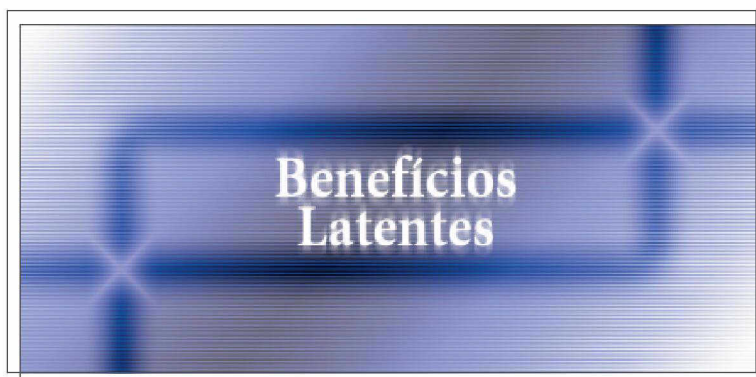


Benefícios Latentes em Sistemas de Vapor e Condensado para Máquinas de Papel

Hidden benefits in paper machine steam and condensate Systems

Benefícios latentes em Sistemas de Vapor y Condensado para Máquinas de Papel



Autor: Afonso H. Mendes*

Palavras-chave: sistemas de vapor, cascata, termo compressor, treinamento, produtividade, qualidade do papel.

Sumário

Um estudo detalhado das características de projeto e das condições de operação de um Sistema de Vapor e Condensado pode revelar a existência de potenciais latentes e significativos para a melhoria do seu desempenho global. Para a realização desta análise, que exi-

ge conhecimento do processo de secagem do papel e experiência com projeto e instalação desses sistemas, a participação de um profissional especializado é conveniente para explorar e transformar esses potenciais em vantagens para o fabricante de papel. O sistema otimizado produzirá benefícios importantes,

Abstract

A detailed survey of the design parameters and operating conditions of an existing Steam and Condensate System may reveal hidden potential for overall performance improvement. In order to develop such analysis, what requires drying process knowledge and steam systems design experience, the cooperation of an expert will be very useful to explore and convert those potential into advantages for the paper manufacturer. The optimized system will contribute to generate important benefits, such as paper quality improvement, energy saving, better efficiency and increased productivity, factors that affects directly the cost of production control.

Key-words: steam systems, cascade, termo compressor, training, productivity, paper quality.

tais como a maximização da qualidade do papel, a redução de consumo de energia, a melhor eficiência operacional e o aumento de produtividade, fatores que se refletem diretamente no controle do custo de produção.

Introdução

A seção de secagem de uma máquina de papel é a responsável pela evaporação e remoção da água contida na folha após o processo de desaguamento mecânico por prensagem. O papel deve ser seco rapidamente, de forma uniforme e sem provocar efeitos adversos no funcionamento da máquina (*runnability*) e na qualidade

* Afonso H. Mendes/CENTRE Consultoria e Representação Ltda. – Campinas, SP, graduado em Engenharia Elétrica pela Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, com cursos de treinamento e especialização nos EUA. Atua na Indústria de Papel e Celulose desde 1980, tendo assumido vários cargos de gerência e de direção na Beloit Industrial Ltda., no período de 1983 a 2001.

da folha, processo este que se caracteriza pela alta demanda de energia requerida para realizar essa função. Nessa etapa, onde aproximadamente 96% da quantidade total da água remanescente na folha que sai das prensas será removida, o elevado consumo de energia é resultante da dificuldade de extração da água, pois nesta fase do processo, a água não se encontra mais na forma “livre” como nas etapas anteriores de desaguamento; agora encontra-se no interior das fibras de papel ou presa à sua superfície por meio de pontes de hidrogênio. Utilizando a condensação de vapor como fonte de calor para o processo, pode consumir mais de duas toneladas de vapor por tonelada de papel produzida, tornando-se mandatário o seu uso de forma otimizada, pois constitui um item de grande peso no custo operacional.

Sistemas de Vapor e Condensado

Os Sistemas de Vapor e Condensado, parte integrante da seção de secagem, foram criados e desenvolvidos como instrumento para ajustar o regime de secagem do papel por meio do controle da pressão do vapor nos cilindros secadores. As características dos sistemas modernos estão focadas em três considerações principais:

- atender aos requisitos de produção da máquina, o que inclui a capacidade de secagem, a qualidade da folha, o funcionamento da máquina (*runnability*), a segurança e a flexibilidade operacional;
- prover condições para a drenagem eficiente dos secadores, o que inclui considerações sobre o processo, o arranjo do sistema e o tipo de sifão mais adequado;
- realizar as funções acima em toda a faixa de operação da máquina de forma eficiente, ou seja, com o mínimo consumo de energia.

Nem sempre, com o passar do tem-

po, essas características são conservadas simultaneamente. Em muitas instalações, os Sistemas de Vapor e Condensado não recebem a atenção necessária para serem mantidos com um bom desempenho. Em geral, sistemas antigos raramente apresentam propriedades coincidentes com os conceitos praticados atualmente para sua configuração e dimensionamento. São freqüentes as situações em que, devido a alterações no programa de produção ou mesmo a reformas na máquina, novas linhas e válvulas são adicionadas, porém, sem critério adequado, e acabam provocando efeitos indesejáveis, tais como consumo excessivo de vapor; redução de produtividade; e perda de qualidade do papel

Além desses aspectos, considerações equivocadas quanto ao projeto (configuração e seleção de componentes), operação e manutenção, capacitação de operadores e monitoração da operação, de forma individual ou combinada, também são fontes de interferência negativa no desempenho do sistema, provocando perdas, como as indicadas acima, que se refletem diretamente no aumento do custo de produção do papel.

Projeto dos Sistemas de Vapor e Condensado

Um dos pontos-chave para o sucesso no desempenho dos Sistemas de Vapor e Condensado é a sua configuração, isto é, a maneira como os cilindros secadores estão distribuídos em grupos térmicos ou até mesmo designados como elementos individuais e como esses grupos estão interligados.

A configuração mais adequada será resultado da consideração de vários aspectos, como os seguintes:

- tipo de papel produzido (imprimir e escrever, jornal, embalagem, corrugado, cartão, *tissue*, revestido, etc.);
- faixa de gramaturas, o que determi-

na enfoques diferentes para máquinas com muita ou pouca variedade de pesos do papel produzido. É necessária também uma abordagem especial para as máquinas que fabricam mais de um tipo de papel (*multigrade machines*);

- velocidades de operação, pois este parâmetro tem influência total sobre o comportamento do condensado no interior do cilindro secador (poça, cascata ou anel), que, por sua vez, requer diferentes elementos de extração para cada condição;
- características mecânicas e funcionais da seção de secagem: pré ou pós-secagem, unifiltro, *single-tier*, secadores sem feltro, quantidade e tamanho dos secadores, etc;
- disponibilidade de vapor: linhas de baixa e média pressão que, em alguns casos, são indispensáveis (para os papéis que requerem altas temperaturas de secagem) e, em outros, são um recurso de muita utilidade (para uso de termo compressores).

Em função dos critérios de projeto expostos acima, verifica-se que cada máquina de papel exige uma configuração específica para o Sistema de Vapor e Condensado. Dificilmente dois sistemas serão iguais, já que os requisitos serão, em geral, muito diferentes quando se comparam duas ou mais máquinas.

Configurações Básicas

Para atender aos seus objetivos principais, ou seja, controle da capacidade de secagem, drenagem eficiente e minimização do consumo de energia, alguns arranjos foram desenvolvidos para os Sistemas de Vapor e Condensado, ficando a aplicação de cada um deles condicionada aos requisitos específicos de cada máquina.

As configurações mais conhecidas na indústria atualmente referem-se aos siste-

mas do tipo “cascata” e do tipo termo-compressor, tanto em sua forma básica (controle de drenagem por pressão diferencial) como na versão com controle de fluxo de vapor de baixa pressão (*blow-through*).

Sistemas “cascata”

Provavelmente, o mais popular na indústria é um sistema muito eficiente com respeito à utilização de energia (ver **figura 1**). Sua principal vantagem é o reaproveitamento do vapor de baixa pressão (*blow-through*) de um grupo de secadores para alimentação do precedente. Cerca de 80% a 90% do total do vapor de baixa pressão (*blow-through*) pode ser recirculado. O vapor remanescente nos primeiros secadores da parte úmida ou da pós-secagem é normalmente descarregado em um condensador (aproveitamento de água quente) ou utilizado em algum outro processo da fábrica que requeira vapor de baixa pressão.

Na produção de papéis, planos de todos os tipos e com ampla gama de velocidades de operação exigem certos cuidados para a obtenção dos melhores be-

nefícios que potencialmente podem oferecer. Dentre os quais, destacam-se:

- definição da “taxa de cascateamento” (*cascading ratio*) adequada, que depende da pressão de operação, da taxa de condensação, da velocidade da máquina e do tipo e tamanho do sifão empregados. Taxas superestimadas provocam perda de vapor e conseqüente aumento do consumo específico. Taxas subestimadas provocam diminuição de capacidade de secagem e, em conseqüência, perda de produção. Portanto, verificar esse critério é muito importante não só para o projeto de sistemas novos, mas também para as reformas, especialmente quando secadores novos são adicionados na seção de secagem. É fundamental manter o *cascading ratio* dentro dos limites que permitam “balancear” o sistema em toda a faixa de operação;
- análise crítica da compatibilidade dos sifões; fator indispensável para a maximização da capacidade de secagem, sem desperdício de energia (vapor), dado que, em função das condi-

ções de operação e das características do sifão (tipo e tamanho), os diferenciais de pressão necessários para garantir a drenagem correta dos secadores pode atingir valores elevados, limitando a pressão do vapor nos primeiros grupos de cilindros da “cascata” ou, por outro lado, pode haver geração de vapor de baixa pressão (*blow-through*) em quantidade superior a que pode ser absorvida (determinada pelo *cascading ratio*).

Em alguns casos, a interdependência da pressão de operação entre os grupos, principal limitação do sistema “cascata”, pode ser sobreposta por meio de variações na configuração e nas malhas de controle.

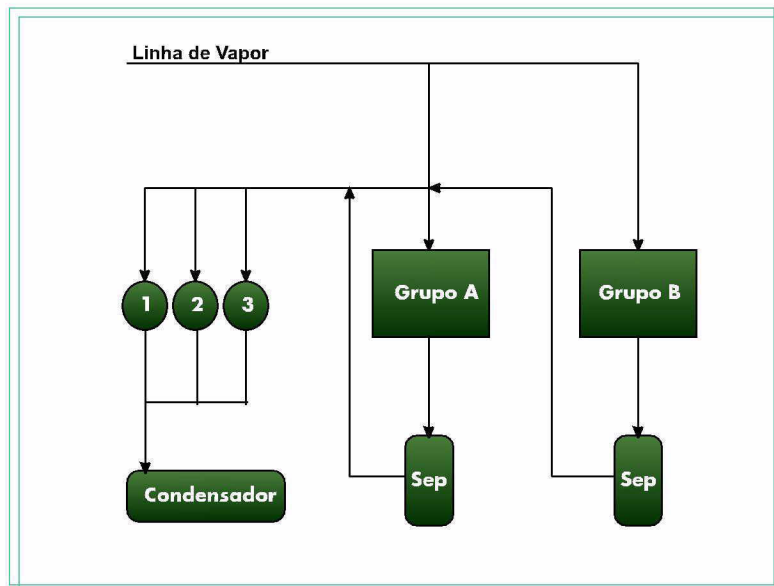
Termocompressores

O termo-compressor é um dispositivo que utiliza vapor de alta pressão para recomprimir vapor de baixa pressão (*blow-through*) e descarregar a mistura a uma pressão intermediária (ver **figura 2**).

Atualmente, bastante difundidos na indústria papelreira os termo-compressores tornam-se uma ferramenta muito útil para recuperação de energia em Sistemas de Vapor e Condensado quando corretamente aplicados. A principal vantagem que justifica seu uso é a possibilidade de maximizar a pressão do vapor nos grupos secadores de forma independente.

Sistemas do tipo “cascata” podem ser facilmente convertidos em sistemas com termo-compressores. A modificação resulta em várias vantagens e benefícios, destacando-se o ajuste individual de pressão e pressão diferencial nos grupos de secadores - maximização da capacidade de secagem e flexibilidade de operação; e a recirculação de vapor que diminui a descarga para o condensador. Dependendo da aplicação, o índice de recirculação pode atingir 100% - otimização do consumo de energia.

Figura 1 - Sistema “cascata”



A estratégia principal para a utilização dos termocompressores com sucesso resume-se ao dimensionamento do sistema, considerando os pontos apresentados na seção anterior para a configuração “cascata”, de maneira que as condições de processo se enquadrem em sua faixa subcrítica de operação (região de característica aproximadamente linear).

Controle de fluxo do vapor de baixa pressão (blow-through)

A drenagem dos secadores por meio do controle de vapor de baixa pressão (blow-through) apresenta vantagens importantes sobre o método convencional de controle por diferencial de pressão, sendo mais um recurso a ser explorado em sistemas existentes para melhorar seu desempenho. Aplica-se tanto em siste-

mas “cascata” como em sistemas com termocompressor (ver figura 3).

A operação é simples e, uma vez ajustado o *set-point*, não há necessidade de futuros ajustes. A maior vantagem desse método de controle se refere à sua capacidade de autocompensação diante das seguintes alterações nas condições de operação:

- variação da carga de condensação causada por variação de velocidade, carga de evaporação, quebra da folha ou qualquer distúrbio no processo: automaticamente se compensa no ajuste do novo diferencial necessário para manter a drenagem;
- automaticamente evita a inundação dos secadores por meio do ajuste da pressão diferencial;
- durante as quebras da folha o sistema mantém constante o fluxo do vapor de baixa pressão (blow-through), minimizando as descargas para o condensador;
- permite operar com diferenciais de pressão menores quando comparados aos usuais na operação por controle de pressão diferencial, pois, no último caso, aos valores de ajuste “normais” é adicionada uma quantidade extra como fator de segurança;
- o desgaste dos sifões e partes das juntas rotativas por efeito de altas velocidades de escoamento será minimizado por decorrência da otimização da pressão diferencial.

Figura 2 - Termocompressor

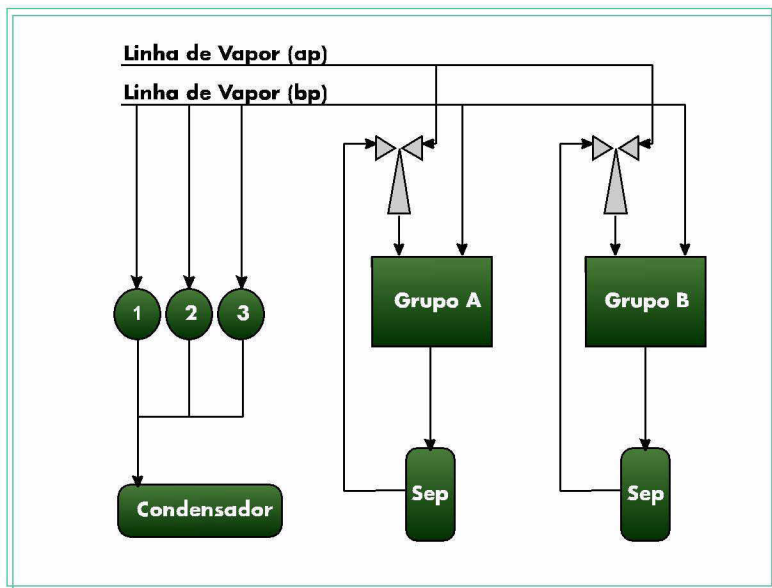
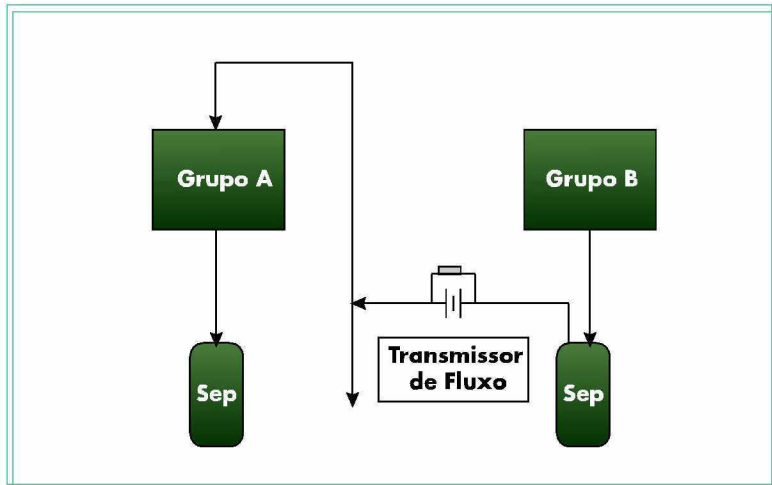


Figura 3 - Controle do vapor de baixa pressão (blow-through)



Sifões e Barras de Turbulência

Considerações sobre o processo e as características construtivas da máquina têm influência determinante sobre a seleção dos componentes do sistema. Cada configuração exige uma seleção precisa, não só por motivos técnicos de desempenho, mas também pelo compromisso com o montante do investimento a ser realizado. A especificação dos equipa-

mentos, seguindo critérios de otimização de custo/benefício, certamente produzirá um retorno conveniente para viabilizar um projeto de modernização do sistema.

A aplicação de combinações de sifões rotativos ou estacionários com barras de turbulência produz efeitos atraentes quanto à maximização da capacidade de secagem, da uniformidade de secagem e da economia de energia. A velocidade da máquina, que determina o comportamento do condensado no interior dos secadores, será o indicador principal para o tipo de combinação sifão/barra de turbulência.

Velocidades em que o condensado assume a condição de anel (*rimming*) abrem oportunidades para investimentos de pequeno montante (em sifões e barras de turbulência) e com retorno expressivo. Barras de turbulência utilizadas com sifões rotativos produzem de imediato o aumento da capacidade de secagem e redução no consumo de vapor quando a capacidade excede a demanda. Com sifões estacionários, o efeito poderá ser ainda maior, pois além dos benefícios de melhoria na transferência de calor, haverá diminuição do diferencial necessário para a drenagem (muito conveniente para sistemas do tipo “casca”), o que também atua na redução do consumo de energia.

A configuração final

Os arranjos apresentados nessa seção representam os conceitos básicos para se estabelecer uma configuração adequada para um Sistema de Vapor e Condensado. A exploração de cada um ou mesmo de uma combinação deles será a referência para a análise de um sistema existente e a recomendação de modificações para melhoria de desempenho.

Para a realização do estudo para um projeto novo ou para um projeto de mo-

demização, o enfoque deverá ser dividido em duas áreas:

- a área referente à produção da máquina, onde serão consideradas as pressões de vapor nos grupos de secadores, os ajustes necessários para obtenção da produção desejada e as curvas de secagem específicas para cada tipo (grade) de papel a ser produzido;
- e a área referente à qualidade do papel produzido, onde se considera os aspectos de condicionamento da folha mediante a distribuição de temperatura nos secadores, para evitar defeitos que provocam a desclassificação do papel produzido.

Para a primeira área, os arranjos e componentes estudados anteriormente serão aplicados. Adicionalmente, recursos disponibilizados pelo desenvolvimento da informatização e automação industriais poderão ser utilizados. A automatização do processo facilita a operação, à medida que elimina a necessidade de intervenção contínua dos operadores. Nos sistemas modernos, que utilizam esses recursos, as pressões nos secadores podem ser ajustadas automaticamente para acompanhar diferentes curvas de secagem e para controle da umidade final do papel. A capacidade de secagem é gerada de forma automática em função da demanda, produzindo resultados mais consistentes.

Para a segunda área de foco, devem ser consideradas as necessidades distintas para as diferentes estruturas (grades, gramaturas e composição) do papel produzido. Por exemplo, *Fine grades*, como os papéis para impressão e escrita, requerem um controle severo da temperatura nos primeiros secadores, em muitos casos, pressões de operação subatmosféricas. Exigem também uma estratégia específica para o controle de *curl*

(encanoamento da folha) na seção de pós-secagem (subseqüente à *size press*).

Linerboard e *Corrugating Medium*, menos sensíveis à temperatura inicial, podem utilizar pressões positivas nos primeiros secadores, porém, necessitam considerações próprias para cada configuração de máquina (prensas, *breaker stacks*, etc.).

Efeitos da Secagem na Qualidade do Papel

Muitos defeitos encontrados no papel podem ser minimizados ou mesmo eliminados por meio do controle do processo de secagem, o que poderá ser disponibilizado por meio da configuração do Sistema de Vapor e Condensado. A qualidade final poderá ser melhorada em relação aos seguintes defeitos mais comuns:

- *picking*: arrancamento de fibras da folha, em geral causado pelo excesso de temperatura nos cilindros secadores;
- *cockle*: encolhimento irregular e localizado da folha, também ligado à distribuição de temperatura nos cilindros secadores;
- *curl*: tendência de encanoamento da folha nos estágios de secagem posteriores à aplicação de revestimento superficial – amido ou tinta;
- *perfil de umidade*: pode ser deteriorado em função da seleção de sifões inadequados e das condições gerais de operação;
- *sobre-secagem*: resultante da tentativa de correção do perfil de umidade ou da falta de recursos de controle da pressão de vapor nos secadores.

Além dos pontos citados acima, o arranjo adequado promoverá ajuda extra na solução de outros problemas que causam perda de produção, tais como rugas e dobras (aspectos de qualidade), condicionamento do vapor para melhor transferência de calor (contro-

le da saturação e eliminação de ar e gases não-condensáveis) e controle sobre a inundação de secadores, que provocam não só sobrecarga e desgastes nos componentes de acionamento, como também perdas irrecuperáveis na eficiência da máquina.

Capacitação do Pessoal de Operação e Manutenção

Procedimentos próprios para a operação e a manutenção dos equipamentos de um Sistema de Vapor e Condensado foram aperfeiçoados, durante anos, para servirem como ferramentas para o trabalho de busca dos melhores resultados de eficiência operacional.

A monitoração operacional, o desenvolvimento de procedimentos de manutenção preventiva e de programas de capacitação do pessoal em conjunto transformam-se em meios positivos para melhoria na produtividade.

Capacitação de operadores, técnicos de manutenção e engenheiros de processo

O bom conhecimento dos equipamentos, dos parâmetros de projeto e das condições operacionais é imprescindível para o entendimento e a competência, para encontrar a causa de problemas e para a otimização operacional do Sistema de Vapor e Condensado. Engenheiros de processo, técnicos de manutenção e operadores treinados estarão capacitados a:

- considerar os aspectos de risco e as normas de segurança para a operação em diversas situações;
- discutir as funções básicas da seção de secagem, do Sistema de Vapor e Condensado e dos equipamentos individuais;
- compreender as estratégias de controle dos parâmetros de secagem;
- fazer o arranque do sistema ou dos componentes individuais;

- monitorar a operação e fazer os ajustes necessários para o melhor desempenho;
- reconhecer os problemas operacionais e tomar medidas corretivas;
- executar paradas normais e de emergência em situações críticas.

Conclusão

Em muitos casos, os Sistemas de Vapor e Condensado não são mantidos em níveis adequados de flexibilidade operacional e eficiência, frente ao programa de produção da máquina de papel, devido a modificações introduzidas na configuração da máquina ou mesmo no próprio sistema, sem o cuidado necessário ou respeito às melhores práticas de engenharia de projeto, resultando em perdas significativas de energia, de produtividade ou de qualidade do papel produzido.

A visão sistêmica em conjunto com uma investigação criteriosa e detalhada nas condições de projeto e operação certamente identificarão os fatores limitantes do desempenho total, os meios para corrigi-los e os potenciais para melhoria associados.

Os benefícios latentes, quando residentes nesses sistemas, convenientemente explorados por um profissional especializado, resultarão em vantagens técnico-econômicas importantes, quer seja na conservação de energia, no aumento da produtividade, da eficiência e na melhoria da qualidade, como também na racionalização de recursos, pois evita investimentos de capital desnecessários, já que aumentos da capacidade produtiva podem ser obtidos com pouco ou nenhum investimento na compra de equipamentos.

O desempenho ótimo dos Sistemas de Vapor e Condensado poderá ser alcançado a partir do estudo, conside-

ração e foco, principalmente, nos seguintes pontos:

- requisitos de processo associados às características construtivas da máquina;
- capacitação técnico-operacional do grupo responsável pela operação e manutenção do sistema;
- monitoramento adequado do desempenho do sistema.

Produtividade, Qualidade e Eficiência constituem os três parâmetros fundamentais de valor para os Sistemas de Vapor e Condensado otimizados:

- maximizam a produção e o tempo de operação da máquina, pela maximização da capacidade de secagem e da confiabilidade do sistema;
- permitem produção mais estável e maior consistência operacional;
- permitem o controle adequado dos fluxos de vapor, a eliminação de perdas por desbalanceamento, de inundação de secadores e quebras da folha. □

Referências bibliográficas

- 1) Hill, Kenneth C.; McEnroe, Kenneth L.; Timm, Gerald L. – “Dryer Drainage Systems Move Into The Fast Lane” – TAPPI Journal, Nov 1999.
- 2) Krumenacker R.; Deutsch P., Editors – “Steam and Condensate Systems for Paper Machines” – TAPPI PRESS, 1999.
- 3) Ali, Afzal - “Improving Dryer Performance” – TAPPI Journal, May 2000.
- 4) Huntoon, Charles R. – “Drying Effects on Quality – Papermaking and Coating” – Practical Aspects of Pressing and Drying – TAPPI, 1982.
- 5) Mendes, Afonso H. T. – “Spoiler Bars: Aplicações e Benefícios” – 23º Congresso Anual ABTCP, 1990.