

**UNIVERSIDADE DO SAGRADO CORAÇÃO**

**KARINA RAMOS CARRILHO**

**BALANÇO HÍDRICO EM UMA INDÚSTRIA  
FABRICANTE DE PAPEL**

BAURU  
2009

**KARINA RAMOS CARRILHO**

**BALANÇO HÍDRICO EM UMA INDÚSTRIA  
FABRICANTE DE PAPEL**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro de Ciências Exatas e Sociais Aplicadas, como parte integrante dos requisitos para obtenção do título de bacharel em Química, sob orientação da Profa. Ms. Alessandra Bizan de Oliveira Stetner.

BAURU  
2009

C317b	<p data-bbox="491 1462 802 1496">Carrilho, Karina Ramos</p> <p data-bbox="501 1536 1318 1641">Balanço hídrico em uma indústria fabricante de papel / Karina Ramos Carrilho -- 2009. 33f.</p> <p data-bbox="501 1682 1318 1753">Orientadora: Profa. Ms. Alessandra Bizan de Oliveira Stetner.</p> <p data-bbox="501 1758 1318 1830">Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Química) - Universidade do Sagrado Coração - Bauru - SP.</p> <p data-bbox="501 1870 1318 1942">1. Água. 2. Indústria de papel. 3. Balanço hídrico. I. Stetner, Alessandra Bizan de Oliveira. II. Título.</p>
-------	---

**KARINA RAMOS CARRILHO**

**BALANÇO HÍDRICO EM UMA INDÚSTRIA FABRICANTE DE  
PAPEL**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao centro de ciências exatas e sociais aplicadas, como parte integrante dos requisitos para obtenção do título de bacharel em química, sob orientação da Profa. Ms. Alessandra Bizan de Oliveira Stetner.

Bancada examinadora:

---

Profa. Ms. Alessandra Bizan de Oliveira Stetner  
Universidade Sagrado Coração

---

Profa. Ms. Márcia Aparecida Zeferino Garcia  
Universidade Sagrado Coração

---

Ms. Giselda Passos Giafferis  
Universidade Sagrado Coração

Data \_\_/\_\_/\_\_\_\_

Dedico este trabalho à Deus, por todas as oportunidades, as aproveitadas ou desperdiçadas. Ao meu namorado Flávio e minha família, principalmente minha mãe Ana, pela compreensão e apoio na busca de mais um objetivo.

## **AGRADECIMENTO**

Ao Sr. Ednilson e Sr. George pela credibilidade e oportunidade e por possibilitar o desenvolvimento do estudo de caso apresentado.

A professora Alessandra pela orientação, amizade e pelos valiosos ensinamentos.

Aos amigos pelos momentos de descontração e alegria.

A todos que diretamente ou indiretamente me ajudaram a concluir esse trabalho e o curso.

Algo só é impossível até que alguém duvide e acabe por provar o contrário.

Albert Einstein

## RESUMO

Desde que o homem se organizou em sociedade ele busca no meio ambiente os recursos necessários para sua existência, sendo a água o principal deles. Ela é utilizada para a formação e manutenção da vida, e também para a existência de diversos ramos de atividades econômicas, na qual as indústrias são as mais dependentes para continuarem atuando. O aumento da produção, o crescimento demográfico e a poluição resultaram na escassez deste recurso, e por esse motivo, é necessário o seu reaproveitamento. Para tentar controlar essa situação, ao longo dos anos houve um aumento significativo nas tarifas de água e esgoto e uma maior fiscalização por parte do governo. Em meio a tudo isso, as indústrias desenvolveram e aprimoraram métodos de reutilização de água fechando seus circuitos, e com muito estudo e pesquisa, puderam adequar sua produção na otimização de seu uso. Com isso diminuiu-se o consumo e os custos e a indústria pode continuar atuando em um mercado cada vez mais competitivo. Desta maneira, aos poucos o modelo antigo de produção com grandes desperdícios foi sendo modificado, e por meio de estudos e técnicas recentes as empresas buscam se desenvolver de maneira sustentável. Um exemplo disso é o balanço hídrico, utilizado pelas organizações para monitorar e otimizar o uso da água. Neste contexto, o objetivo deste trabalho é identificar, por meio de um estudo de caso realizado em uma empresa fabricante de papel e através do balanço hídrico, os pontos do processo produtivo que podem ser melhorados, evitando-se assim desperdícios, tais como, de matérias-primas, insumos, energia e principalmente de água.

**Palavras-chave:** Água. Indústria de papel. Balanço hídrico.

## **ABSTRACT**

Since man was organized in society it seeks environmental resources necessary for their existence, the water being the main one. It is used for the formation and maintenance of life, and also to the existence of various branches of economic activities, in which industries are most dependent on to continue working. The increase in production, population growth and pollution have resulted in shortage of this resource, and therefore it is necessary to its reuse. To try to control this situation, over the years there has been a significant increase in water rates and sewer and greater oversight by the government. Amid all this, industries have developed and improved methods for the reuse of water by closing their circuits, and with much study and research, they might adjust their output to optimize its use. With this decreased the consumption and costs and the industry can continue operating in a market increasingly competitive. Thus, little by little the old model of production with large waste was being modified, and by recent technical studies and companies seeking to develop a sustainable manner. An example is the water balance, used by organizations to monitor and optimize the use of water. In this context, the objective of this study is to identify, through a case study conducted at a manufacturer of paper and water balance through the points of the production process that can be improved, thus avoiding waste, such as, raw materials, inputs, especially energy and water.

**Keywords:** Water. Paper industry. Water balance.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Esquema de tratamento de água.....	11
Figura 2 – Estação de tratamento de esgoto.....	12
Figura 3 – Esquema de fabricação de papel.....	13
Figura 4 – Esquema de blocos da fabricação de papel na MP1.....	14
Figura 5 – Preparo da massa (desagregação das fibras).....	15
Figura 6 – Desenho técnico de um batedor “hidrapulper”.....	16
Figura 7 – Refinador.....	16
Figura 8 – Massa refinada.....	17
Figura 9 – Caixa de entrada.....	18
Figura 10 – Mesa plana.....	19
Figura 11 – Caixas de baixo e alto vácuos e régua desaguadoras.....	19
Figura 12 – Prensa.....	20
Figura 13 – Secador ( <i>yankee</i> ou monolúcido).....	21
Figura 14 – Rolo jumbo acabado (após passagem pela enroladeira).....	21
Figura 15 – Papel passando pela rebobinadeira.....	22
Figura 16 – Estoque de produtos químicos.....	24
Figura 17 – Ponto que necessitava de melhorias.....	27
Figura 18 – Água recuperada (após as melhorias).....	27
Figura 19 – <i>Cleaners</i> (outro ponto onde houve mudança).....	28
Figura 20 – Flotador.....	28
Figura 21 – Águas recuperadas.....	29
Figura 22 – Esquema básico de um balanço de água na MP1.....	29
Figura 23 – Decantador.....	31

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	10
<b>2</b>	<b>A FÁBRICA DE PAPEL</b> .....	13
2.1	PREPARO DA MASSA.....	14
2.1.1	<b>Desagregação de fibras</b> .....	14
2.1.2	<b>Depuração da massa</b> .....	15
2.1.3	<b>A refinação</b> .....	16
2.2	ALIMENTAÇÃO DA MÁQUINA.....	17
2.2.1	<b>Caixa de entrada</b> .....	17
2.2.2	<b>O processo de formação da folha</b> .....	18
2.2.3	<b>Mesa Plana</b> .....	18
2.2.4	<b>Caixas de vácuo</b> .....	19
2.3	PRENSAGEM .....	20
2.4	SECAGEM.....	20
2.5	REBOBINADEIRA.....	21
2.6	QUÍMICOS USADOS NA FABRICAÇÃO DE PAPEL.....	22
2.6.1	<b>Dispersantes e tensoativos</b> .....	22
2.6.2	<b>Anti-espumantes</b> .....	22
2.6.3	<b>Aditivos de aumento de resistência</b> .....	22
2.6.4	<b>Agentes de colagem</b> .....	23
2.6.5	<b>Alvejantes e corantes</b> .....	23
2.6.6	<b>Cargas</b> .....	23
<b>3</b>	<b>O BALANÇO HÍDRICO</b> .....	25
<b>4</b>	<b>MATERIAL E MÉTODO</b> .....	26
4.1	MUDANÇAS REALIZADAS.....	26
4.2	RESULTADOS.....	29
4.2.1	<b>Cálculos antes das mudanças</b> .....	29
4.2.2	<b>Cálculos após as mudanças</b> .....	30
4.2.3	<b>Cálculo do consumo atual</b> .....	30
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	32
	REFERÊNCIAS.....	33

## 1 INTRODUÇÃO

Desde que o homem se organizou em sociedade, ele tem utilizado o meio ambiente como fornecedor de recursos, ou seja, de energia e matéria e, também, como assimilador de detritos. A água é uma das substâncias mais importantes, e estabelece um ciclo natural; evapora-se, ascendendo à atmosfera, e precipita-se na forma de chuva ou neve voltando à superfície. Todos os seres vivos aproveitam esse ciclo para a manutenção da vida.

Segundo Hespanhol (2003, p. 11) [...] a água, essencial ao surgimento e a manutenção da vida em nosso planeta, é indispensável para o desenvolvimento de diversas atividades criadas pelo ser humano e por esta razão apresenta valor econômico, social e cultural.

Apesar de sua importância, foi só no final do século passado que o homem percebeu que seria necessário ter certos cuidados com ela, sobretudo porque a saúde da humanidade depende fundamentalmente da sua qualidade. Com a formação de grandes centros urbanos, do desenvolvimento industrial e da agricultura, grande parte das substâncias eliminadas nesses setores foi sendo despejada nas águas fluentes mais próximas e, em pouco tempo, grande parte dela atingiu níveis de poluição tão altos que inviabilizaram sua reutilização direta.

O sistema de purificação das águas de um rio é natural. Com isso, muitas substâncias sedimentam-se no fundo e outras são carregadas. Assim, nela, ocorrem vários processos, dentre eles a sedimentação, a dissolução, a evaporação e a filtração.

Apesar da existência desse ciclo, quando uma cidade descarrega o seu esgoto residencial e industrial no leito de um rio, esse ciclo fica comprometido e ela não tem a disposição o espaço e o tempo necessários para se purificar. Como resultado, muitas espécies acabam morrendo e o bem natural torna-se impróprio para nosso consumo. É aí que o seu tratamento é fundamental e seu processo de reciclagem é vital para a manutenção da vida no planeta.

Sua importância é tão grande na vida do homem que ela representa mais de 60% do peso de seu corpo, podendo chegar a 98% em outras espécies. O grande problema com seu uso indiscriminado é que, apesar de nosso planeta ser considerado o “Planeta Água”, 97% dela é salgada, tornando inviável sua utilização, e por esse motivo ela é tão escassa.

A grande dificuldade dos centros urbanos, atualmente, é atender a enorme demanda residencial, visto que as cidades crescem num ritmo vertical e, também, as indústrias evoluem em uma velocidade absurda. Para isso, se criou na maioria das cidades estações de tratamento de água (ETA), visando o fornecimento de água própria para os mais variados setores. A figura 1 mostra resumidamente os processos utilizados para o tratamento de água:

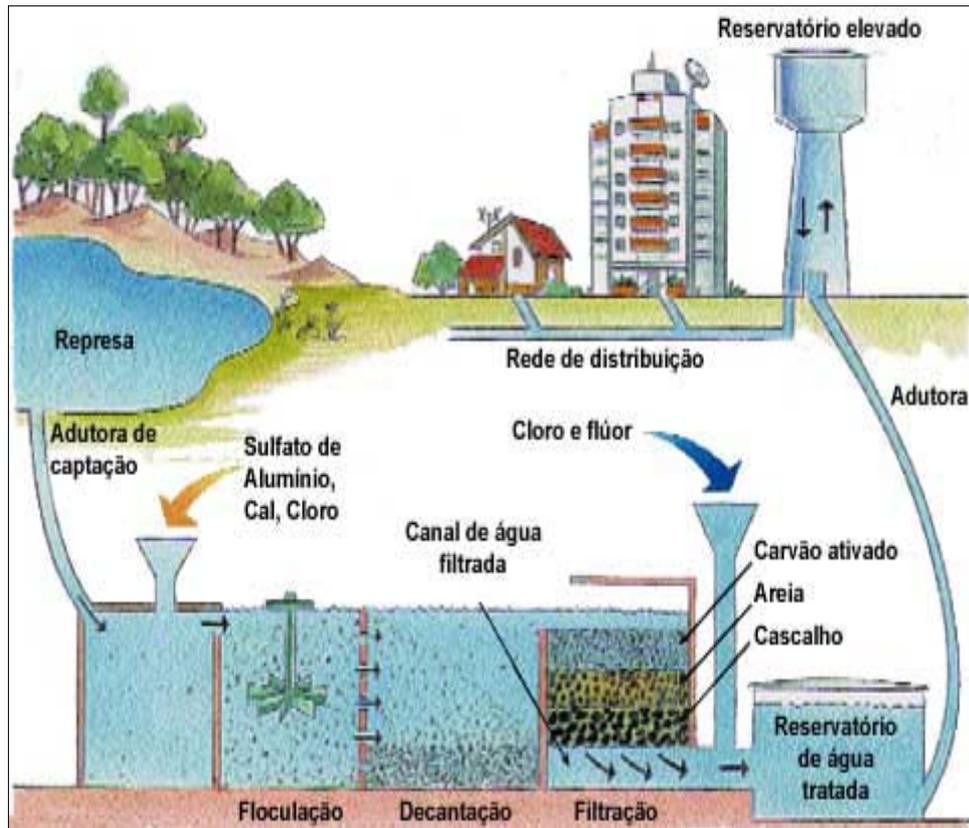


Figura 1 – Esquema de tratamento de água

Com o crescimento dos centros urbanos e indústrias, foi observado ao longo do tempo foi a insuficiência das estações de tratamento de tornar a água própria para o consumo novamente, visto que esta retorna com diferentes tipos de contaminantes. Então, se tornou necessário a implantação de estações de tratamento de esgotos ou efluentes (ETE). Essas estações garantem a devolução do bem com qualidades bem próximas daquelas em que ela saiu das ETA's.

A figura 2 mostra resumidamente os processos utilizados para o tratamento de esgotos:

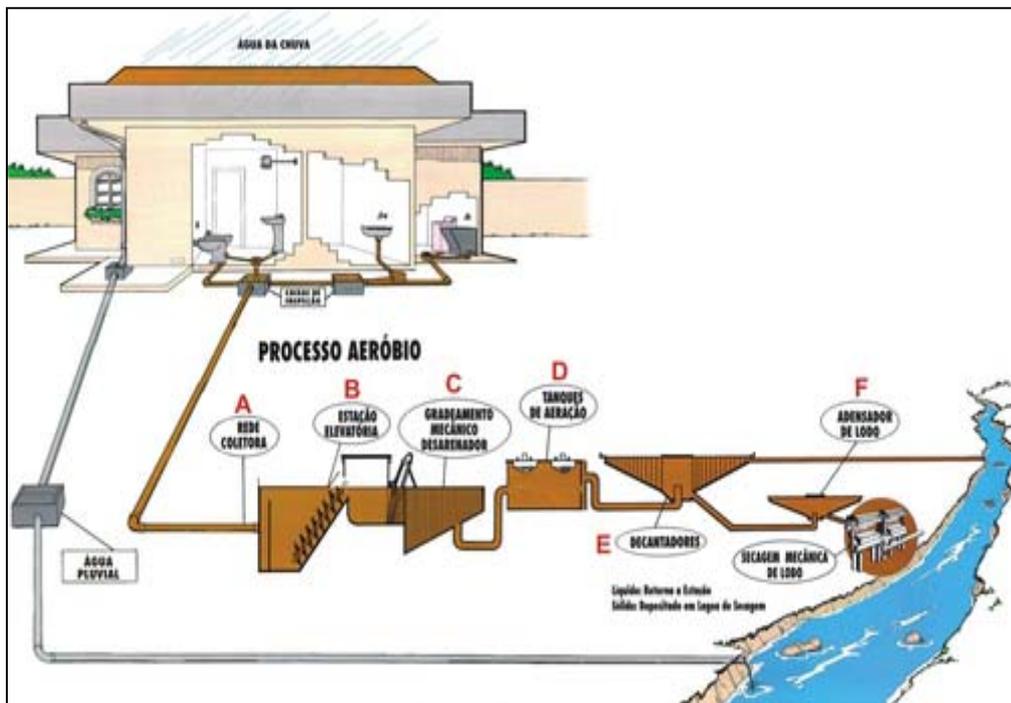


Figura 2 – Estação de tratamento de esgoto

Desta maneira, o preço das tarifas de água e esgotos aumentou consideravelmente nos últimos anos, proporcional ao volume e dano que o homem causa ao meio ambiente.

“A indústria de papel vem sendo pressionada, para que reduza tanto o consumo de água, como também a geração de efluentes em seu processo produtivo. Esta situação provoca a necessidade de recuperação e economia de água [...]” (ALMEIDA, 2004, p. 34).

Nesse contexto, o controle do balanço hídrico das empresas se torna importante para garantir a sobrevivência do ser humano, e também, a própria indústria. Então, vamos acompanhar nesse trabalho acadêmico o controle hídrico e de massa numa fábrica de papel.

Assim sendo, este trabalho tem como objetivo implantar o controle hídrico em uma máquina de papel, chamada MP1; pertencente a uma indústria fabricante deste, cujo nome vamos manter preservado, chamando apenas de “empresa estudada”. Vale a pena lembrar que o processo e os dados são reais.

O motivo para tal realização é pela escassez e para o controle da água, evitando desperdícios e custos e, trazendo benefícios à empresa e ao meio ambiente. Para isso, vamos utilizar o método de pesquisa e estudo de caso.

## 2 A FÁBRICA DE PAPEL

A figura a seguir mostra de maneira sintética todos os processos envolvidos para a produção do papel.

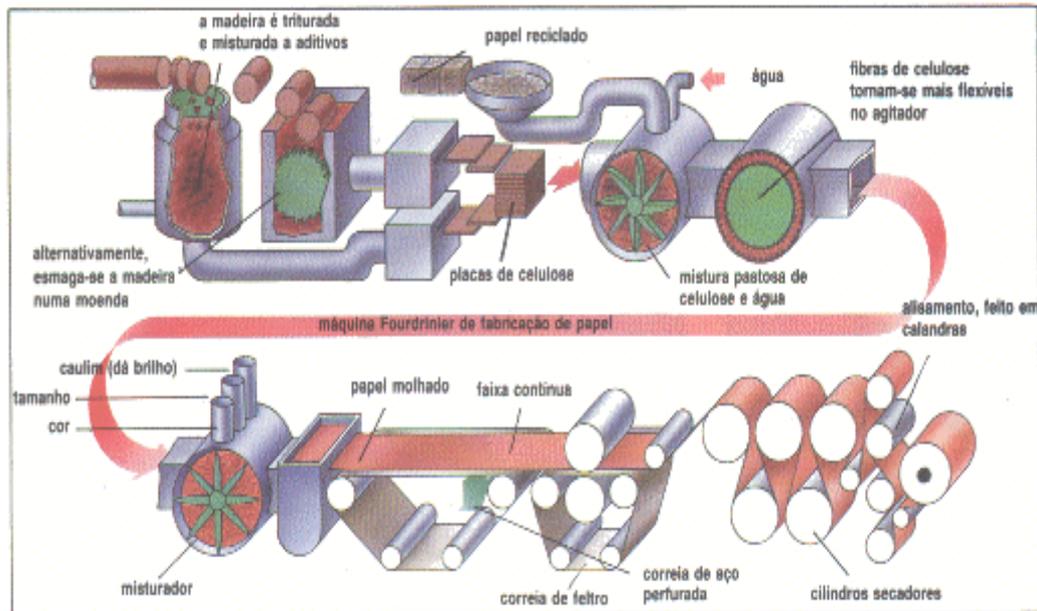


Figura 3 – Esquema de fabricação de papel

O grande diferencial de uma fábrica de papel para outra está na sua organização estrutural. Até pouco tempo atrás, falava-se em fábrica deste ramo como se o único bem fosse o papel. Mas, na verdade, o que se vê atualmente é uma preocupação cada vez maior com todos os aspectos que envolvem o processo até se chegar ao produto acabado.

No caso específico da “empresa estudada” o papel é produzido a partir da celulose já pronta, comprada de fornecedores com credibilidade no mercado nacional.

A seguir, na figura 4 serão descritas as etapas de fabricação necessárias em um esquema de blocos para melhor entendimento do processo da MP1 e posteriormente a descrição de cada processo detalhado em uma fábrica de papel.

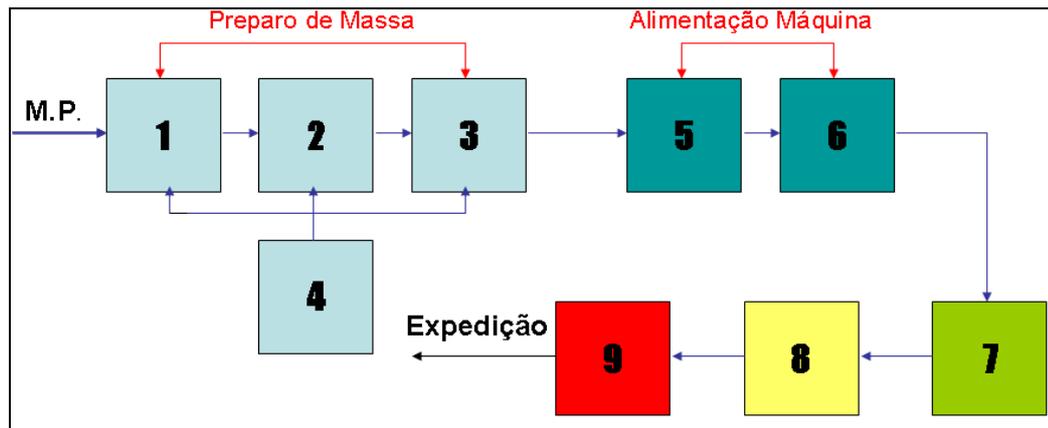


Figura 4– Esquema de blocos da fabricação de papel na MP1

- 1 – Desagregação de fibras (*hidrapulper*)
- 2 – Refinação
- 3 – Depuração (vertical e horizontal)
- 4 – Aditivação
- 5 – Formação da folha (caixa de entrada)
- 6 – Drenagem (mesa plana)
- 7 – Prensagem
- 8 – Secagem (*secador yankee*)
- 9 – Rebobinação e Embalagem

## 2.1 PREPARO DA MASSA

### 2.1.1 Desagregação de fibras

É a penetração de moléculas de água entre as fibras. Trata-se do início do processo, ocorrendo a quebra de ligações entre fibras, por moléculas de água. As fibras chegam em forma de folhas e são levadas aos tanques desagregadores, semelhantes a um grande liquidificador, que dispõe de rotor alocados ao fundo. A figura abaixo nos mostra o preparo da massa.



Figura 5 – Preparo da massa (desagregação das fibras)

### 2.1.2 Depuração da massa

A depuração no processo de fabricação de papel é a operação encarregada de eliminar as impurezas que possam acompanhar a suspensão fibrosa. A eliminação destas é necessária para garantir a qualidade do papel acabado, bem como para o adequado funcionamento do processo. Isto porque a presença destes detritos afeta as características mecânicas, o aspecto exterior (como a alvura) e na fabricação, causando perfurações e quebras quando passam pela máquina.

A depuração pode ser realizada em vários pontos entre a desintegração e a máquina de papel. No entanto, uma primeira depuração é feita no *hidrapulper* e busca eliminar o máximo possível de impurezas. São utilizados para isso os depuradores centrífugos, cujo funcionamento se dá pela diferença de massa específica das fibras e das impurezas a serem separadas pela ação da força centrífuga, sob a qual as partículas mais pesadas mantêm-se junto a parede do aparelho e acompanha uma trajetória espiralada descendente até atingir o vértice do cone, de onde é retirado como rejeito. Na MP1, máquina de nosso estudo, a depuração é realizada após baixarmos sua consistência, pronta para alimentação da máquina.

A figura 6 representa um batedor onde ocorre o processo citado.

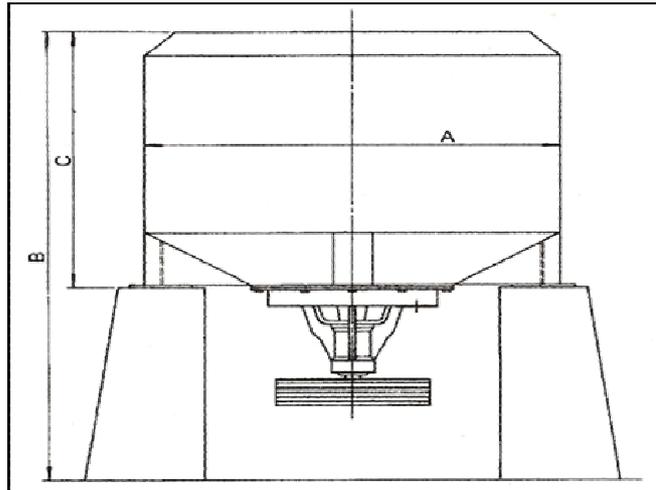


Figura 6 – Desenho técnico de um batedor “hidrapulper”

### 2.1.3 A refinação

A refinação da celulose industrial (pasta química) é na realidade o tratamento mecânico das fibras, visando uma modificação de forma que elas possam se unir e formar uma folha de papel homogênea e resistente. Através da refinação pode-se alterar uma característica muito importante na formação do papel, a consistência, que nada mais é que a percentagem de material sólido seco contido na água. Campos (2006, p.29) relata que “[...] nesta parte do processo, consistência é tratada como concentração [...]”.

A figura 7 nos mostra um refinador usado na “empresa estudada” e o resultado desta etapa está representada na figura 8.



Figura 7 – Refinador



Figura 8 – Massa refinada

## 2.2 ALIMENTAÇÃO DA MÁQUINA

### 2.2.1 Caixa de entrada

A alimentação da suspensão fibrosa para a máquina de papel deve ser realizada de maneira uniforme, com fluxo regular e homogêneo sobre toda a sua largura, com fibras dispersadas uniformemente, sem agrupamento em flocos. Para alcançar esse objetivo foi desenvolvida a caixa de entrada dotada de componentes e controles, alimentada por um conjunto de tubos múltiplos que recebem a massa, sob pressão dos depuradores.

Na “empresa estudada”, usa-se uma caixa de entrada do tipo *Voith*, adequada para todas as classes de papel e cartão, podendo também ser usada em máquinas do tipo *Fourdrinier* ou *Duoformer* que fabricam com velocidade de operação de 100 a 2000 metros por minuto. Ela ainda permite controle das régua, que dosam a mistura celulose e água, para a formação mais adequada do papel.

Na figura a seguir temos detalhes da caixa de entrada citada.



Figura 9 – Caixa de entrada

### 2.2.2 Processo de formação da folha

A folha de papel é feita pela deposição de fibras de uma suspensão aquosa, com consistência de 0,3% a 1,5%, sobre a tela da máquina. Dessa água, mais de 90% pode ser removida por drenagem fazendo com que as fibras se entrelaçam e se sobreponham, formando uma fina camada que resultará na formação da folha.

### 2.2.3 Mesa Plana

Instalada após a cabeceira da máquina, a mesa plana tem a função de suportar a tela e receber o jato de massa vindo da caixa de entrada. Ela deve ser colocada o mais perto possível do rolo de cabeceira. Consiste de uma tela sem fim que escorra sobre uma série de elementos desaguadores suportados numa estrutura física adequada. Além destes elementos, a mesa plana possui uma série de acessórios, tais como, os rolos guias e os chuveiros limpateelas.

Na figura 10 temos a mesa plana da MP1.



Figura 10 – Mesa plana

#### 2.2.4 Caixas de vácuo

Dividem-se em dois tipos, as de baixo e as de alto vácuos. O primeiro é complementar quando o teor de sólidos é de 10 a 15%, sendo os roletes e *hidrofoils* (substituem os rolos desaguadores) insuficientes para o processo de desaguamento. Já as de alto vácuo, também conhecidas como caixa de sucção da tela, retiram partículas duras e evitam desgastes das régua desaguadoras.

Na figura 11 temos um exemplo de caixa de alto vácuo que é utilizada na máquina estudada.

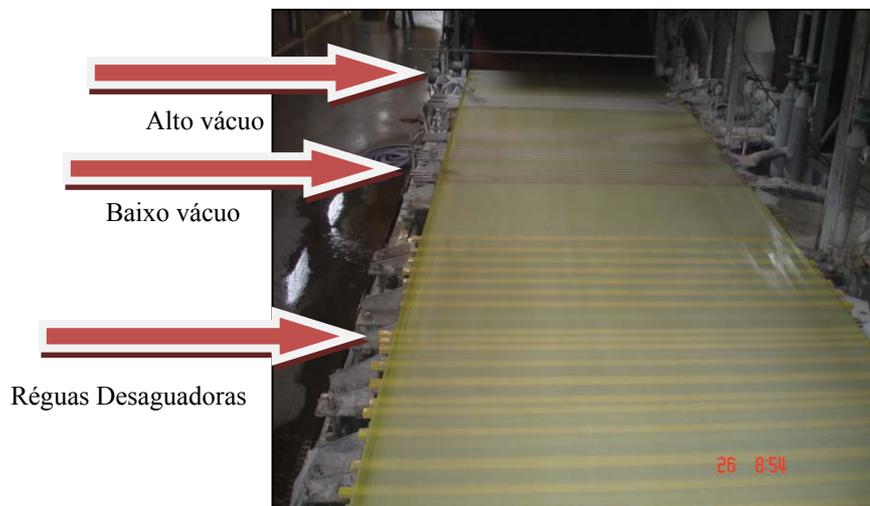


Figura 11 – Caixas de baixo e alto a vácuos e régua desaguadoras

### 2.3 PRENSAGEM

A prensagem tem por finalidade a eliminação da maior quantidade de água possível antes de submeter a massa à secagem por calor. Ela deve ser muito eficiente e precisa para que não ocorram danos ao papel, como por exemplo, o amassamento da folha.

No caso da “empresa estudada”, utilizam-se as prensas de sapata, que intensificam a eficácia da prensagem, fornecendo uma diminuição do teor de umidade de até 10%, em relação às prensas convencionais.

É para o sucesso da prensagem o uso de feltros de qualidade. Eles devem ser mantidos o mais limpo possível, evitando o acúmulo de substâncias que possam danificá-lo ou entupi-lo. O desgaste químico ou físico deles devem ser verificados e se necessário realizar a substituição o mais rápido possível. Na figura a seguir temos a prensa utilizada no processo.



Figura 12 - Prensa

### 2.4 SECAGEM

Essa etapa tem por finalidade a retirada do excesso de água por evaporação, pela passagem da folha que acaba de sair da prensa com aproximadamente 30 a 40 % de teor seco e após passarem pelo cilindro secador (secador *yankee*) cuja temperatura é ideal para essa evaporação, passam para o acabador, no qual termina a secagem já com decréscimo da temperatura. Saem dessa fase com o teor de umidade entre 6 a 8%, e será nessa fase que o papel será crepado, com a diferença de velocidade entre o secador *yankee* e o acabador. Na figura seguinte temos o secador (*yankee* ou monolúcido).



Figura 13 - Secador (*yankee* ou monolúcido)

## 2.5 REBOBINADEIRA

Nesta fase, evitam-se os cortes que geram perdas excessivas de papel e procura-se a otimização dos tamanhos comercializados. Na figura 14 temos um rolo jumbo, após sua passagem pela enroladeira.



Figura 14 – Rolo jumbo acabado (após passagem pela enroladeira)

O rebobinamento ou corte da bobina é a última fase da produção do papel. É um processo complexo e tão importante quanto os demais. Nesta fase da produção que se cortam as bobinas (chamadas jumbos) que saem em rolos muito grandes, em formatos pré-determinados pelo departamento de vendas, antes da produção, e posteriormente serão embalados e expedidos.

Na figura a seguir temos o papel passando pela rebobinadeira.



Figura 15 – Papel passando pela rebobinadeira

## 2.6 QUÍMICOS USADOS NA FABRICAÇÃO DE PAPEL

Na produção de papel, utilizam-se alguns tipos de aditivos químicos para melhorar ou garantir algumas características importantes ao produto final. A seguir vamos exemplificá-los.

### 2.6.1 Dispersantes e tensoativos

São adicionados para auxiliar na separação de partículas extremamente finas, durante a flotação e também são chamados de auxiliares de desagregação.

### 2.6.2 Anti-espumantes

Eles previnem a formação de espuma e sedimentos associados. Normalmente, eles são utilizados quando há presença de agentes de resistência a úmido, que geram grande formação de espuma.

### 2.6.3 Aditivos de aumento de resistência

São utilizados para melhorar as características de resistência do papel ao rasgo e à tração, que são de extrema importância para a sua qualidade. Na “empresa estudada”, se

emprega com maior frequência o amido catiônico, devido à sua integração com as demais etapas e produtos do processo, uma vez que ele promove ligações do tipo ponte de hidrogênio, além de fibra-fibra.

#### **2.6.4 Agentes de colagem**

O uso dos agentes de colagem é determinado de acordo com o papel a ser produzido. Um agente muito usado, é a cola breu (colofônia ácida). Ela é precipitada sobre as fibras geralmente com sulfato de alumínio em solução aquosa.

Outro agente de colagem é a cola AKD (*dímero de alkylketeno*), que é adicionado junto à massa com um agente catiônico, o amido ou resina, auxiliando na fixação das fibras, sob temperaturas amenas.

#### **2.6.5 Alvejantes e corantes**

Eles são utilizados para dar cor ao papel. No processo estudado utilizam-se alvejantes para gerar a cor desejada. Eles têm capacidade de converter os raios ultra-violeta em luz branca azulada e, são constituídos por complexos de ácidos sulfônicos. Sua eficiência é diretamente proporcional ao grau de brancura da polpa e podem ser afetados por outros agentes químicos com pH altamente alcalino causando o amarelamento do papel.

#### **2.6.6 Cargas**

Em alguns tipos de papel utiliza-se o caulim (silicato de alumínio hidratado) para aumentar a opacidade do papel. O grande entrave em seu uso é controle da brancura do papel. O uso em excesso de cargas pode ser constatado com teste simples (teste de cinzas), por isso, a sua utilização se faz somente em casos necessários.

Na figura abaixo temos o estoque dos principais produtos químicos utilizados no processo.



Figura 16 – Estoque de produtos químicos

### 3 O BALANÇO HÍDRICO

O tema balanço hídrico vem ganhando em importância na maioria das indústrias do país. A sua necessidade se deve ao grande aumento nas tarifas de água, aliados a escassez do bem natural no atendimento da nova demanda industrial. Porém um fator de extrema importância é o custo que se pode diminuir com a economia de água.

Para Souza (2000, p. 23),

[...] um estudo que objetiva a implantação de um programa para reuso industrial deve possuir uma metodologia que contemple a realização do diagnóstico rico, o estabelecimento de medidas de racionalização do uso da água minimização de perdas e desperdícios.

Assim sendo, o balanço hídrico deve ser realizado de maneira planejada e estudada para melhorar o processo de produção. Na “empresa estudada”, havia uma grande necessidade de se fazer mudanças para diminuir o consumo de água durante a fabricação de papel.

Segundo Hespanhol (2003, p. 50)

[..] este cenário deixa evidente que o entendimento do recurso natural água como um bem econômico e finito deve fazer com que todos a utilizem de forma a maximizar o bem-estar social, seja produzindo com a máxima eficiência, seja consumindo sem desperdícios.

## 4 MATERIAL E MÉTODO

Para a realização das mudanças necessárias foi preciso, inicialmente, discutir o problema com os sócios, diretores e responsáveis pelos setores. Iniciou-se após o estudo de como poderíamos melhorar o processo, otimizando o consumo de água e, conseqüentemente, reduzindo o custo de produção do papel, bem como, o impacto ambiental.

Em seguida, foi medido o nosso consumo de água em todas as etapas do processo de produção da MP1 e concluímos que eram gastos 408 m<sup>3</sup>/ton. Por meio desse resultado foi constatado que melhorias deveriam ser realizadas, desde manutenção em bombas e ou tubulações, até mudanças no processo de produção.

Para que erros não fossem cometidos foram consideradas experiências de outras empresas, do ramo ou não. Após estes estudos iniciaram-se as mudanças necessárias, buscando realizá-las no menor tempo possível e sem se esquecer da precisão que elas exigiam.

### 4.1 MUDANÇAS REALIZADAS

Inicialmente, fizemos a divisão no reuso da água para as etapas específicas do processo, evitando mandar toda água para um reaproveitamento somente no final da produção. Essa divisão evita o acúmulo de diversos tipos de aditivos ou rejeitos, acelerando a sua reutilização.

Em seguida aumentamos a vazão da bomba que enviava a água para o tratamento, que tinha capacidade para 180 m<sup>3</sup>/h, mas conseguia mandar apenas 90 m<sup>3</sup>/ton devido ao diâmetro reduzido do cano de saída, além da eliminação de vazamentos, nos sistemas de entrada e saída de água, evitando ao máximo os desperdícios. Na figura a seguir vemos um exemplo de uma parte do processo que necessitava de mudanças.

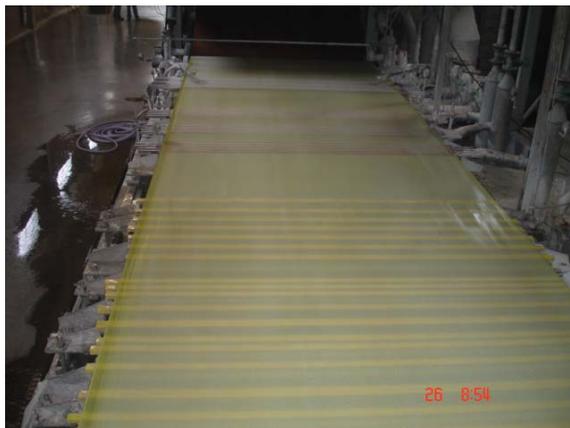


Figura 17 – Ponto que necessitava de melhorias

Optamos, também, pela instalação de outras bombas para melhor dividir o reuso da água. Sendo assim, sua circulação é menor evitando perdas no processo. Como a máquina estava parada a constatação dessa redução de consumo só foi possível após o reinício da produção.

Outro ponto crítico melhorado foi exatamente o de águas recuperadas. Como exemplos, temos os chuveiros e o filtro, que exigem uma demanda muito grande de água, sendo que grande parte dela poderia ser melhor aproveitada no processo, principalmente por se tratar de água com poucos contaminantes. Nesse caso, o que se fez foi uma manutenção detalhada no sistema de sucção do filtro, que também estava um pouco comprometido e a instalação de uma nova bomba para a captação mais eficiente das águas do chuveiro.

Na figura 18, temos o exemplo do grande volume de águas recuperadas com as melhorias realizadas.



Figura 18 – Água recuperada (após as melhorias)

As águas dos depuradores centrífugos (*cleaners*), também foram trazidas novamente ao processo de forma mais rápida com uma captação individual para elas, trazendo uma boa redução no consumo. A figura 19 mostra os *cleaners*, ponto que passou por mudanças.



Figura 19 – *Cleaners* (outro ponto onde houve mudança)

A água que não foi possível reaproveitar com todas as mudanças continua indo para o tratamento e, representa 50 m<sup>3</sup>/ton, ou seja, um número bastante reduzido perto dos 75 m<sup>3</sup>/ton que tínhamos antes.

Na figura 20 temos o flotador, que auxilia na eliminação dos contaminantes da água e, na 21 vemos o resultado dessa descontaminação.



Figura 20 – Flotador



Figura 21 – Águas recuperadas

## 4.2 RESULTADOS

Na figura 22, temos um esquema básico de um balanço hídrico da MP1, com suas entradas, saídas e reutilizações.

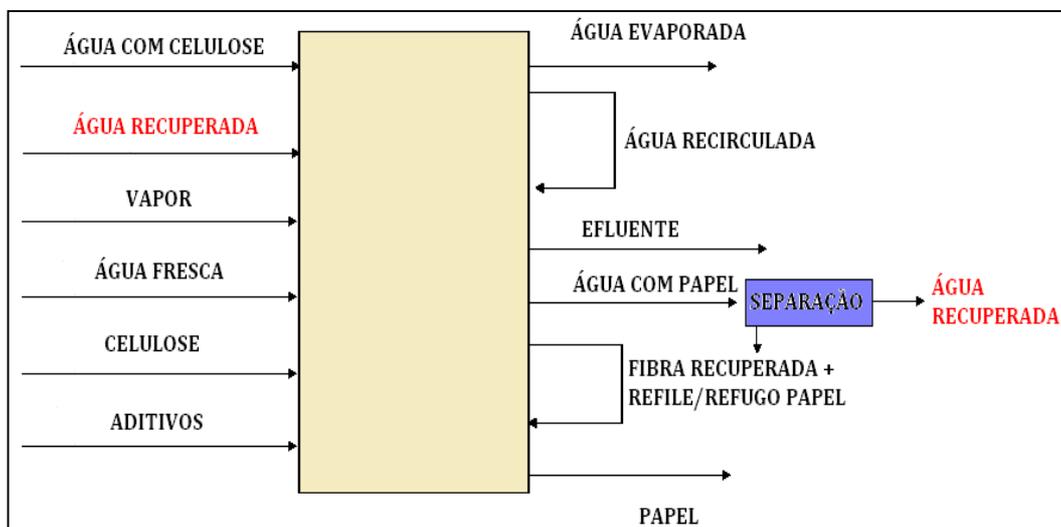


Figura 22 – Esquema básico de um balanço de água na MP1

### 4.2.1 Cálculos antes das mudanças

- Base para cálculo - Produção = 2,1 ton/h de papel
- Consumo de água fresca = 5 - 25,0 m<sup>3</sup>/ton
- Água evaporada  $\cong$  2,0 m<sup>3</sup>/ton
- Água incorporada ao papel – (7%) – 0,07 ton/ton

- Efluentes — 0,1 m<sup>3</sup>/ton – descarga dos *cleaners*
- Lavagem do chão – não mensurado
- Canaleta para excesso de água - 0,0 - 20,5 m<sup>3</sup>/ton –

#### 4.2.2 Cálculos após as mudanças

- Base para calculo - Produção = 2,1 ton/h de papel
- Consumo de água fresca  $\cong$  5 m<sup>3</sup>/ton
- Água evaporada  $\cong$  2,0 m<sup>3</sup>/ton
- Água incorporada ao papel – (7%) – 0,07 ton/ton
- Efluentes — 0,1 m<sup>3</sup>/ton – descarga dos *cleaners*
- Lavagem do chão – não mensurado

#### 4.2.3 Cálculo do consumo atual

Uma das grandes dificuldades em se realizar essas medições é que a máquina 1 não funciona ininterruptamente, pois há a paralisação da preparação de massa no período do horário de ponta (das 18:00h às 21:00h), pois o custo do KW/h neste período é muito maior. Por esse motivo há um desequilíbrio na demanda de água. Porém, após as alterações feitas, houve um maior equilíbrio no sistema, tirando a sobrecarga através de uma vazão maior para o tratamento de água, devido ao uso de uma tubulação com seu diâmetro correto, permitindo que a bomba pudesse trabalhar na sua especificação, bem como uma melhor distribuição na recirculação interna da máquina, desafogando pontos que outrora eram sobrecarregados.

Após essas alterações foi realizada uma nova estimativa do consumo de água no processo de produção, sendo constatado que com as mudanças e melhorias realizadas obteve-se 5 % de economia de água fresca, ou seja, 20 m<sup>3</sup>/ton que eram repostas por perda para o efluente, além de diminuir em aproximadamente 5% da água pela sua melhor recirculação no circuito interno, ou seja, mais 20 m<sup>3</sup>/ton, somando no total aproximadamente 40m<sup>3</sup>/ton.

Portanto, além da economia de água fresca, houve redução do volume lançado à estação de tratamento. Dessa forma pode-se concluir que nessa parte do processo, também se obteve diminuição de custos. Na figura 23 temos o decantador, parte do processo de tratamento de efluentes.



Figura 23 – Decantador

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O balanço hídrico realizado na “empresa estudada” trouxe benefícios para as partes envolvidas no processo de produção. A sua realização refletiu no aspecto financeiro da empresa, como na redução nos gastos com água; possibilitou uma maior velocidade no retorno deste bem para o sistema; contribuição ao meio ambiente devido a diminuição de seu uso, e possibilitou o envio de uma menor quantidade de água para a estação de tratamento de efluentes.

Realizar o balanço hídrico exige muita pesquisa, planejamento e precisão nas mudanças julgadas necessárias, assim como grande comprometimento por parte de todos os funcionários, que de um modo direto ou indireto, colaboram para otimizar o processo e controle da água.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M. L. O; KOGA, R. C. T; TAKAHASHI, T. **Propriedades do papel e controle qualidade**. São Paulo: Editora do Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2004.

CAMPOS, E. S. **Curso de fabricação de papel**. Americana, São Paulo: Editora Uniscep, 2006.

HESPANHOL, I. **Programa para gerenciamento de águas e efluentes nas indústrias, visando ao uso racional e à reutilização**. 4. ed. São Paulo: Editora da Escola Politécnica de São Paulo, 2003.

OLIVEIRA, R. C. **Propriedades do papel**. Viçosa, Minas Gerais: Editora da Universidade Federal de Viçosa, 2005.

SOUZA, M. P. **Instrumentos de gestão ambiental**. São Paulo: Editora Riani Costa, 2000.

VARGAS, M. C. **O gerenciamento integrado dos recursos hídricos**. São Paulo: Editora Riani, 2006.