993; ANDRADE e BARBOSA, 1997; RECICLOTECA, 1998; ANDRADE, 2001).

Deve-se considerar, todavia, que o processo de reciclagem de papel pode causar modificações, principalmente, nas propriedades físicas, mecânicas e ópticas das pastas e derivados. Em geral, após a reciclagem das fibras ocorrem decréscimos nas resistências à tração, ao estouro e dobras, enquanto aumentam a capacidade de dispersão das fibras e a opacidade. A intensidade destas alterações dependerá do tipo da pasta original (kraft, sulfito, mecânica etc). Após a reciclagem, as pastas químicas apresentam pronunciadas alterações, enquanto as pastas mecânicas permanecem praticamente inalteradas (CAO et al., 1998).

2.3. Papel Jornal

A designação “Papel Jornal” refere-se a uma categoria de papel direcionada para publicações, usado principalmente para impressão de jornais diários, com amplas tiragens. Também utilizado, numa menor escala, para impressões de aplicações comerciais e governamentais. É um papel sem revestimento, feito com pasta de alto rendimento (termomecânica e quimomecânica), frequentemente com uma pequena fração de pasta química branqueada, além de quantidades ainda menores de fibras secundárias (INCE et al., 2000).

O papel jornal pode ser considerado um potencial fornecedor de fibras vegetais secundárias. Entretanto, qualquer intervenção neste sentido deverá, prioritariamente, considerar que este tipo de papel é portador de cargas e de alguns aditivos especiais, nocivos à saúde humana, a exemplo dos fixadores à base de metais pesados (chumbo, mercúrio, astato, bismuto, polônio etc) e da própria tinta que, se não forem subtraídos da pasta, poderão torná-la imprópria para o uso (GONÇALVES, 1995; ANDRADE e BARBOSA, 1997). Todavia, para alguns usos as fibras secundárias do papel jornal impresso deixarão de apresentar quaisquer contra-indicações, desde que sejam destintadas ou consorciadas com fibras virgens, como as do Coco da Bahia (*Cocos nucifera*), isto para as mais variadas utilizações.

2.4. Destintagem de pastas celulósicas

Entende-se por destintagem a remoção, das pastas de papéis velhos ou aparas, da tinta ou de outros pigmentos não-fibrosos indesejáveis. Agentes de molhamento, detergentes e dispersantes estão envolvidos na separação e remoção da tinta, cola, revestimento e das cargas presentes nos papéis velhos ou aparas. Uma fórmula de destintamento deve incluir um álcali para saponificar o verniz ou o veículo da tinta, um tensoativo para auxiliar no umedecimento do pigmento da tinta, um agente de dispersão para evitar a aglomeração das partículas do pigmento e um agente absorvente para seqüestrar o pigmento e evitar a sua redeposição sobre a fibra (D`ALMEIDA, 1988b; COSTA e INÁCIO, 1998).

ANDRADE e BARBOSA (1997); COSTA e INÁCIO (1998); SPIRIDON e POPA (2000) e ANDRADE (2001) citam as principais vantagens e desvantagens da destintagem. Vantagens: permite a parcial independência do mercado de pasta celulósica; disponibiliza pasta celulósica durante os períodos de escassez da mesma no mercado; proteção indireta do ambiente, pela manutenção das florestas e pelo menor grau de poluição. Desvantagens: redução da resistência à ruptura das fibras; ocorrência de manchas no papel, provocadas pela tinta ou por outro constituinte do papel velho; os papéis produzidos são mais instáveis,

podendo variar de cor, brancura e resistência; os produtos químicos utilizados podem ter algum efeito poluente.

Para DUARTE et al. (1989); SPIRIDON e POPA (2000) e ANDRADE (2001), as principais etapas da destintagem de papéis velhos são as seguintes: desintegração - normalmente realizada a baixas temperaturas e altas consistências; pré-crivagem - são utilizados crivos vibratórios e pressurizados perfurados, que permitem uma pré-separação de acordo com o tamanho dos contaminantes; reações químicas - são adicionados reagentes químicos para a remoção das partículas de tinta da superfície das fibras; separação das partículas de tinta - são removidas as partículas de tinta da suspensão fibrosa por lavagem, flotação ou pelos dois processos; depuração e crivagem fina - são removidos todos os contaminantes, tais como os adesivos, plásticos, areia fina, dentre outros; pós-tratamentos - atinge-se a qualidade pretendida através de tratamentos como a remoção de cinza, a dispersão e o branqueamento; tratamento dos efluentes - os efluentes líquidos, que transportam tintas e cargas, são tratados em decantadores e a lama decantada é engrossada até atingir elevadas consistências.

2.5. Principais tipos de papéis e demais produtos fabricados a partir de pastas destintadas

Os principais tipos de papéis e demais produtos fabricados a partir de pastas destintadas, segundo SCOTT et al., 1995; SANTOS, 1997, são:

- Papéis “tissue” e crepados;
- Papéis de impressão e escrita; e,
- Produtos moldados e compósitos.

Observação: atualmente, as duas primeiras categorias são as de maior importância no mercado nacional.

2.6. Principais tipos de tintas presentes nos papéis impressos

Os principais tipos de tintas presentes nos papéis impressos, segundo DUARTE et al. (1989), GONÇALVES (1995) e ANDRADE (2001), são:

- Tintas secantes a base de óleo: são pouco oxidadas, saponificáveis por álcali. Porém, se forem completamente oxidadas, não-secantes ou tintas tendo como base uma resina sintética, não podem ser completamente saponificadas pelo álcali a uma carga normal. Logo, devem ser usados métodos especiais de destintagem no caso dos papéis que contenham estas tintas;
- Tintas coradas: são tintas coradas pelas radiações ultravioleta, que são difíceis de quebrar e dispersar porque os polímeros que mantêm os seus pigmentos unidos não entumescem com o álcali, daí a não ocorrência da saponificação e da dispersão nestas tintas;
- Tintas xerográficas: são consideradas contaminantes no papel velho. Possui partículas de elevadas dimensões, que podem ser consideradas sujeiras no produto final;
- Tintas jornal: contém óleo mineral, pigmentos e quase não contém colas;
- Tintas offset, tipografia e heliografia: envolvem a secagem por oxidação e evaporação a elevadas temperaturas e ainda por penetração e coagulação ou por combinação destas;

- Tintas flexográficas (anilina): inicialmente eram tintas transparentes resultantes da diluição de materiais corados em álcool. São secadas por evaporação do solvente;
- Tintas de rotogravura: são uma combinação de pigmento, solvente e cola. São fortes e brilhantes;
- Tintas "cold-set" ou "moisture-set": a base de resinas fenólicas modificadas, maleicas com colas. São muito utilizadas em impressões de sacos para pão, embalagens de leite, embalagens para comida, dentre outras;
- Tintas "quick -setting": possuem um brilho elevado e são freqüentemente combinações da secagem de óleos com resinas sintéticas;
- Tintas "water-color": usam pigmentos ou tinta aquosas, contendo gomas solúveis em água;
- Tintas metálicas: são similares as tintas de ouro, prata e bronze, que são usadas na determinação de resistências elétricas. Podem causar problemas, uma vez que dão origem à manchas escuras; e,
- Tintas fluorescentes: são de fácil reconhecimento, sendo consideradas inoportunas na destintagem porque se desintegram em partículas difíceis de serem removidas.

2.7. Principais métodos utilizados para a destintagem de pastas

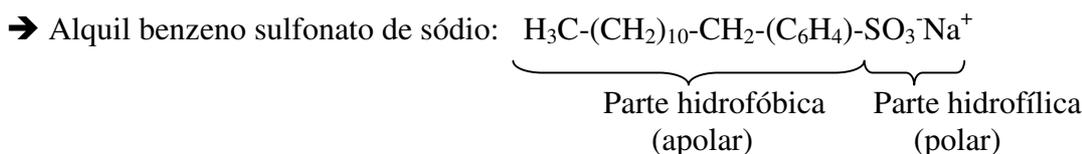
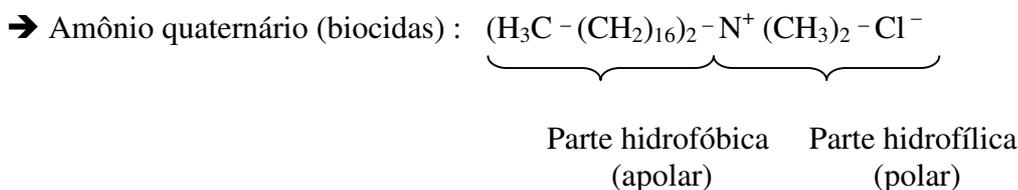
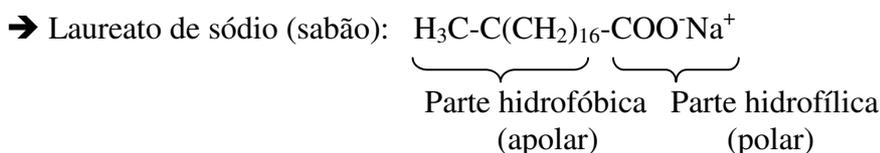
Após a tinta ser separada das fibras, existem dois métodos distintos para removê-la da pasta fibrosa: a lavagem e a flotação. A lavagem é um processo mecânico de remoção de partículas de tinta da pasta e pode ser efetuada sob várias consistências. A flotação é um processo químico-mecânico de separação seletiva das partículas de tinta de uma suspensão diluída de fibras. Limpadores centrífugos também podem retirar tinta, mas uma eliminação significativa é conseguida somente quando as partículas de tinta têm um determinado tamanho ou possuem determinada massa específica. A flotação para a remoção da tinta consiste na passagem da pasta, numa consistência inferior a 1%, por uma série de células de flotação. O ar é soprado através da pasta e disperso por impulsores de alta velocidade. Os produtos químicos de flotação (ácidos graxos por exemplo) são adicionados para conferir às bolhas de ar uma maior afinidade química com as partículas de tinta (SPANGENBERG, 1993; GONÇALVES, 1995; SANTOS, 1997).

A flotação pode ser usada em massa contendo tintas não-dispersíveis, enquanto a lavagem não. Todavia, a flotação é um processo que oferece pouca estabilidade, pois a remoção da tinta depende da adição de agentes químicos, enquanto que a lavagem é uma operação meramente mecânica. A lavagem caracteriza-se por um elevado consumo de água e, conseqüentemente, pela geração de um grande volume efluente líquido, contendo tinta e outros materiais, que precisa ser tratado antes de ser descartado. A lavagem à alta consistência tem a vantagem de consumir menos água, reduzindo o custo operacional e podendo ser aplicada quando a tinta a ser removida encontra-se bem dispersa (DUARTE et al., 1989; SANTOS, 1997).

2.8. Tensoativos

Tensoativos, também tratados por surfactantes, são substâncias capazes de modificar a tensão superficial de um líquido, de um sólido, ou ainda, modificar a tensão interfacial líquido/líquido, líquido/sólido ou líquido/gás de um sistema. Dependendo das suas aplicações os tensoativos podem ser classificados como detergentes, umectantes, emulsionantes e espumantes (SANTOS, 1997).

Para GONÇALVES (1995) e SANTOS (1997), a natureza das moléculas dos tensoativos é responsável pela tendência deles se concentrarem nas interfaces. Substâncias tensoativas possuem uma estrutura química característica que consiste de uma parte que apresenta pouca atração por um solvente, geralmente denominada grupo liofóbico (hidrofóbico), e outra parte que tem forte atração pelo solvente, denominada grupo liofílico (hidrofílico). Como exemplo de estruturas moleculares que apresentam tais características, no caso do solvente ser a água, tem-se:



Os principais tipos de tensoativos, segundo SANTOS (1997), SPIRIDON e POPA (2000) e ANDRADE (2001), são os seguintes:

→ Iônicos - a parte hidrofílica da molécula é constituída por um grupamento iônico, ou seja, um cátion ou um ânion na parte polar. Estes tensoativos, quando dissociados em solução aquosa, resultam em duas espécies hidratadas, sendo um cátion e um ânion, ou seja, o monômero do tensoativo e seu respectivo contra-íon. São em sua maioria, bons agentes umectantes, espumantes e emulsificantes. São classificados como catiônicos e aniônicos, dentre os quais destacam-se os seguintes:

Carboxilatos : RCOO^- (aniônico)

Alquil sulfatos : ROSO_3^- (aniônico)

Alquil trimetil amônia: $\text{RN}^+(\text{CH}_3)_3$ (catiônico)

→ Não-iônicos - são aqueles cuja parte polar da cadeia é de natureza não iônica, também básica. Possuem um grupamento hidrofílico, e por esta razão têm muita afinidade com a água. São excelentes agentes umectantes e emulsificantes e péssimos formadores de espuma, dentre os quais destacam-se:

Álcoois etoxilados: $\text{R}-(\text{OCH}_2)_n\text{OH}$

Ácidos graxos etoxilados: $\text{R}-\text{CO}-(\text{OCH}_2\text{CH}_2)_n\text{OH}$

Alquil fenóis etoxilados: $\text{R}-\text{C}_6\text{H}_4-(\text{OC}_2\text{H}_4)_n\text{OH}$

→ Anfóteros - estes tensoativos contêm em sua estrutura molecular dois grupamentos funcionais, sendo um ácido e outro básico. Dependendo do pH da solução, podem atuar tanto como um elemento ácido, básico ou neutro. São geralmente bons formadores de espuma e apresentam bom desempenho em água, dentre os quais destacam-se as alquil betaínas [$\text{RN}^+(\text{CH}_3)_2\text{CH}_2\text{COO}^-$].

2.9. Ação dos Tensoativos

Para DUARTE et al. (1989); GONÇALVES (1995) e SANTOS (1997), é possível dizer que a utilização de um tensoativo envolve, quase sempre, a participação de três partes, ou seja, o tensoativo, o veículo e o objeto de utilização do tensoativo. Isto pode ser explicado da seguinte forma: Na formação de uma emulsão (sorvete, por exemplo) participam o tensoativo (agente emulsionante) a água (veículo) e as gorduras e outros componentes não solúveis em água (objeto de utilização do tensoativo). Forma-se, então, uma emulsão entre a água e os componentes não polares; No processo de limpeza de um tecido ou de uma louça participam o tensoativo (um detergente ou sabão), a água (veículo) e os compostos gordurosos não solúveis em água (objeto de utilização do tensoativo); No processo de formação de espuma para aerar um sorvete ou simplesmente para preparar um banho de espuma em uma banheira, participam o tensoativo (agente espumante), a água (veículo) e o ar (objeto de utilização do tensoativo); No processo de utilização de um adubo foliar participam o tensoativo (agente molhante), a água (veículo) e a superfície das folhas das plantas (objeto de utilização do tensoativo). Permite-se com isto que o adubo entre em íntimo contato com a superfície das folhas.

Ainda segundo os mesmos autores, de um modo geral, pode-se dizer que um tensoativo apresenta, ao mesmo tempo, as características de agente molhante, de um agente emulsionante, de detergente e de espumante. Entretanto uma destas características é sempre mais marcante em um determinado tensoativo do que nos demais. É esta característica dominante que determina a sua classificação como detergente, emulsionante, dentre outras classificações. Quando um tensoativo é solubilizado em água, as suas moléculas migram para a superfície dispondo-se ali de tal forma que a parte apolar da cadeia se projeta acima desta. A razão pela qual as moléculas do tensoativo são repelidas para a superfície deve-se ao fato de que as moléculas de água, por serem polares, atraem-se entre si com uma força maior do que atrairiam a parte apolar do tensoativo. Deste modo, é possível dizer que a cadeia apolar do detergente é literalmente expelida para fora da solução. Se numa porção de água pura fosse adicionado um tensoativo, lentamente seria possível observar que a concentração deste na superfície iria aumentando até atingir um ponto crítico, quando toda a superfície livre da água seria substituída por outra de natureza apolar, proveniente das moléculas do detergente. Neste ponto, para que uma outra molécula do tensoativo pudesse ser admitida na superfície, outra deveria se deslocar para o seio da solução. Entretanto, a água, no seio da solução, por força da coesão entre as suas moléculas, continua a repelir as partes apolares do detergente, obrigando-o a se organizar em micelas. As micelas são agregados de tensoativos formados em solução. Elas atuam de modo a envolverem a "sujeira" em seu interior, ou seja, a parte apolar é quem forma esta "cápsula" e a parte polar fica voltada para a solução aquosa. A Figura 1 ilustra a ação do tensoativo, no caso representado por uma micela, sobre uma partícula de contaminante.

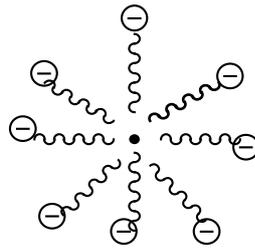


Figura 1 - Ação de um tensoativo sobre um particulado contaminante como, por exemplo, um fragmento de tinta, gordura, dentre outros (SANTOS, 1997).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. MATERIAL

3.1.1. Matéria-prima fibrosa

Para o desenvolvimento da pesquisa utilizou-se a pasta desagregada de papel jornal impresso, destintada ou não. O papel jornal foi adquirido em dois entrepostos coletores de papel velho na Cidade de Seropédica, no Estado do Rio de Janeiro.

3.1.2. Tensoativos e coadjuvante

As pastas foram destintadas pela ação de quatro tensoativos. Como coadjuvante foi utilizado o carbonato de sódio a 3 % (Na_2CO_3) que, de acordo com BUGAJER (1988), saponifica o veículo da tinta e auxilia no desprendimento do pigmento da mesma. Durante as desagregações do papel jornal impresso foi utilizada água à temperatura média de 55 °C, para favorecer o inchamento das fibras celulósicas e, conseqüentemente, a liberação da tinta. Na Tabela 1 constam os tensoativos que foram analisados no decorrer da pesquisa.

Tabela 1 - Tensoativos avaliados, utilizando-se como coadjuvante o carbonato de sódio a 3 % e os tensoativos a 5 %, em relação à massa a.s. de papel jornal impresso (g)

Tratamento	Tensoativo a 5 %
01	Testemunha
02	Estearato de Sódio
03	Dietanolamina em 80% de ácido graxo
04	Alquil Benzeno Sulfonato de Sódio
05	Lauril Éter Sulfato de Sódio a 5%

Além dos materiais de consumo e das vidrarias convencionalmente utilizados num laboratório de pastas e papel, também foram usados os equipamentos listados a seguir:

- Um Refinador Bauer
- Uma Coluna Formadora TAPPI
- Dois ventiladores para circulação de ar

- Uma estufa
- Um picador de papel

3.2. MÉTODOS

3.2.1. Destintagem da pasta de papel jornal impresso

Para a desagregação do papel jornal impresso utilizou-se, por batelada, duzentos gramas a.s. de jornal. O papel jornal impresso, após ter sido mecanicamente picado, foi desagregado num Refinador Bauer, juntamente com 30 litros d'água à temperatura média de 55 °C.

Para o destintamento da pasta adotou-se a metodologia proposta por SPIRIDON e POPA (2000), por um período de quinze minutos, sem a injeção de ar. No caso do Refinador Bauer, a injeção de ar foi dispensada em virtude da intensa agitação que o aparelho promove que, aliada à ação do tensoativo, resulta numa grande quantidade de espuma e de bolhas de ar que facilitam a flotação da tinta da pasta de papel jornal impresso. No decorrer da destintagem a espuma da flotação foi eliminada por uma abertura localizada na parte superior do Refinador Bauer.

Decorrido o tempo de destintagem, a pasta de papel jornal foi liberada num recipiente (Figura 2), para depois ser despejada numa caixa de madeira com o fundo constituído por uma tela de náilon com malha de 0,3 mm, recoberta por um tecido de algodão. Fez-se uso de fortes jatos d'água para a hiperlavagem da pasta e eliminação das cargas e aditivos solubilizados, até que a água de passagem não apresentasse mais cor (“água branca”) (Figura 3).



Figura 2 - Liberação da pasta de papel jornal, após a desagregação no Refinador Bauer.



Figura 3 - Hiperlavagem da pasta para a eliminação das cargas e aditivos solubilizados.

Foram determinados os percentuais absolutamente secos (% a.s.) do papel jornal impresso (TAPPI 412 su-69 – Moisture in Paper) e da pasta (TAPPI 258 os-76 – Basic Density and Moisture Content of Pulpwood), para o conhecimento das massas de papel jornal efetivamente utilizadas, bem como das massas de pastas de papel jornal efetivamente obtidas. Os percentuais absolutamente secos foram calculados relacionando-se os pesos das amostras secas por 24 horas numa estufa com os seus respectivos pesos úmidos, em gramas.

Para a visualização e comparação das brancuras atingidas pelos papéis foram confeccionadas, com as pastas obtidas de cada tratamento, folhas-testes (TAPPI 205 os-71 – Forming Handsheets for Physical Tests of Pulp) ou folhas artesanais, conforme a metodologia de produção desenvolvida no laboratório de Papel e Celulose do Instituto de Florestas da UFRRJ (ANDRADE & BARBOSA, 1997). As folhas normatizadas foram produzidas com dois gramas absolutamente secos de pasta, utilizando-se uma Coluna Formadora TAPPI (Figura 4). Após a formação as folhas-testes foram retiradas da Coluna Formadora aderidas a papéis mata-borrão (Figura 5) e acondicionadas em um ambiente climatizado.

Os efeitos da destintagem da pasta de papel jornal foram avaliados com base nos rendimentos obtidos em pastas destintadas (%) e nas respectivas perdas de massa (%). Os rendimentos em pasta foram calculados pela relação entre as massas absolutamente secas de pasta destintada (g) e do papel jornal impresso utilizado (g). As perdas de massa foram estimadas subtraindo-se de 100% o respectivo rendimento em pasta (%).



Figura 4 - Formação da folha-teste na Coluna Formadora TAPPI.



Figura 5 - Utilização de um papel mata-borrão para a retirada da folha-teste da Coluna Formadora TAPPI.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 constam os valores médios dos rendimentos em pasta (%), obtidos após a desagregação e destintagem das pastas de papel jornal impresso.

Tabela 2 - Valores médios dos rendimentos em pasta (%), obtidos após a desagregação e destintagem das pastas de papel jornal impresso*, Seropédica, RJ 2007

Tratamento	Tensoativo	Rendimento em Pasta (%)
01	Testemunha (água + pasta)	78,54 a
02	Estearato de Sódio	69,87b
03	Dietanolamina em 80% de ácido graxo	66,68 bc
04	Alquil Benzeno Sulfonato de Sódio	64,22 c
05	Lauril Éter Sulfato de Sódio a 5%	62,51 c

*Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 95% de probabilidade.

Analisando a Tabela 2, percebe-se que a adoção do processo de destintagem provocou uma significativa redução dos rendimentos em pasta (%). O lauril éter sulfato de sódio a 5%, por exemplo, ocasionou uma redução de 16,03 % no rendimento em pasta em comparação ao valor apresentado pela testemunha (78,54%). Entre os tratamentos em que a destintagem foi realizada o maior rendimento médio em pasta foi apresentado pelo estearato de sódio, cujo rendimento apresentou-se 8,67% abaixo daquele apresentado pela testemunha e 7,36% acima do apresentado pelo lauril éter sulfato de sódio a 5%.

Segundo ANDRADE (2001), perdas de massa sempre ocorrem após o tratamento de uma pasta celulósica por meios térmico, mecânico ou químico. Na presente pesquisa, as perdas devem estar vinculadas à degradação de finos e de fibras, bem como à solubilização e eliminação de cargas e de aditivos presentes na pasta de papel jornal impresso, sob a ação físicoquímica dos tensoativos. Para SCOTT (1996), dentre as referidas cargas, possivelmente, encontram-se o caulim, os carbonatos, o dióxido de titânio, o talco, dentre outras, comumente utilizadas durante a produção do papel jornal. No caso dos aditivos, podem ter sido subtraídos do meio os agentes de colagem interna e externa, os inibidores de corrosão, os controladores de pitch, os microbiocidas, os adesivos, os amidos, a tinta, dentre outros.

Embora as Brancuras ISO das pastas e dos papéis não tenham sido avaliadas na presente pesquisa, utilizando-se um espectrofotômetro, e os valores dos ganhos em brancura não constem na Tabela 2, deve ser registrado que o uso dos tensoativos resultou em perceptíveis melhorias nas propriedades ópticas das pastas destintadas.

A Tabela 3 apresenta os valores médios das perdas de massas (%), observadas após a desagregação e destintagem das pastas de papel jornal impresso.

Tabela 3 - Valores médios das perdas de massa (%), observadas após a desagregação e destintagem das pastas de papel jornal impresso*, Seropédica, RJ, 2007

Tratamento	Tensoativo	Perda de massa (%)
01	Testemunha	21,46 c
02	Estearato de Sódio	30,13 b
03	Dietanolamina em 80% de ácido graxo	33,33 ab
04	Alquil Benzeno Sulfonato de Sódio	35,78 a
05	Lauril Éter Sulfato de Sódio a 5%	37,49 a

*Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 95% de probabilidade.

Os valores médios das perdas de massa (%), apresentados na Tabela 3, variaram de 21,46% a 37,49%, para a testemunha e para o lauril éter sulfato de sódio a 5%, respectivamente. Dentre os tratamentos em que foi realizado o destintamento das pastas, o menor valor médio para a perda de massa (%) foi apresentado pelo estearato de sódio, 7,36% abaixo daquele apresentado pelo lauril éter sulfato de sódio a 5%.

Conforme mencionado durante a discussão dos valores apresentados na Tabela 2, a despeito das maiores perdas de massa (%) em relação à testemunha, sensíveis melhorias ópticas foram observadas nas pastas destintadas. Brancuras (“alvuras”) com % ISO mais elevados foram visualmente percebidas nas pastas destintadas com os quatro tensoativos avaliados. Entretanto, o tensoativo que resultou nas pastas destintadas com brancuras ISO visualmente mais elevadas foi o estearato de sódio. Segundo ANDRADE (2001), o aumento da brancura ISO de uma pasta celulósica contribui para o aumento da amplitude de utilização da mesma. No caso da pasta derivada de papel jornal impresso, dependendo do grau de brancura da mesma, poderá ser avaliada, até mesmo, a sua utilização para a produção de papéis para impressão e escrita.

5. CONCLUSÃO

Com base nos resultados da presente pesquisa, é possível concluir que:

- 1) Excetuando-se a testemunha e, o uso do estearato de sódio como tensoativo resultou no maior rendimento médio em pasta (69,87%) e, conseqüentemente, na menor perda de massa (30,13%).
- 2) Visualmente, pode-se perceber melhorias nas Brancuras ISO das pastas e dos papéis, após o destintamento das pastas.
- 3) Maiores brancuras ISO foram observadas nas pastas e, conseqüentemente, nos papéis derivados do tratamento em que o estearato de sódio foi utilizado.

6. BIBLIOGRAFIA

- ANDRADE, A.M.de. **Efeitos da hiperlavagem, destintagem, branqueamento e incorporação de aditivos à pasta de papel jornal impresso, sobre as propriedades da pasta e do papel reciclado.** Covilhã, Portugal, Universidade da Beira Interior - UBI, Departamento de Ciência e Tecnologia do Papel - DCTP, 2001. 268p. (Relatório Final de Pós-Doutoramento em Ciência e Tecnologia do Papel / CAPES - não publicado)
- ANDRADE, A.M.de. **Tecnologia Química dos Produtos Florestais.** Seropédica, RJ, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ, Imprensa Universitária, 1993. 132p.
- ANDRADE, A.M.de. Utilização da matéria-prima florestal. Vitória da Conquista, BA, Simpósio Brasileiro sobre Reflorestamento, 23 a 26 de março de 1992. In: NOVAES, A.B.de; SÃO JOSÉ, A.R.; BARBOSA, A.A.; SOUZA, I.V.B. **Reflorestamento no Brasil.** Vitória da Conquista, BA, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB, p.77-92, 1992.
- 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, Revista Floresta e Ambiente, 1(4):21-29, 1997.
- ANDRADE, A.M.de; RIOS, N.AA.; BARDDAL, S.M. **Influências do manejo na produção, nas características tecnológicas da madeira e na proteção florestal.** Seropédica, RJ, Instituto de Florestas - IF / Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ, Imprensa Universitária, 1993. 95p.
- BUGAJER, S. Utilização de aparas e papéis velhos. In: D'ALMEIDA, M.L.O. **Tecnologia de Fabricação do Papel.** 2ª ed., V. II, São Paulo, S.P., SENAI/IPT, p.797-818, 1988.
- CAO, B.; TSCHIRNER, U.; RAMASWAMY, S. Impact of pulp chemical composition on recycling. **TAPPI Journal**, v. 81, n.12, p. 119-127, 1998.
- CHANG, C.P.; HUNG, S.C. Manufacture of flame retardant foaming board from waste papers reinforced with phenol–formaldehyde resin. **Bioresource Technology**, V. 86, Issue 2, p. 201-202, 2003.
- COMPTON'S INTERACTIVE ENCYCLOPEDIA.** Version 4.0.2M for Windows, 1992-1995, Compton`s Learning Company / Compton`s NewMedia, Inc. and licensors, 1996.
- COSTA, I.; INÁCIO, F. **Melhoramento de uma linha de destintagem.** Covilhã, Portugal, Departamento de Ciência e Tecnologia do Papel / Universidade da Beira Interior, Imprensa Universitária, 1998. 71p.
- D'ALMEIDA, M.L.O. **Tecnologia de Fabricação da Pasta Celulósica.** 2ª ed., V. I, São Paulo, S.P., SENAI/IPT, 1988a. 559 p.

- D'ALMEIDA, M.L.O. **Tecnologia de Fabricação do Papel**. 2ª ed., V. II, São Paulo, S.P., SENAI/IPT, p.560-964, 1988b.
- DUARTE, A.P.C.; SOUSA, A.P.M.de; SIMÕES, R.M.S. **Fundamentos do processo de destintagem**. Covilhã, Portugal, Departamento de Ciência e Tecnologia do Papel / Universidade da Beira Interior, Imprensa Universitária, 1989. np.
- FADINI, P.S.; FADINI, A.A.B. Lixo: desafios e compromissos. **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola**. n.1, maio 2001.
- FPL - FOREST PRODUCTS LABORATORY. **Wood Handbook - Wood as an Engineering Material**. Madison, WI: US Department of Agriculture, Forest Service, FPL-GTR-113, 1999. 463p.
- GONÇALVES, C.M.A.A. **Relatório de Estágio / Licenciatura em Engenharia do Papel**. Covilhã, Portugal, Departamento de Ciência e Tecnologia do Papel / Universidade da Beira Interior, Imprensa Universitária, 1995. 137p.
- INCE, P.J., LI, X., ZHOU, M., BUONGIORNO, J. United states paper, paperboards, and market pulp capacity trends by process and location, 1970-2000. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, FPL-RP-602, p. 8, 2000.
- IPT/CEMPRE. **Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado**. 1 ed.: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, São Paulo, Publicação IPT 2163, 1995.
- KOGA, M.E.T. Matérias-Primas Fibrosas. In: D'ALMEIDA, M.L.O. **Tecnologia de Fabricação da Pasta Celulósica**. 2ª ed., V. I, São Paulo, S.P., SENAI/IPT, p.15-44, 1988.
- MARTINS, C. **Projecto "Reciclagem de Papel"**. Covilhã, Portugal, Universidade da Beira Interior / Departamento de Ciência e Tecnologia do Papel, 1999. 75p.
- RECICLOTECA - Associação Ecológica Ecomarapendi. Rio de Janeiro, RJ, **Informativo 4**, janeiro a março de 1998. 8p.
- SANTOS, A.S. **Le Role des Tensioactifs dans la Flottation des Encres Offset Lors du Desencrage des Fibres Cellulosiques**. Grenoble, France, L'Institut National Polytechnique de Grenoble / Centre Technique du Papier, 1997, 193p.
- SCOTT, W.E. **Principles of Wet end Chemistry**. 1st Printing, Library of Congress Cataloging-in-Publication Data, Atlanta, Georgia, TAPPI PRESS, 1996. 185p. (TAPPI PRESS ORDER NO: 0101 R241-ISBN: 0-89852-286-2)
- SCOTT, W.E.; ABBOTT, J.C.; TROSSET, S. **Properties of Paper : an Introduction**. 2nd Edition, Library of Congress Cataloging-in-Publication Data, Atlanta, Georgia, TAPPI PRESS, 1995. 191p. (TAPPI PRESS ORDER NO: 0102 B052-ISBN: 0-89852-062-2)

SIMÕES, R.M.S. **Obtenção de pasta kraft em laboratório.** Covilhã, Portugal, Departamento de Ciência e Tecnologia do Papel / Universidade da Beira Interior, Imprensa Universitária, 1989. 20p.

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)

SPIRIDON, I.; POPA, V.I. Use of Enzymes in Deinking of Office Waste Paper. In: 6th EUROPEAN WORKSHOP ON LIGNOCELLULOSICS AND PULP – ADVANCES IN LIGNOCELLULOSICS CHEMISTRY TOWARDS HIGH QUALITY PROCESSES AND PRODUCTS - **Proceedings.** Bordeaux, France, September 3 – September 6, 2000, p.603-606.

TABACOF, B. **Avaliação do Setor de Celulose e Papel.** São Paulo, SP, Informativo da BRACELPA – Associação Brasileira de Celulose e Papel. Disponível em: <http://www.bracelpa.com.br/>, acesso em: 14/03/2001.

TAPPI - TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY. **Official Test Methods, Provisional Test Methods, and Useful Test Methods - Fibrous Materials and Pulp Testing.** Atlanta, USA, 1979. np

ANEXOS

APÊNDICE A

Tabela 1A - Pesos absolutamente secos (g), rendimentos em pasta (%) e perdas de massa (%) das pastas de papel jornal impresso*, Seropédica, RJ, 2007

Tratamento	Peso a.s. (g)	Rendimento Em Pasta (%)	Perda de Massa (%)
Testemunha**	164,10	82,05	17,95
	158,03	79,02	20,98
	149,30	74,65	25,35
	156,88	78,44	21,56
Média	157,08	78,54	21,46
Lauril Éter Sulfato de Sódio a 5%	133,30	66,65	33,35
	126,79	63,40	36,60
	117,42	58,71	41,29
	122,58	61,29	38,71
Média	125,02	62,51	37,49
Dietanolamina em 80% de ácido graxo	125,72	62,86	37,14
	136,25	68,12	31,88
	136,75	68,37	31,63
	134,70	67,35	32,65
Média	133,36	66,68	33,32
Alquil Benzeno Sulfonato de Sódio	132,81	66,40	33,60
	128,45	64,22	35,78
	127,94	63,97	36,03
	124,61	62,30	37,70
Média	128,45	64,22	35,78
Estearato de Sódio	134,41	67,20	32,80
	140,18	70,09	29,91
	142,15	71,07	28,93
	142,24	71,12	28,88
Média	139,75	69,87	30,13

*Peso inicial = 200 gramas a.s.; **Pasta de papel jornal desagregada em água.

APÊNDICE B

Tabela da análise de variância para a variável rendimento

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRAT	4	640.255230	160.063807	23.961	0.0000
erro	15	100.204650	6.680310		

Total corrigido	19	740.459880			
-----------------	----	------------	--	--	--

CV (%) =	3.78				
Média geral:	68.3640000	Número de observações:	20		

Teste Tukey

DMS: 5,64526119253607 NMS: 0,05

Média harmônica do número de repetições (r): 4
Erro padrão: 1,29231478363439

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
lau	62.512500	c
alq	64.222500	c
die	66.675000	c b
est	69.870000	b
test	78.540000	a

APÊNDICE C

Tabela da análise de variância para a variável perda de massa

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRAT	4	640.255230	160.063808	23.961	0.0000
erro	15	100.204650	6.680310		
Total corrigido	19	740.459880			
CV (%) =	8.17				
Média geral:	31.6360000	Número de observações:	20		

Teste Tukey

DMS: 5,64526119253607 NMS: 0,05

Média harmônica do número de repetições (r): 4
Erro padrão: 1,29231478363439

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
test	21.460000	c
est	30.130000	b
die	33.325000	b a
alq	35.777500	a
lau	37.487500	a