

**UNIVERSIDADE SAGRADO CORAÇÃO**

**GUILHERME DE OLIVEIRA PAZZETO**

**PAPEL: HISTÓRIA, ETAPAS DE PRODUÇÃO E  
PROPRIEDADES**

BAURU

2010

**GUILHERME DE OLIVEIRA PAZZETO**

**PAPEL: HISTÓRIA, ETAPAS DE PRODUÇÃO E  
PROPRIEDADES**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Centro de Ciências Exatas e  
Sociais Aplicadas como parte dos requisitos  
para a obtenção do título de Bacharel em  
Química, sob a orientação do Prof. Ms.  
Carlos Henrique Conte.

BAURU

2010

P3486p	<p>Pazzeto, Guilherme de Oliveira</p> <p>Papel: história, etapas de produção e propriedades / Guilherme de Oliveira Pazzeto -- 2010. 39f.</p> <p>Orientador: Prof. Ms. Carlos Henrique Conte. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Química) - Universidade Sagrado Coração - Bauru - SP.</p> <p>1. Papel. 2. Celulose. 3. Processo. I. Conte, Carlos Henrique. III. Título.</p>
--------	--

## **GUILHERME DE OLIVEIRA PAZZETO**

### **PAPEL: HISTÓRIA, ETAPAS DE PRODUÇÃO E PROPRIEDADES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Ciências Exatas e Sociais Aplicadas como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em Química, sob a orientação do Prof. Ms. Carlos Henrique Conte.

Banca examinadora:

---

Prof. MS. Setsuko Sato (Titular)

---

Prof. Ms. Dorival Roberto Rodrigues (Titular)

Bauru, dezembro de 2010.

*Dedico este trabalho:*

*Principalmente aos meus pais, que são lutadores e que nunca deixaram de acreditar em mim, às outras pessoas que amo e que dedico grande parte de minha vida e a DEUS que me abençoou por toda esta jornada.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus, por me ajudar a passar por mais uma etapa de minha vida, por todas as oportunidades e chances que me foram concedidas e por ter conhecido pessoas maravilhosas que ao longo desses anos, cruzaram meu caminho e de uma forma ou de outra fazem parte da minha história.

Aos meus pais, por nunca terem me deixado desistir e por todo amor e carinho que eles sempre dedicaram a mim.

Ao meu orientador, Prof. Ms. Carlos Henrique Conte, pela paciência e presença durante esse trabalho.

A minha namorada Paola, que sempre esteve ao meu lado em todos os momentos desde que a conheci na faculdade até agora, pela força, pelo seu carinho, pelo seu amor e principalmente por sua atenção.

A Lutepel e todos os seus funcionários que me acolheram da melhor forma possível com muita atenção e paciência, possibilitando a conclusão dos objetivos da pesquisa de campo.

A todas as pessoas que contribuíram de forma positiva para o meu crescimento, aos meus colegas de trabalho, que estão diariamente comigo e a todos que acreditam em mim.

“No Egípto, as bibliotecas eram chamadas "Tesouro dos remédios da alma". De fato é nelas que se cura a ignorância, a mais perigosa das enfermidades e a origem de todas as outras”.

(Jacques Bossuet)

## RESUMO

O papel é um dos materiais mais importantes e versáteis que se conhece e é difícil imaginar o nosso dia-a-dia sem ele. Suas propriedades químicas e físico-mecânicas permitem inúmeras aplicações. Assim, papéis que serão usados para escrita e impressão, como os usados em cadernos e livros, devem ser bem lisos e opacos; aqueles usados na produção de jornais não precisam ter grande durabilidade com relação à brancura, mas devem resistir à tração a que são submetidos nas máquinas de impressão. Já os papéis sanitários, como guardanapos, papéis toalha, higiênico e os usados em fraldas descartáveis e absorventes, devem ser macios. Por outro lado, os papéis usados em embalagens devem apresentar boa resistência, pois não podem romper com facilidade. Os fatores que determinam essas propriedades dos papéis estão relacionados, principalmente, à matéria-prima, aos reagentes químicos e aos processos mecânicos empregados em sua produção. Alguns desses aspectos são discutidos no presente trabalho e além de um pouco da história do papel.

**Palavras-chave:** Celulose. Papel. Processo.

## **ABSTRACT**

Paper is one of the most important and versatile material that is known and it is difficult to imagine our everyday life without it. Its chemical and physical properties enable numerous applications. Thus, papers that will be used for writing and printing, as those used in notebooks and books should be pretty smooth and opaque; while those used in the production of newspapers do not need to have durability with relation to whiteness, but they must withstand the traction that they are submitted in the printing machine. Yet sanitary papers, as napkins, paper towels, toilet papers and those used in disposable diapers and sanitary pads should be soft. On the other hand, the papers used in packaging should provide good strength, because they cannot break easily. The factors that determine these paper properties are related, mainly, to raw material, to chemicals reagents and to the mechanical processes employed in its production. Some of these aspects and also a little of the history of the paper are discussed in this study.

**Key words:** Paper. Cellulose. Process.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- A invenção dos chineses .....	12
Figura 2: Pergaminho .....	14
Figura 3: Hidrapulper.....	19
Figura 4: Máquina de papel.....	22
Figura 5: Tela de Nylon .....	23
Figura 6: Elementos desaguadores.....	24
Figura 7: Caixa de vácuo.....	24
Figura 8: Prensa e rolo de sucção.....	25
Figura 9: Cilindro Monolúcio.....	27
Figura 10: Cilindros acabadores.....	27
Figura 11: Enroladeira.....	28
Figura 12: Rebobinadeira.....	28
Figura 13: Rebobinadeira.....	29
Figura 14: Calandra.....	30
Quadro 1: Produtos usados na fabricação dos papéis pela Lutepel.....	31

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
1.1 OBJETIVO GERAL.....	10
<b>1.2.1 Objetivos específicos.....</b>	<b>11</b>
<b>2 A HISTÓRIA DO PAPEL NO MUNDO.....</b>	<b>12</b>
2.1 A FABRICAÇÃO DO PAPEL – MÉTODO ANTIGO.....	13
2.2 EVOLUÇÕES MARCANTES.....	14
2.3 MÉTODO ATUAL DE FABRICAÇÃO .....	15
2.4 CELULOSE .....	17
<b>3 ETAPAS DA FABRICAÇÃO DE PAPEL NA LUTEPEL .....</b>	<b>18</b>
3.1 PREPARAÇÃO DA MATÉRIA-PRIMA DO PAPEL .....	18
3.2 FASE DE ARMAZENAGEM, PREPARO DA MASSA E PROCESSO FINAL DO PAPEL.....	19
<b>4 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DO PAPEL.....</b>	<b>33</b>
4.1 GRAMATURA .....	33
4.2 RESISTÊNCIA A TRAÇÃO .....	33
4.3 RESISTÊNCIA AO ESTOURO.....	33
4.4 RESISTÊNCIA AO RASGO .....	34
4.5 POROSIDADE .....	34
4.6 ESPESSURA .....	35
4.7 COLAGEM .....	35
4.8 RESISTÊNCIA AO ARRANCAMENTO .....	36
4.9 CINZA.....	36
4.10 UMIDADE .....	37
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>38</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>39</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O papel é um dos produtos mais consumidos no mundo e, há séculos, faz parte do cotidiano da humanidade. Como meio básico de educação, comunicação e informação para a maioria das pessoas, compõe livros, jornais, revistas, documentos e cartas e, assim, contribui para a transmissão do conhecimento. Serve, também, a um amplo espectro de usos comerciais e residenciais, a exemplo das caixas para transporte de mercadorias, das embalagens que protegem alimentos e centenas de outros produtos, das folhas para impressão por computadores a uma variedade de produtos para higiene e limpeza (RIBEMBOIM, 1997).

Ainda de acordo com Ribemboim (1997), no rastro dos avanços tecnológicos, as aplicações se diversificam para tornar mais fácil, ágil e produtiva a vida dos consumidores e das empresas, governos e instituições. Para suprir essa necessidade, é primordial a produção e consumo do papel dentro de padrões sustentáveis, um desafio para o qual a indústria está atenta, inova, investe e vem obtendo resultados positivos.

O papel produzido em nosso país é originário das florestas plantadas, ou seja, é um recurso renovável. Além disso, o papel é reciclável, uma vez que a maioria retorna ao ciclo produtivo após o seu consumo. Além dessas vantagens, a indústria vem avançando cada vez mais rápido com melhorias contínuas para uma produção mais limpa e de menor impacto ambiental. O Brasil é um importante produtor mundial de papel e, além de abastecer o mercado interno, exporta produtos principalmente para países da América Latina, União Européia e América do Norte (LUTEPEL, 2005).

### 1.1 OBJETIVO GERAL

Em vista do exposto, este trabalho tem como objetivo geral descrever um pouco da história do papel, suas etapas de produção atuais, suas propriedades químicas e físico-mecânicas e suas respectivas análises no laboratório de controle de qualidade que permitem suas inúmeras aplicações e o torna um dos materiais mais importantes e versáteis em nosso dia-a-dia.

### **1.2.1 Objetivos específicos**

Os objetivos específicos são:

- Descrever detalhadamente o processo atual de fabricação industrial do papel detalhando-o passo a passo desde seu início até sua formação em si.
- Demonstrar as características físicas e químicas do papel.
- Descrever os testes físicos e químicos realizados no produto acabado, bem como suas definições, determinações e finalidades.

## 2 A HISTÓRIA DO PAPEL NO MUNDO

Oficialmente o papel foi fabricado pela primeira vez na China, no ano de 105, por Ts´Ai Lun que fragmentou em uma tina com água, cascas de amoreira, pedaços de bambu, rami, redes de pescar, roupas usadas e cal para ajudar no desfibramento (Figura 1). Na pasta formada, submergiu uma forma de madeira revestida por um fino tecido de seda - a forma manual - como seria conhecida. Esta forma coberta de pasta era retirada da tina e com a água escorrendo, deixava sobre a tela uma fina folha que era removida e estendida sobre uma mesa (NASCIMENTO et al., 1993).



Figura 1- A invenção dos chineses

Fonte: LUTEPEL, 2005. Disponível em:

<[http://www.lutepel.com.br/curiosidades\\_hist.html](http://www.lutepel.com.br/curiosidades_hist.html)>. Acesso em: 04 out 2010.

Esta operação era repetida e as novas folhas eram colocadas sobre as anteriores, separadas por algum material; as folhas então eram prensadas para perder mais água e posteriormente colocadas uma a uma, em muros aquecidos para a secagem (MARTINS, 1998).

Ainda de acordo com Martins (1998), a idéia de Ts´Ai Lun, "A desintegração de fibras vegetais por fracionamento, a formação da folha retirando a pasta da tina por meio de forma manual, procedendo-se ao deságüe e posterior aquecimento para secagem", continua válida até hoje.

No século VIII (ano 751), os chineses foram derrotados pelos árabes. Dentre os prisioneiros que caíram nas mãos dos árabes, estavam fabricantes de papel, que levados a Samarkanda, a mais velha cidade da Ásia, transmitiram seus conhecimentos aos árabes. A técnica de fabricar papel evoluiu em curto espaço de tempo com o uso de amido derivado da farinha de trigo, para a colagem das fibras no papel e o uso de sobras de linho, cânhamo e outras fibras encontradas com facilidade, para a preparação da pasta. Por volta do século VII a XII, a entrada na Europa foi feita pelas "caravanas" que transportavam a seda (BRACELPA, c2010).

Houve melhoramentos surgidos no século X, como: uso de moinhos de martelos movidos a força hidráulica, emprego de cola animal para colagem e emprego de filigrana (CHERUBIN, 1980).

Ainda de acordo com Cherubin (1980), a França estabelece seu primeiro moinho de papel em 1338, na localidade de La Pielle. Assim, logo após da França, a Espanha e Itália também iniciaram a fabricação de papel, e daí por diante, foi se espalhando por toda a Europa.

No início do século XVII, os holandeses conseguiram na Europa o progresso mais importante na evolução da fabricação de papel. Diante da escassez de força hidráulica na Holanda, os moinhos de papel começaram a ser acionados pela força originária dos ventos. Desde 1670, no lugar dos Moinhos de Martelos, iniciou-se a utilização das Máquinas Refinadoras de Cilindros (Holandesa) (LUTEPEL, 2005).

## 2.1 A FABRICAÇÃO DO PAPEL – MÉTODO ANTIGO

A pasta de trapo foi o primeiro material usado para a fabricação do papel. Os trapos eram classificados, depurados e depois cortados em pedaços, à mão; mais tarde vieram as máquinas cortadoras simples. Os trapos, exceto os de linho, eram submetidos a um processo de maceração ou de fermentação (MARTINS, 1998).

Ainda de acordo com Martins (1998), o processo durava, de cinco a trinta dias utilizando-se recipientes de pedra, abrandando os trapos em água. Para a obtenção de um bom papel era imprescindível a fermentação dos trapos.



Figura 2: Pergaminho

Fonte: LUTEPEL, 2005. Disponível em:

<[http://www.lutepel.com.br/curiosidades\\_hist.html](http://www.lutepel.com.br/curiosidades_hist.html)>. Acesso em: 04 out 2010.

Os trapos fermentados eram tratados para serem desfibrados. Em virtude desse processo ser duro e penoso, a Holandesa começou a ser usada no início do século XVII para decompor a fibra dos trapos. Esta "máquina refinadora" fazia em quatro ou cinco horas a mesma quantidade de pasta que um antigo moinho de martelo fazia em vinte e quatro horas (D'ALMEIDA, 1981).

Ainda de acordo com D'Almeida (1981), no ano de 1774, o químico alemão Scheele descobriu o efeito branqueador do cloro, conseguindo com isso, não só aumentar a brancura dos papéis como também empregar como matéria-prima trapos mais grossos e coloridos.

## 2.2 EVOLUÇÕES MARCANTES

Em 1798 teve êxito a invenção da máquina de folha contínua e a partir daí foi possível fabricar papel de forma contínua. Inventada pelo francês Nicolas Louis Robert, que por dificuldades financeiras e técnicas não conseguiu desenvolvê-la, cedeu sua patente aos irmãos Fourdrinier, que a obtiveram juntamente com a Maquinaria Hall, de Dartford (Inglaterra) e posteriormente com o Engenheiro Bryan Donkin. Assim, a Máquina de Papel Fourdrinier (Máquinas de Tela Plana) foi a primeira máquina de folha contínua que se tem notícia. Depois da Máquina

Fourdrinier foram lançadas no mercado outros tipos de máquinas: a máquina cilíndrica e a máquina de partida automática (STÉM, 2000).

Em 1806, Moritz Illig substituiu a cola animal pela resina e alúmen. Quando a fabricação de papel ganhou corpo, o uso de matéria-prima começou a ser um sério problema: os trapos velhos passaram a ser a solução, mas com a pequena quantidade de roupa usada e com o crescente aumento do consumo de papel, os soberanos dos países produtores proibiram as exportações (CHERUBIN, 1980).

Ainda de acordo com Cherubin (1980), os papeleiros tiveram que dedicar suas atenções aos estudos do naturalista Jakob C. Schaeffer, que pretendia fazer papel usando os mais variados materiais, tais como: musgo, urtigas, pinho, tábuas de ripa, etc. Infelizmente, os papeleiros da época rejeitaram os ensaios, ao invés de propagá-los. Em 1884, Friedrich G. Keller fabrica pasta de fibras utilizando madeira pelo processo de desfibramento, mas ainda junta trapos à mistura. Mais tarde percebeu que a pasta assim obtida era formada por fibras de celulose impregnadas por outras substâncias da madeira (lignina).

Na busca por separar as fibras da celulose da lignina, foram sendo descobertos vários processos: processo de pasta mecânica, processo com soda, processo sulfito e processo sulfato (Kraft) (AQUARONE, 2001).

A introdução das novas semi-pastas deram um importante passo na inclusão de novos processos tecnológicos na fabricação de papel. Máquinas correndo a velocidade de 1.200 rpm, o uso da fibra curta (eucalipto) para obtenção de celulose, a nova máquina Vertform que substituiu com vantagens a tela plana, são alguns fatos importantes (BNDES, 1975).

### 2.3 MÉTODO ATUAL DE FABRICAÇÃO

A fabricação do papel feita inicialmente por Ts"ai Lun, consiste essencialmente de três etapas essenciais, iniciando-se da matéria-prima que pode vir ser a celulose, pasta mecânica ou reutilização de papéis usados. As três etapas são as seguintes: preparação da massa, formação da folha e secagem (LUTEPEL, 2005).

Dependendo do uso que terá o papel, há uma série de tratamentos especiais antes, durante ou depois de sua fabricação. Assim, se o papel se destina à escrita

ele deve ser um pouco absorvente para que se possa escrever nele com tinta ou um pouco áspero para o uso de lápis, mas ele não pode ser tão absorvente como um mata-borrão. Para isso, recebe um banho superficial de amido durante a secagem, além de se adicionar breu durante a preparação de massa (STÉM, 2000).

A primeira etapa da fabricação de papel consta de: desfibramento para soltar as fibras numa solução de água, depuração destinada a manter a pasta livre de impurezas e refino que dará as qualidades exigidas ao papel através da moagem das fibras (ARACRUZ, 1998).

Na preparação da massa outras operações são levadas a efeito: a) tingimento: são colocados os corantes para se obter a cor desejada; b) a colagem: adição do breu ou de colas preparadas; c) a correção do pH (acidez ou alcalinidade): normalmente a celulose está em suspensão em água alcalina, devendo a alcalinidade ser parcial ou totalmente neutralizada com sulfato de alumínio, que também vai ajudar na colagem e tingimento; d) aditivos: são colocados outros ingredientes para melhorar a qualidade do papel (D'ALMEIDA, 1981).

A segunda etapa da fabricação do papel é a formação da folha, feita através da suspensão das fibras de celulose em água, e que é colocada sobre uma tela. A água escoar através da tela e as fibras são retiradas, formando uma espécie de tecido com os fios muito pequenos e trançados entre si (ARACRUZ, 1998).

A formação da folha poderá ser feita através de várias formas. Na manual, a tela é simplesmente uma peneira; nas mesas planas, a tela apóia-se sobre roletes e é estendida para formar uma área plana horizontal, esta tela corre com velocidade constante e recebe na parte inicial do setor plano a suspensão das fibras, a água escoar através da tela deixando as fibras; na cilíndrica, a tela recobre um cilindro, que gira à velocidade constante em uma suspensão de fibras, a água atravessa a tela dentro do tambor e é daí retirada; as fibras aderem à tela, formando uma folha que é retirada do tambor por um feltro (CHERUBIN, 1980).

A terceira e última etapa é a secagem que é conseguida inicialmente prensando-se a folha para retirar toda a água possível e depois passando a folha por cilindros de ferro aquecidos, que provocam a evaporação da água. Feitas estas operações, o papel está pronto para uso, podendo ser cortado no formato desejado por quem for usá-lo (ARACRUZ, 1998).

## 2.4 CELULOSE

No Brasil, as duas principais fontes de madeira utilizadas para a produção de celulose são as florestas plantadas de pinus e de eucalipto, responsáveis por mais de 95% do volume produzido. A celulose também pode ser obtida de outros tipos de plantas não-madeiras, como bambu, babaçu, sisal e resíduos agrícolas (bagaço de cana-de-açúcar) (BRACELPA, c2010).

Após o cultivo, crescimento e colheita das florestas plantadas, a madeira é descascada e picada em pequenos pedaços chamados cavacos. Em seguida, os cavacos são selecionados para remoção de lascas e serragens e depois submetidos a processos mecânicos e químicos para a produção da celulose (ARACRUZ, 1998).

De acordo com o autor acima citado, na primeira etapa desse processo os cavacos são submetidos a um cozimento em um equipamento chamado digestor com a utilização de água, produtos químicos, pressão e temperaturas da ordem de 150°C. O objetivo é separar as fibras de celulose da lignina – substância que une essas fibras, aumentando a rigidez da parede celular vegetal e que constitui, juntamente com a celulose, a maior parte da madeira das árvores e arbustos.

Depois da separação, as fibras celulósicas formam uma pasta marrom que, na próxima etapa do processo, passa por uma série de processos e reações químicas, responsáveis por depurar, lavar e branquear essa polpa até a alvura desejada. Após essas etapas, a celulose seguirá, basicamente, dois caminhos distintos: 1) Será bombeada para uma máquina de papel – no caso de fábricas integradas (que têm base florestal e produzem celulose e papel) e 2) Passará por um processo de secagem e será estocada em fardos, para posterior comercialização para fábricas de papel, como celulose de mercado (D'ALMEIDA, 1981).

A lignina, após a separação das fibras não é descartada. Ela passa por outro processo que gera energia e, ao mesmo tempo, recupera os reagentes químicos usados no cozimento. Nos últimos anos, o consumo sustentável de energia e de água no processo de produção da celulose tem alcançado conquistas significativas. Além disso, as empresas de celulose e papel investem em sistemas para produção limpa e tratamento de efluentes gerados nesse processo (BRACELPA, c2010).

### 3 ETAPAS DA FABRICAÇÃO DE PAPEL NA LUTEPEL

#### 3.1 PREPARAÇÃO DA MATÉRIA-PRIMA DO PAPEL

A celulose e os papéis reciclados chegam em caminhões na Lutepel onde são descarregados por empilhadeiras e ficam armazenados em um grande barracão esperando para serem processados. Do barracão as matérias-primas são transportadas por empilhadeiras que as descarregam dentro do hidrapulper onde realmente começa o processo do papel em si.

O hidrapulper é um equipamento com grandes dimensões em forma cônica, com hélices cortantes e com uma grande abertura por onde é descarregada a matéria-prima (Figura 3). Sua finalidade é misturar as matérias-primas até que elas se transformem em uma massa homogênea.

As matérias-primas e os insumos que são adicionados no hidrapulper são:

a) Celulose: é a principal matéria-prima do papel, divididas em quatro tipos:

- CFCB: celulose de fibra curta branqueada;
- CFLB: celulose de fibra longa branqueada;
- CFCNB: celulose de fibra curta não branqueada;
- CFLNB: celulose de fibra longa não branqueada.

B) Papel reciclado ou refugado do processo.

C) Água: indispensável na produção, sua função é desagregar a celulose e aditivos utilizados na preparação da massa.

D) Soda Cáustica: controla o pH e ajuda na hidratação da fibra.

E) Alvejante: tem por finalidade deixar o papel mais branco.

F) Corante: é ele que irá dar a tonalidade da cor no papel.

G) Caulim: controla as cinzas e agrega peso no papel.

No hidrapulper pode-se trabalhar com celulose, papel reciclado ou papel refugado do processo como matéria-prima.

Quando se trabalha com celulose, são adicionados todos os insumos acima citados no hidrapulper; com isso, a massa formada é homogeneizada por cerca de 8 a 10 minutos, depois ela é enviada para o tanque 1, cuja funcionalidade será vista posteriormente.

Ainda no hidrapulper são realizados testes físico-químicos de consistência e pH. Trabalhando com celulose não é necessário fazer CIP (sigla em inglês que significa: limpeza no próprio local) a cada batelada do processo.

Quando se trabalha com papel reciclado ou refugado, dependendo do tempo de estocagem, são utilizados ou não todos os insumos citados. Quando o tempo de estocagem do papel for pequeno deve-se adicionar junto com ele no hidrapulper, apenas hidróxido de sódio e água. Já quando o tempo de estocagem do papel for longo devem-se adicionar todos os insumos. Com esse tipo de batelada a massa formada será homogeneizada por cerca de 35 a 50 minutos porque o papel já formado tem maior dificuldade de ser desagregado. Nesse tipo de batelada com papel reciclado ou refugado é necessário fazer CIP a cada batelada.



Figura 3: Hidrapulper

Fonte: CPI, 2010. Disponível em:

<<http://www.paper.org.uk/information/process/hydrapulper.html>>. Acesso em: 04 out 2010.

### 3.2 FASE DE ARMAZENAGEM, PREPARO DA MASSA E PROCESSO FINAL DO PAPEL

As fases são as seguintes:

**1) Tanque 1:** É um tanque construído de tijolos e revestido de azulejos em todo seu interior. Sua função é receber a massa após ser homogeneizada no hidrapulper onde fica armazenada até ser enviada ao refinador. No tanque 1 a massa fica sendo misturada constantemente por agitadores para que a mesma não endureça. Esses agitadores são enormes hélices acopladas a eixos movidas por motores elétricos. Não é realizada nenhuma análise neste tanque.

**2) Tanques 2 e 3:** Esses dois tanques têm construção idêntica ao tanque 1, porém tem como função a de armazenar a massa refinada proveniente do refinador. Os mesmos são interligados por tubulações onde a massa fica recirculando de um tanque para outro por meio de agitadores formando um circuito fechado, isso ocorre para a massa não endurecer. Somente no tanque 3 são retiradas amostras para realização das análises de consistência e pH. Depois de passar por este tanque a massa segue para os tanques 4 e 5.

**3) Tanques 4 e 5:** Também de construção idêntica ao dos anteriores, tem como objetivo estocar a massa refinada como nos tanques 2 e 3, com apenas a diferença de que nesses tanques é adicionada à massa uma mistura preparada entre amido de mandioca e água. A função do amido na massa é conferir-lhe resistência e brilho. O amido é preparado em um tanque onde a mistura é cozida através de vapor proveniente da caldeira. Não são realizadas análises nessa etapa do processo. Depois dessa etapa a massa segue para o tanque 6.

**4) Tanque 6:** Também de construção idêntica ao demais, é o último tanque pelo qual a massa passa antes de ir para a máquina. Neste tanque, dependendo do papel se deseja fabricar, a massa irá ou não receber um produto químico chamado de Kymene, que serve para dar resistência úmida ao papel. Nessa etapa são realizadas análises de consistência e pH. Após a adição ou não do kymene, a massa segue para a caixa nível.

**5) Caixa Nível:** É uma caixa metálica composta por três compartimentos. No primeiro compartimento entra a massa vinda do tanque 6; no segundo a massa que será utilizada na máquina é enviada ao cleaner (equipamento que retira impurezas leves da massa) e a sobra segue para o terceiro compartimento de onde a massa retorna ao tanque 6. Na caixa nível são adicionados dois tipos de cola chamadas de AKD e Breu. A AKD é específica para colagem do papel e a Breu ajuda na colagem do papel e também confere brilho. Ambas as colas são estocadas em containers e são enviadas ao processo através de bombas peristálticas que dosarão a quantidade exata que deve ser utilizada nessa etapa do processo. Na caixa nível não é necessária a realização da limpeza.

**6) Cleaner:** É um equipamento composto de onze tubos (bicos) parecidos com taças divididos em oito tubos no primeiro estágio, dois tubos no segundo estágio e um tubo que é o rejeito. Pelo rejeito as impurezas contidas na massa são eliminadas: areia, terra, casca de madeira etc. A água que é eliminada junto com o rejeito é reaproveitada na máquina, mas antes disso ela é tratada. A principal função do Cleaner é limpar a massa removendo as impurezas mais leves. Importante se lembrar da caixa que fica embaixo dos bicos, que deve sempre trabalhar cheia para que a gramatura do papel não seja afetada. Não é necessária a realização da limpeza do equipamento.

**7) Depurador:** É um tanque cilíndrico composto por peneiras e facas, onde entra a massa e a água. Seus objetivos são peneirar a massa para reter as impurezas grosseiras e diluir bem a mistura para que ela não siga agregada para a próxima etapa do processo e prejudique a formação do papel. Feito isso, a massa é bombeada até a caixa de entrada da máquina.

**8) Máquina:** É uma máquina enorme composta de um conjunto de equipamentos operando juntos com o objetivo de fabricar o papel com o menor tempo e a melhor qualidade possível, suas etapas estão a seguir (Figura 4).



Figura 4: Máquina de papel

Fonte: METAL SERVICE, c2008. Disponível em:  
<<http://www.metalservice.ind.br/?pg=produtos&secao=maquina-papel>>. Acesso em: 05 out 2010.

**a) Caixa de água da tela da mesa plana:** É uma caixa confeccionada de aço-inox que tem a função de armazenar a água que alimenta a máquina. Ela fica situada embaixo da máquina recebendo a água que cai da tela e faz com que ela retorne para o processo formando um circuito fechado. A água recebida por ela é bombeada para o depurador aonde irá se encontrar com a massa vinda do cleaner, e após serem homogeneizados são bombeados para a caixa de entrada. Na caixa de água da tela são adicionados dois insumos: sulfato de alumínio e antiespumante. O sulfato de alumínio, adicionado com a finalidade de não permitir o desenvolvimento de bolhas na água e o antiespumante para evitar o aparecimento de espumas na água, ambos evitam que a água perca a boa qualidade requerida para o processo.

**b) Coti Pitch:** É uma caixa confeccionada de inox que se encontra ao lado da caixa de água da tela, sua função é recolher a massa que sobra do refino, do pichoço (equipamento que corta as sobras de papel na tela de nylon) e a água que transborda da caixa por excesso. A massa e a água recolhidas são bombeadas para o engrossador que é um equipamento que separa a massa da água, a água separada retorna para o processo e a massa retorna ao tanque 5.

**c) Caixa de entrada:** É uma caixa com formato retangular instalada na entrada da máquina. Por essa caixa, entra a massa e a água vinda através da bomba 1 e 2 respectivamente, nela a massa e a água se homogeneizarão e serão enviadas a tela. É na caixa que se inicia o processo final da formação do papel. A espessura do papel é regulada na caixa de entrada, isso é realizado por um conjunto de peças chamadas lábio, o conjunto em si, denomina-se régua lábio. O ajuste da régua lábio é realizado manualmente pelo operador apertando ou afrouxando os lábios. Na caixa de entrada é realizada coleta de amostras de água para que sejam feitos testes de consistência e pH.

**d) Tela:** É uma tela confeccionada de nylon instalada na saída da caixa de entrada até a entrada do *pick up* (rolos que retiram o papel da tela de nylon por vácuo). No início da tela a massa contém bastante água retida que será gradativamente retirada antes do final de sua extensão através de oito caixas de régua desaguadoras, depois de passarem pelas régua o papel passa pelas quatro caixas vácuo onde o excesso de água restante é extraído (Figura 5).



Figura 5: Tela de Nylon

Fonte: AGUADO, 2007. Disponível em:

<[http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tela\\_maquina\\_de\\_papel.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tela_maquina_de_papel.jpg)>. Acesso em: 05 out 2010.

**e) Caixa de Régua Desaguadora:** É uma caixa retangular instalada embaixo e no início da tela, sua função é retirar a água da massa através da tela de nylon pelo uso do vácuo (Figura 6).



Figura 6: Elementos desaguadores

Fonte: METAL SERVICE, c2008. Disponível em:  
<<http://www.metalservice.ind.br/?pg=produtos&secao=maquina-papel>>. Acesso em: 06 out 2010.

**f) Caixa de Vácuo:** Idêntica a caixa de régua desaguadora, porém sua instalação é no fim da tela. Seu objetivo é de retirar o restante de água que ainda existe no papel, deixando-o apenas úmido antes de chegar ao pick up, são quatro caixas que formam um conjunto. Na segunda caixa de vácuo é instalado o pichaço (Figura 7).



Figura 7: Caixa de vácuo

Fonte: METAL SERVICE, c2008. Disponível em:  
<<http://www.metalservice.ind.br/?pg=produtos&secao=acessorios-vacu>>. Acesso em: 06 out 2010.

**g) Pichaço:** É instalado na mesma direção da 2ª caixa de vácuo. Sua função é de cortar a sobra do papel através de um pequeno jato de água para que ele saia com um tamanho padrão no final, essa sobra retorna ao hidrapulper para ser reaproveitado no preparo da massa.

**h) *Pick up*:** É um equipamento constituído por três rolos com pequenos furos, em sua volta passa uma tela de feltro que tem a função de guiar o papel no processo. Instalado no fim da tela de nylon, sua função é retirar o papel ainda úmido da tela através de vácuo. É controlado por um painel de operação ao lado da máquina. Após passar pelo *pick up* o papel segue para a próxima etapa do processo que é a primeira prensa e o rolo de sucção.

**i) Primeira Prensa e Rolo de Sucção:** São dois rolos sobrepostos confeccionados de uma borracha super resistente (Figura 8). O papel preso no feltro vai passar entre o rolo de sucção e a prensa que irão começar a retirar um pouco da umidade contida no papel através de vácuo, após essa etapa o papel segue guiado pelo feltro para as caixas vácuo.



Figura 8: Prensa e rolo de sucção

Fonte: METAL SERVICE, c2008. Disponível em:

<<http://www.metalservice.ind.br/?pg=produtos&secao=prensas>>. Acesso em: 07 out 2010.

**j) 1ª Caixa de Vácuo:** É uma caixa confeccionada de aço-inox, sua função é de retirar a umidade do papel através do vácuo.

**k) 2ª Caixa de Vácuo:** Confeccionada do mesmo material que a primeira caixa de vácuo, a 2ª caixa de vácuo, também conhecida como mata-bolhas, têm por objetivo retirar as bolhas de ar que se formam para que o papel não venha a se rasgar.

**l) 3ª Caixa de Vácuo:** Com sua confecção idêntica as demais, sua função é de secar o feltro para que ele chegue seco na 2ª prensa, porém antes da 3ª caixa de vácuo o papel será separado do feltro na 1ª prensa.

**m) 1ª Prensa:** É confeccionada de uma borracha super resistente. O papel com o feltro sai da 2ª caixa de vácuo onde após, somente o papel passará entre a 1ª prensa e o monolúcido (cilindro aquecido usado na secagem do papel). Na 1ª prensa o papel se separa do feltro e se prende ao monolúcido por causa de sua alta temperatura. Quando o papel chega à prensa ela irá exercer uma força sobre ele contra o monolúcido para que se retire a umidade devido à alta temperatura do monolúcido, cerca de 90°C.

**n) 2ª Prensa:** Confeccionada da mesma forma que a primeira, sua única função é a de prensar o papel contra o monolúcido para que se retire um pouco de umidade que ainda resta, essa umidade é absorvida pelo feltro que foi seco na 3ª caixa de vácuo.

**o) Monolúcido:** É um cilindro construído de ferro fundido com cerca de 4 metros de diâmetro (Figura 9). Sua função é de secar o papel através do vapor que deixará o equipamento com temperatura entre 85 – 90°C, depois desta etapa o papel segue para o acabador.



Figura 9: Cilindro Monolúcio

Fonte: METAL SERVICE, c2008. Disponível em:  
<<http://www.metalservice.ind.br/?pg=produtos&secao=secagem>>. Acesso em: 08 out 2010.

**p) Acabador:** É um cilindro com a mesma confecção que o monolúcido, porém de menor tamanho (Figura 10). Como o próprio nome diz, é no acabador que o papel irá ser acabado e retirado toda a mínima umidade que ainda resta, com o auxílio de vapor. Depois de passar pelo acabador o papel está pronto e irá para a enroladeira.



Figura 10: Cilindros acabadores

Fonte: METAL SERVICE, c2008. Disponível em:  
<<http://www.metalservice.ind.br/?pg=produtos&secao=secagem>>. Acesso em: 09 out 2010.

**q) Enroladeira:** É um cilindro confeccionado de ferro fundido, sua função é enrolar o papel que sai da máquina em um rolo que vai seguir para a rebobinadeira com o auxílio de uma ponte rolante.



Figura 11: Enroladeira  
Fonte: METAL SERVICE, c2008. Disponível em:  
<<http://www.metalservice.ind.br/?pg=produtos&secao=enroladeira>>. Acesso em: 11 out 2010.

**9) Rebobinadeira:** É uma máquina constituída por um conjunto de rolos e motores (Figura 12). Ela irá receber o rolo de papel já pronto com o objetivo de cortar o mesmo em bobinas menores com o tamanho especificado pelo cliente.



Figura 12: Rebobinadeira  
Fonte: METAL SERVICE, c2008. Disponível em:  
<<http://www.metalservice.ind.br/?pg=produtos&secao=rebobinadeira>>. Acesso em: 11 out 2010.



Figura 13: Rebobinadeira

Fonte: METAL SERVICE, c2008. Disponível em:  
<<http://www.metalservice.ind.br/?pg=produtos&secao=rebobinadeira>>. Acesso em: 11 out 2010.

**10) Molhadeira:** Depois da enroladeira o rolo de papel tem a opção de ser molhado ao invés de rebobinado, isso é feito na molhadeira com água quente e abrandada, essa opção é executada quando o rolo tiver que ser enviado à calandra.

**11) Calandra:** É uma enorme máquina com cerca de 9 metros composta de vários rolos (Figura 14). Sua função é de dar acabamento especial ao papel através da umidade, pressão e temperatura (aquecimento). O papel calandrado é mais fechado (impermeável) que o normal se tornando um pouco mais resistente. Um exemplo de seu uso é nas embalagens que envolvem algumas balas.



Figura 14: Calandra

Fonte: Schaeffler Brasil Ltda, 2010. Disponível em:

<[http://www.ina.com.ar/content.schaeffler.com.br/pt/branches/industry/pulp\\_and\\_paper/applications\\_1/paper\\_production/calender\\_guide\\_rolls/calender\\_guide\\_rolls.jsp](http://www.ina.com.ar/content.schaeffler.com.br/pt/branches/industry/pulp_and_paper/applications_1/paper_production/calender_guide_rolls/calender_guide_rolls.jsp)>. Acesso em: 14 out 2010.

**12) Flotador:** É um tanque de tijolos que recebe a água que cai da tela da mesa plana e tem o objetivo de recuperar as fibras que são arrastadas junto com a água. Isso ocorre com a dosagem de polímero e injeção de oxigênio no flotador. O polímero dosado irá fazer com que as fibras se aglomerem e o oxigênio injetado irá fazer as fibras permanecerem em suspensão. A fibra que está em suspensão é separada da água através de raspadores e é enviada de volta ao hidrapulper para ser reaproveitada e a água que sobra é tratada e reutilizada no processo. No flotador são realizadas análises para que se tenha o controle e a boa qualidade do processo, essas análises são: pH, medição de temperatura e determinação de resíduo sedimentável.

O quadro abaixo contém os principais produtos químicos utilizados no processo do papel, na limpeza de equipamentos e os insumos necessários para a fabricação do papel.

<b>Produto</b>	<b>Função</b>	<b>Observações</b>
<b>Aditivo para limpeza AL - 40</b>	Usado na lavagem de feltros e tela, em boil outs e como dispersante quando usado com aparas.	Produto agressivo à pele e olhos. Usar luvas para seu manuseio.
<b>Adesol P-403 Resisolv</b>	Agente de dispersão usado no controle do pitch, depósitos de lodo MPs.	Evitar contato com pele e olhos.
<b>Agente de Release</b>	Melhora o brilho do papel e facilita o desprendimento da folha no monolúcido.	Produto a base de óleo solúvel
<b>Amido</b>	Usado para retenção de cargas, melhorar o brilho, mullen, dennison e resistência à tração do papel.	Produto impróprio para o consumo humano necessitando de bastante cuidado no seu cozimento.
<b>Anilinas</b>	Produto dosado para se conseguir determinado coloração no papel.	Seu preparo e dosagem devem ser bastante precisos para não se alterar a cor do papel.
<b>Anti-espumante</b>	Produto usado para se neutralizar a espuma formada no processo de fabricação do papel.	Produto viscoso de difícil homogeneização no preparo.
<b>Alvejante</b>	Produto usado para se conseguir alvura nos papéis.	A dosagem deve ser precisa para que não se altere a coloração do papel.
<b>Cola de Breu</b>	Produto usado como agente de colagem interna da folha de papel.	A aplicação deve ser controlada, pois o excesso desse produto causa a formação de espuma e depósitos nas tubulações.
<b>Hipoclorito de Sódio</b>	Usado como bactericida o que impede a formação de colônias de bactérias no circuito de água industrial.	Produto altamente irritante. Usar óculos e luvas no seu manuseio.
<b>Polímeros</b>	Usado como agente de retenção e de floculação de fibras.	Produto bastante viscoso. Evitar derramar no chão, pois em contato com a água torna-se bastante escorregadio.
<b>Agente de Resistência a úmido Resipel 010-POLI</b>	Usado para dar maior resistência ao papel principalmente se este necessita dessa resistência após ser umedecido. Deve ser adicionado após o refino da massa.	A dosagem deve ser específica de acordo com o tipo de papel que é produzido.
<b>Soda Cáustica</b>	Aumenta a viscosidade da celulose ajudando no desfibramento. Facilita a refinação e regula o pH da massa.	É um produto altamente corrosivo sendo obrigatório o uso de óculos e luvas para seu manuseio.

<b>Produto</b>	<b>Função</b>	<b>Observações</b>
<b>Sulfato de Alumínio</b>	Responsável pela colagem interna do papel juntamente com a cola de breu, pois junta-se a esta formando um precipitado que irá fundir-se sobre as fibras quando a folha passar pelos secadores.	Produto ácido que requer uso de óculos e luvas para o seu manuseio.
<b>Caulim</b>	Carga mineral usada no papel para melhorar a opacidade da folha e uniformizar a sua superfície.	Deve ser controlado o uso para que não afete a resistência do papel.

Quadro 1 - Produtos usados na fabricação dos papéis pela Lutepel  
Fonte: LUTEPEL, 2010. Banco de dados Lutepel. Acesso em: 25 out 2010.

## 4 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DO PAPEL

Depois de produzido, o papel passa por alguns testes que são realizados em laboratório para que se possa fazer a verificação de sua qualidade comparando os resultados com padrões que são pré-estabelecidos muitas vezes de acordo com as necessidades do cliente. Os testes realizados estão descritos a seguir.

### 4.1 GRAMATURA

**Definição:** É o peso em gramas de um metro quadrado de papel ( $g/m^2$ ).

**Determinação:** Devido à dificuldade de se ter uma amostra de um metro quadrado de papel, muitas vezes realiza-se esse teste utilizando-se como amostra uma área menor do papel. Normalmente se utiliza uma amostra de 12,5 cm x 12,5 cm ou de 25 cm x 40 cm, pesa-se esta área e extrapola-se o peso obtido para um metro quadrado por uma simples regra de três. Podem-se utilizar também balanças específicas de gramatura onde se obtém diretamente o peso de um metro quadrado.

**Finalidade:** A gramatura afeta todas as propriedades físicas do papel, devendo, portanto, ser um item bastante controlado.

### 4.2 RESISTÊNCIA A TRAÇÃO

**Definição:** É a força necessária para se arrebentar o papel sendo esta aplicada longitudinal ou transversalmente.

**Determinação:** Os dinamômetros são aparelhos utilizados para se medir a resistência a tração. Eles aplicam sobre o papel uma força crescente, até que este se rompa, em condições determinadas de largura e comprimento.

**Finalidade:** Este é um teste bastante importante, pois é necessário que o papel apresente um mínimo de resistência ao rompimento da folha, quando este sofre alguma tensão.

### 4.3 RESISTÊNCIA AO ESTOURO

**Definição:** É a resistência que o papel apresenta ao ser submetido a uma pressão.

**Determinação:** O teste é feito no equipamento Mullen que aplica ao papel uma pressão hidráulica crescente mediante um diafragma elástico de área padronizada. Usualmente o resultado é expresso em lb/pol<sup>2</sup> (psi) ou kg/cm<sup>2</sup>.

**Finalidade:** No caso deste teste o objetivo maior é a determinação da força necessária para que haja o estouro do papel quando o mesmo é submetido à pressão de algum agente externo a ele.

#### 4.4 RESISTÊNCIA AO RASGO

**Definição:** É a força média em gramas-força para se rasgar um papel depois que o rasgo já foi iniciado.

**Determinação:** O teste é feito em um aparelho chamado de Elmendorf onde o papel é rasgado através de uma distância fixa por meio de um pêndulo.

**Finalidade:** O controle da resistência ao rasgo é bastante importante em papéis para embalagem, papel moeda e todos aqueles que sofrem condições severas de manuseio.

#### 4.5 POROSIDADE

**Definição:** É uma característica do papel relacionada com permeabilidade deste à passagem de uma certa quantidade de ar.

**Determinação:** A porosidade de um papel é medida através de um aparelho chamado porosímetro. Na indústria papelreira o termo mais usado é porosidade gurley. Essa medida da porosidade é feita deslizando-se um cilindro interno graduado em cm<sup>3</sup> em um cilindro externo contendo óleo mineral. Mede-se, então, o tempo necessário para que haja a passagem de 100 cm<sup>3</sup> de ar pela amostra de papel.

**Finalidade:** A porosidade é uma conseqüência, principalmente, do grau de refinação das fibras que compõe o papel, mas vários outros fatores também podem afetar os seus resultados tais como distribuição das fibras na folha, teor de carga mineral, etc. O controle da porosidade pode ser usado em função da utilização do papel, como os que são destinados ao uso como filtros, ou aqueles que precisam ter alta porosidade porque vão receber uma camada espessa de um verniz, por exemplo.

#### 4.6 ESPESSURA

**Definição:** É a distância entre as duas faces do papel.

**Determinação:** O teste é feito em um aparelho chamado micrômetro, cuja característica principal é ter dois discos planos e paralelos entre os quais se coloca a amostra do papel. O disco inferior é fixo e o superior é móvel na direção perpendicular ao outro. Normalmente o resultado é expresso em milímetros ou micra.

**Finalidade:** O controle da espessura é importante em quase todos os tipos de papel e, em particular, naqueles cujos beneficiamentos e/ou utilização exigem rigor nesse aspecto.

É o caso de alguns tipos em que é necessário inclusive o controle do perfil de espessura, pois se requer pouca variação transversal e longitudinal.

#### 4.7 COLAGEM

**Definição:** Colagem é a resistência a penetração de água. A colagem é importante em todos os processos produtivos onde a água se faz presente.

**Determinação:** *Teste de Cobb:* - Corta-se e pesa-se uma folha de papel. Coloca-se a folha em contato com um líquido (água, por exemplo) usando-se o aparelho Cobb por um tempo determinado. Elimina-se o excesso de líquido sobre a folha e pesa-se a folha outra vez. A diferença de peso é a quantidade do líquido que foi absorvido pelo papel. Os resultados são extrapolados para 1m<sup>2</sup> e dados em g/m<sup>2</sup>, o que significa a quantidade em gramas do líquido que foi absorvido por um metro quadrado do papel.

**Finalidade:** A colagem é muito importante para papéis que terão de entrar em contato com algum tipo de líquido. Para cada finalidade o papel deve ter uma faixa de colagem. No caso de papéis usados em impressão, eles não podem ser pouco colados pois os caracteres sairiam borrados. No caso de serem bastante colados, a secagem da tinta seria dificultada o que provocaria sujeira e borrões.

#### 4.8 RESISTÊNCIA AO ARRANCAMENTO

**Definição:** É a capacidade do papel de se opor ao rompimento e à remoção de fragmentos na sua superfície quando este entra em contato com algum material. As tintas têm certo grau de pegajosidade, logo, é de se esperar que elas exerçam uma força sobre a superfície do papel à medida que a película de tinta se separa da placa.

**Determinação:** No teste de Dennison são usados vários bastões de cera cujas forças adesivas são diferentes. Os bastões têm numeração crescente à medida que aumenta o poder de adesão. Esses bastões são derretidos e colocados sobre a superfície do papel. Na série de ceras, a de número mais alto que não maltratar a superfície do papel, corresponde ao resultado numérico do teste.

**Finalidade:** Muitos processos de impressão e conversão requerem que a superfície do papel apresente suficiente resistência superficial ao arrancamento principalmente aqueles de velocidade alta e de maior contato com o papel.

#### 4.9 CINZA

**Definição:** É o resíduo final da incineração do papel.

**Determinação:** De maneira genérica, a determinação do teor de cinza é feita do seguinte modo: pesa-se o papel, incinera-se até a calcinação, pesa-se o resíduo obtido e calcula-se o valor percentual desse resíduo sobre o peso do papel incinerado.

**Finalidade:** Teoricamente, a cinza é derivada de todos os materiais não incineráveis que compõe o papel. Na prática, considera-se como cinza somente o resíduo da carga mineral, porque realmente a carga representa a quase totalidade dos resíduos que formam a cinza.

De uma maneira geral, o teor de cinza obtido representa teoricamente o teor de carga do papel se considerar aqueles papéis que utilizam, por exemplo, caulim ou dióxido de titânio como carga, ou seja, materiais não incineráveis nas condições do teste.

#### 4.10 UMIDADE

**Definição:** Teor da umidade é o teor de água no papel em termos percentuais em massa.

**Determinação:** Genericamente, a determinação do teor de umidade é feita da seguinte maneira: pesa-se o papel, seca-se o mesmo em estufa, pesa-se o papel seco e calcula-se o percentual da diferença de massa sobre a massa do papel antes de secar.

**Finalidade:** A umidade do papel afeta várias características como gramatura, resistência, etc e é muito importante na qualidade de vários processos de beneficiamento como revestimento, calandragem, impressão, etc. A umidade do papel é função da umidade relativa da atmosfera. O papel cujo teor de umidade não está em equilíbrio com as condições de onde vai ser “trabalhado” está sujeito a perder sua qualidade de folha plana. A umidade do papel deve ser correta caso contrário resultará em encanoamento, instabilidade dimensional e distorção da imagem impressa. A umidade deve ser controlada, pois os problemas de encanoamento, pregas, encrespamento entre outro, estão intimamente relacionados com ela. Umidade muito alta causa problema de secagem de tinta. Caso se encontre em condições diferentes de umidade, o papel deve permanecer na sala de impressão até que seu teor de umidade esteja de acordo com o ambiente.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O papel foi uma grande invenção dos chineses, fabricado pela primeira vez há mais de 1.900 anos, o que proporcionou uma grande evolução mundial da escrita desde então. Tal consideração deve-se às propriedades físicas e químicas do mesmo. Logo, toda esta diversidade de propriedades e conseqüentemente de aplicações estão relacionadas à capacidade química e física do papel.

Pelos resultados desta pesquisa teórica e de campo, pode-se dizer que houve uma melhor compreensão das propriedades e fabricação deste material tão importante para o mundo inteiro. Sendo assim, todas as qualidades expostas, garantiram uma maior consciência para sua utilização eficaz e sustentável desse material tão revolucionário e útil.

Em suma, foi explicado no presente trabalho, de maneira teórica e prática o histórico, propriedades, aplicações, importância e a fabricação do papel, concretizando os objetivos.

## REFERÊNCIAS

AQUARONE, E. et al. **Biotecnologia Industrial**. 3. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2001.

ARACRUZ CELULOSE S.A. **Introdução a tecnologia de celulose e papel**. São Paulo: Aracruz Celulose S.A., 1998. 115p. Apostila.

BNDES-BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO. **Mercado brasileiro de celulose e papel**. Rio de Janeiro: Departamento de Informação e Orçamento, 1975.

BRACELPA - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL. Florestas, celulose, papel, reciclagem, sustentabilidade. **Bracelpa.org**, c2010. Disponível em: <<http://www.bracelpa.org.br/bra2/index.php>> Acesso em: 12 set. 2010.

CHERUBIN, M. **Introdução ao processo de extração de celulose e fabricação do papel**. São Paulo: ABTCP, 1980.

D'ALMEIDA, M. L. O. **Celulose e papel**: tecnologia de fabricação de pasta celulósica. São Paulo: Senai & IPT, 1981.

FUNCIONÁRIOS DOS DEPARTAMENTOS DE PRODUÇÃO, TÉCNICO, COMERCIAL E FINANCEIRO DA CIA INDUSTRIAL DE PAPEL PIRAHY. **O mundo do papel**. 3. ed. Rio de Janeiro: Companhia Industrial de Papel Pirahy, 1984.

LUTEPEL. História do papel. 2005. **Lutepel.com**, [c200-]. Disponível em: <[http://www.lutepel.com.br/curiosidades\\_hist.html](http://www.lutepel.com.br/curiosidades_hist.html)>. Acesso em: 14 out 2010.

MARTINS, W. **A palavra escrita**: história do livro, da imprensa e da biblioteca. São Paulo: Ática, 1998.

NASCIMENTO, E. A. et al. Isolamento e análise estrutural de ligninas. **Química Nova**, local de publicação, v.16, 1993. p. 435-448.

RIBEMBOIM, J. **Mudando os padrões de produção e consumo**. Brasília: Ibama/MMA, 1997.

STÉM, M. **Importance of papermaking chemistry**. Helsinque: Fapet Oy, 2000.