



Aplicação de caixa de vapor em máquinas de papel

Introdução

Centenas de caixas de vapor foram instaladas no mundo inteiro em todo tipo de máquina de papel e celulose desde a década de 1940. As primeiras caixas de vapor foram instaladas sobre as caixas secas da mesa plana. A aplicação de vapor na mesa plana leva a vantagem da elevada remoção de água pelo rolo *couch* logo a seguir.

Na década de 1980, o incremento da resistência à temperatura dos rolos prensa permitiu a instalação de caixas de vapor em prensas de sucção e sobre caixas de sucção dos feltros.

Uma caixa de vapor adequadamente instalada e operada no extremo úmido da máquina é um dispositivo útil para ajudar os papeleiros a aumentar a produtividade da máquina de papel e também a qualidade do produto final, principalmente no que se refere ao perfil transversal de umidade. O aquecimento de 10 °C da folha proporciona, no mínimo, incremento de 1 % no teor seco.

Conteúdo

O objetivo principal da utilização de uma caixa de vapor no extremo úmido de uma máquina de papel é condensar na folha para elevar a temperatura da água e da fibra do papel. As vantagens de aquecer a folha na seção de prensas são:

- **Reduzir a viscosidade** – Quanto maior a temperatura, menor a viscosidade da água, facilitando remoção da água da folha pela prensa. Devido à curva da viscosidade de água ter maior inclinação nas temperaturas mais baixas, o aumento de temperatura da água de 30 para 50 °C tem três vezes mais efeito na viscosidade que o aquecimento de 70 para 90 °C, ver figura 1 abaixo. Portanto, o retorno de aplicar mais de uma caixa de vapor é reduzido. A redução da viscosidade devido ao aumento da temperatura pode resultar em mais de 5 pontos de incremento de teor seco da folha, ou o equivalente a 30% de economia de vapor/ incremento de produção.

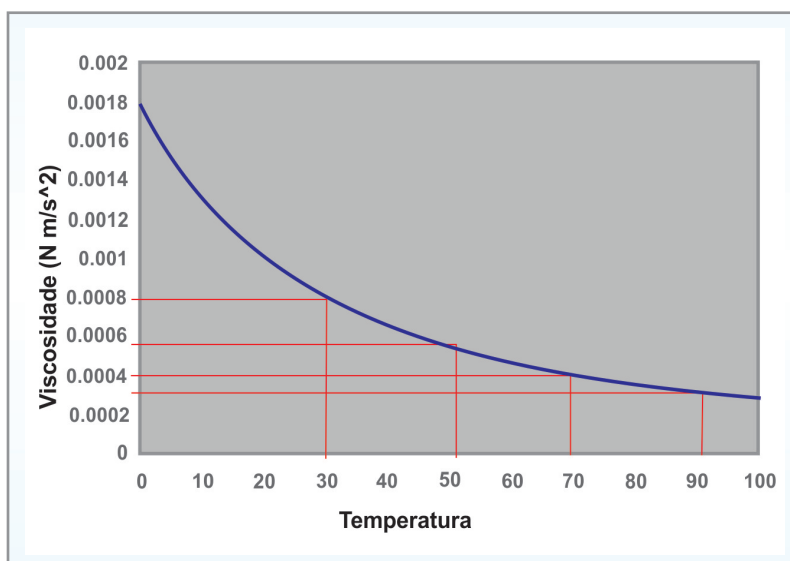


Figura 1: O aumento de temperatura da água de 30 para 50 °C tem três vezes mais efeito na viscosidade que o aquecimento de 70 para 90 °C. Quanto mais fria a folha melhor a transferência de calor da caixa de vapor.

- **Correção do perfil transversal de umidade** – A aplicação de vapor em setores no sentido transversal da máquina com uma caixa de vapor de correção de perfil irá melhorar em até 80% o perfil de umidade do papel. Uma caixa de vapor para correção do perfil de umidade é normalmente equipada com no mínimo a quantidade de zonas no sentido transversal que o número de fusos de ajuste do lábio da caixa de entrada.
- **Consolidação da folha** – O aumento da temperatura e do teor seco da folha resulta em sua maior densidade e resistência. Caso temperaturas muito elevadas sejam atingidas, as fibras na folha irão amaciar. No caso de utilização de uma prensa de sapata, grande efeito na qualidade do papel irá ocorrer.
- **Economia de vapor na secagem** – O envio de folha com maior teor seco para a seção de secagem irá requerer menos energia para obter-se o nível de umidade desejado do papel.
- **Melhor qualidade do papel** – O aquecimento da folha na seção de prensas pode reduzir a tendência de esmagamento da folha no *nip* da prensa, permitindo aplicação de maior carga. A folha ao entrar na seção de secagem com maior temperatura e teor seco permite que seja aplicado maior temperatura nos primeiros cilindros secadores, que é importante para as características da folha tal como formação de poeira e rugas.
- **Papel com maior densidade.**
- **Redução no consumo de energia.**

Dois tipos de caixa de vapor são disponíveis para o extremo úmido da máquina: caixa de vapor sem correção de perfil, chamada de pré-aquecedor, ou a caixa com correção de perfil equipada com compartimentos individuais no sentido transversal. Um pré-aquecedor bem projetado e operado aplica um fluxo uniforme de vapor no sentido longitudinal e transversal da máquina. Alguns projetos antigos de caixa de vapor e com manutenção deficiente aplicam vapor de maneira não controlada e podem ser prejudiciais para a eficiência da máquina e perfil de umidade do papel. Caixas de vapor com correção de perfil podem manualmente ou automaticamente controlar o fluxo de vapor aplicado transversalmente, influenciando desta maneira o perfil transversal de temperatura e umidade da folha. As considerações que o papeleiro deve ter ao selecionar o tipo e o projeto de uma caixa de vapor devem incluir:

- **Necessidade de umidade no sentido transversal uniforme ou *bulk*** – uma máquina que produz papel revestido requer maior controle transversal que uma máquina de celulose. Uma máquina com uma folha de baixíssima umidade entrando na prensa de cola não terá o benefício da correção de perfil da caixa de vapor.
- Necessidade de existir detectores de gramatura e umidade no extremo seco. Não é possível controlar o desconhecido.
- **Atitude dos operadores da máquina** – uma caixa de vapor não controlada pelo computador é tão boa quanto os operadores que a estão ajustando. Uma caixa de vapor mal mantida com atuadores inoperáveis pode ser mais prejudicial que benéfica.

Em qualquer tipo de caixa de vapor, para que a aplicação de vapor seja efetiva é necessário:

- Condensar o vapor na/ou dentro da folha para transferir seu calor latente.
- Selecionar o melhor local para a caixa de vapor.
- Operar corretamente a caixa de vapor.
- Avaliar/ analisar corretamente a caixa de vapor
- Manter corretamente a caixa de vapor.

Uma discussão resumida de cada um destes pontos a seguir:

- **Condensar o vapor sobre ou dentro da folha** – A folha deve ser suficientemente porosa para permitir que o vapor seja introduzido e condense dentro dela pelo vácuo localizado na

sua parte inferior. A condensação do vapor dentro da folha libera seu calor latente de 960 Btu/lb ou 540 Kcal/kg. Faixas úmidas na folha irão impedir a absorção de vapor, a transferência de calor e o aquecimento da folha no ponto onde é mais necessário. Este efeito irá amplificar o efeito da faixa úmida. A eficiência da caixa de vapor está relacionada à porosidade da folha, então a aplicação de elevados vácuos no início da formação da folha, causando sua selagem, e a adição de mais uma camada de fibras ao papel (*top wire*), podem reduzir significativamente a eficiência da caixa de vapor. Já foi amplamente divulgado que o uso de vapor superaquecido retarda sua velocidade de condensação desde que sua temperatura abaixe antes que possa condensar, havendo a possibilidade de que a condensação de transferência de calor venha a ocorrer no feltro ou na caixa de sucção abaixo da folha. Uma pequena quantidade da energia térmica será absorvida pela folha, e o feltro e o revestimento do rolo de sucção (quando utilizado) podem superaquecer. O vapor excessivamente superaquecido pode também ser prejudicial para os atuadores dos ajustes de temperatura de algumas caixas de vapor. Uma caixa de vapor alimentada com vapor superaquecido está menos propensa a gotas, o que é importante para máquinas que produzem papéis finos e também para aquelas que operam em climas frios. Sugere-se que o vapor utilizado tenha ao redor de 7 °C de superaquecimento e, quando tem-se disponível vapor superaquecido, é normal a instalação de um dessuperaquecedor para reduzir a temperatura do vapor. Isso é realizado pela pulverização de condensado na linha de vapor que evapora e absorve a energia térmica, reduzindo a temperatura do vapor. Equipamentos de qualidade e controles precisos são necessários para resultar nestas condições ideais.

Outra condição do vapor é aquela que ele contém elevada quantidade de condensado (vapor úmido) – isto é, a condensação parcial ocorreu antes da caixa de vapor, talvez devido ao mau revestimento térmico das tubulações, vapor úmido da fonte, purgadores de condensado com defeito, má operação do dessuperaquecedor ou instrumento de controle com problema. Se esta condição existe, gotas de condensado serão expelidas pela caixa de vapor e causarão furos na folha. Embora caixas de vapor bem projetadas possuam vários drenos de condensado para minimizar este problema, eles não podem absorver grandes quantidades de condensado devido a um fornecimento de vapor úmido. Fibras também podem entupir os drenos de condensado, então inspeções regulares da caixa de vapor são essenciais.

Toda a área de aplicação de vapor da caixa deve estar sobre uma fonte de vácuo para evitar que o excesso de vapor vá para o ambiente da máquina e para aumentar sua transferência para a folha. Na figura abaixo, veja o esquema da instalação de uma caixa de vapor.

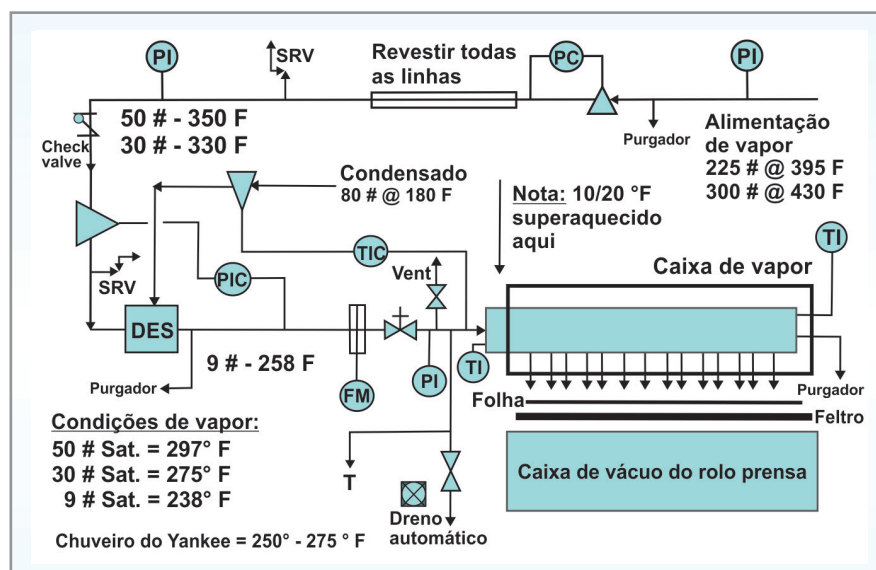


Figura 2: Esquema de caixa de vapor.

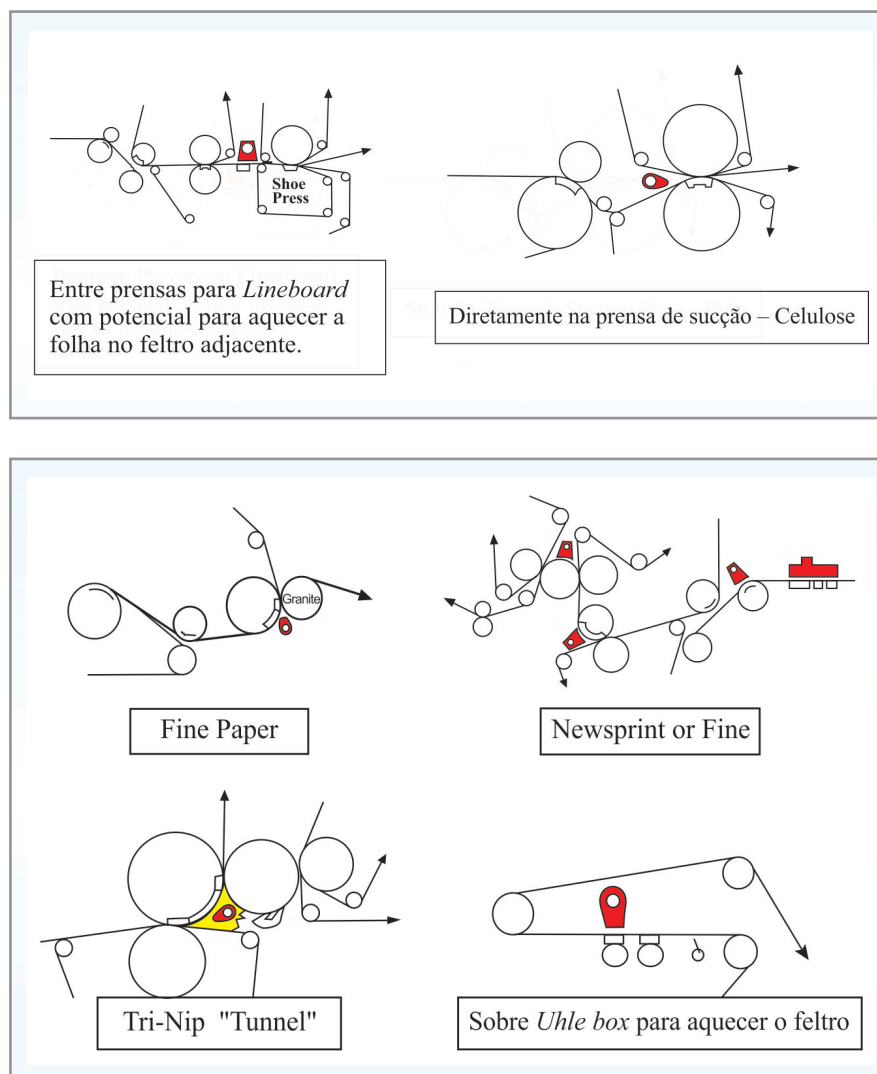
Selecionar o melhor local para a caixa de vapor – As considerações para selecionar o local mais apropriado para a caixa de vapor envolvem:

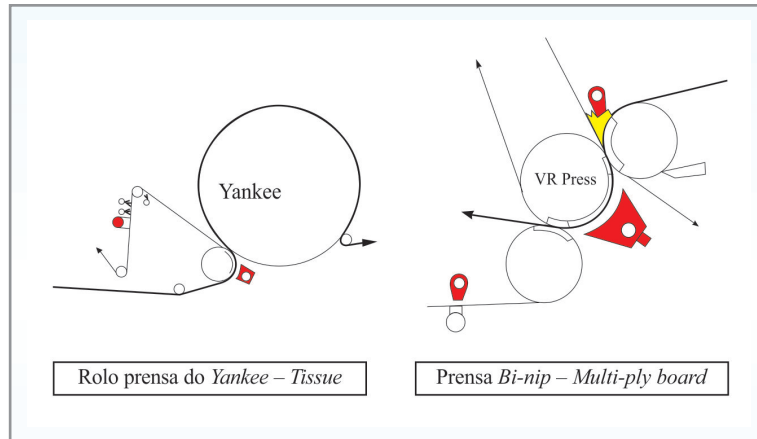
- Gramatura e características do papel produzido.
- Segurança da instalação e susceptibilidade dos equipamentos adjacentes tais como rolo, prensas e raspas para elevadas temperaturas.
- Limpeza e acessibilidade da área de instalação.
- Despesas de instalar e manter uma caixa de vapor.
- Equipamentos de desaguamento da folha disponíveis após a caixa de vapor.

Para a maioria dos papéis com gramatura acima de 80 g/m², a primeira opção é sobre o rolo *couch* ou a última caixa de sucção da mesa plana. Isso inclui mesa plana de celulose, cartão, papel para saco ou miolo. Para máquinas que produzem papéis mais leves, a caixa de vapor deve ser instalada na seção de prensas.

Uma consideração óbvia quando está se definindo um local para a caixa de vapor é verificar se ela não vai interferir com a eficiência da máquina ou com as rotinas de manutenção tais como as de trocas de rolos e de vestimentas. Um problema comum é o de respingo de fibras sobre a caixa de vapor durante limpezas, passagem de ponta ou operação.

Alguns pontos comuns, comprovadamente adequados para caixas de vapor para vários tipos de papéis são ilustrados a seguir.





Figuras 3 A, B e C: Posicionamento de caixas de vapor.

- Operar corretamente a caixa de vapor – Uma das mais importantes considerações para a operação da caixa de vapor é supri-la com um ótimo fluxo de vapor. Sistemas de fornecimento de vapor mal projetados ou operados normalmente resultam em baixa eficiência. O sistema de suprimento de vapor deve controlar o fluxo, a pressão e a temperatura do vapor. Deve haver um dispositivo para remover o condensado da alimentação de vapor durante o início ou a operação da caixa de vapor em um ponto logo na entrada da mesma. Dependendo da porosidade, teor seco e temperatura da folha entrando na caixa de vapor e nível de vácuo abaixo, as caixas de vapor para a mesa plana são projetadas para fornecer 0,12 a 0,30 kg vapor/kg de papel produzido com pressões de operação que variam de 0,3 a 0,7 Kg/cm². As caixas de vapor nas prensas utilizam a metade deste valor, pois o conteúdo de água a ser aquecido é significativamente menor. O espaço entre a superfície da folha e o fundo da caixa de vapor adequadamente operada deve ser perfeitamente transparente devido ao fato de ser preenchida por puro vapor invisível. Talvez o melhor critério para otimizar o fluxo de vapor para uma caixa de vapor é alimentá-la com a quantidade de vapor que a folha consiga absorver.

As variáveis que influenciam na quantidade de vapor que a folha irá absorver são:

- Sistema de vácuo abaixo da caixa de vapor e posicionamento da caixa de vapor sobre ele.
- Porosidade – o resultado de trabalho experimental indicou que a permeabilidade ao ar da folha é o fator determinante na eficiência de aquecimento da caixa de vapor, e que matéria-prima, refinação e gramatura não são fatores determinantes no controle do aquecimento da folha, mas sim porque alteram a sua permeabilidade. Veja a seguir um gráfico de teste realizado em laboratório no Institute of Paper Science and Technology, Atlanta, para três níveis de gramatura.

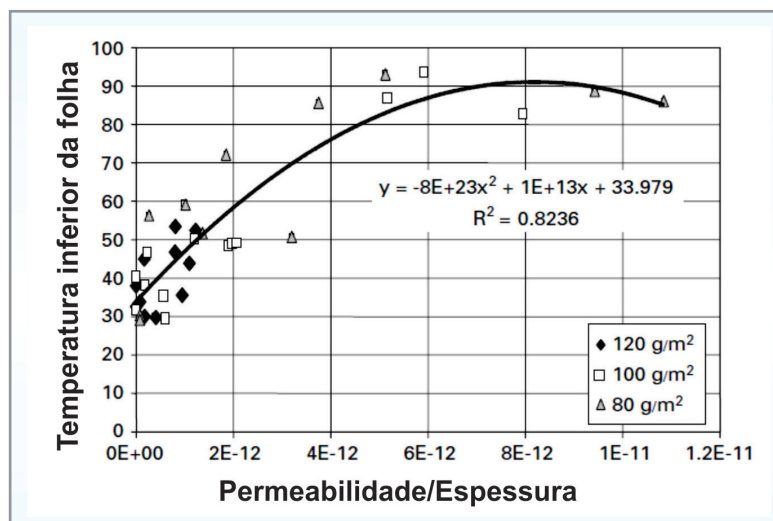


Gráfico 1: Temperatura inferior da folha x permeabilidade/espessura.

- Velocidade da máquina e comprimento no sentido máquina da caixa de vapor (tempo de permanência da folha sob a caixa).
- Posição da linha seca na mesa plana e a presença de faixas úmidas (caixa na mesa plana).
- Vácuo / fluxo de ar sob a folha – não existe estudo definitivo sobre o assunto. Para papéis de baixa gramatura é necessário pouco ou nada de vácuo. Para papéis de gramatura média ou elevada é necessário fluxo de ar através da folha para retirar o ar existente dentro dela e introduzir o vapor aplicado pela caixa.

O fundo da caixa de vapor deve ficar distante da folha ao redor de 1,5 cm ou menos. Posicionar a caixa de vapor mais próxima da folha reduz a quantidade de ar que o sistema de vácuo tem que absorver antes de o vapor entrar na folha.

Avaliar corretamente a caixa de vapor – alguns critérios úteis para avaliar o desempenho de uma caixa de vapor abrangem:

- Umidade do papel na enroladeira – ambas, do sentido transversal e longitudinal
- Consumo específico de vapor na secagem
- Umidade do feltro e avaliação de conteúdo de sólidos da folha
- Avaliações de temperatura

Umidade – o perfil transversal de umidade do papel na enroladeira é o resultado de uma série de variáveis, tais como perfil de gramatura seca da folha, características físicas do perfil transversal das vestimentas, perfis de desaguamento da folha na seção de formação, prensagem e evaporação na secagem. Muitas vezes quando a caixa de vapor possui recurso de correção do perfil de umidade do papel, esta é utilizada para corrigir algum problema ocorrido durante sua fabricação. Para que a caixa de vapor tenha maior eficiência no aquecimento da folha e incremento de produção o ideal é que a máquina não apresente em nenhuma seção problemas significativos de remoção de água da folha, ou seja, que a caixa de vapor consiga operar com todas as válvulas com abertura ao redor de 80%. Para a análise do perfil transversal de umidade do papel deve-se compará-lo juntamente com o perfil de gramatura seca e de abertura das válvulas da caixa de vapor. Caso outro tipo de correção de umidade do papel esteja sendo utilizada, como caixas de insuflamento de ar quente de ar nos bolsões dos cilindros secadores setorizadas ou aplicação de água no papel por meio de chuveiros no final da seção de secagem, estes também devem ser incorporados na análise. O resultado da caixa de vapor na eficiência da térmica da máquina deve ser analisado em termos de kg vapor consumido /kg de papel produzido.

Consumo de vapor na secagem – Uma caixa de vapor corretamente projetada, instalada e operada pode ser um economizador de energia removendo mais vapor da secagem do que consome, mas seu principal retorno financeiro vem do aumento da produção de máquinas limitadas por secagem e também da melhor qualidade do papel e eficiência de máquina. A magnitude do ganho aumenta com o incremento da gramatura, aumento da porosidade da folha e menor temperatura da matéria-prima. As caixas de vapor sempre economizarão vapor se alimentadas com vapor *flash* de baixa pressão que de outra maneira seria descarregado para a atmosfera.

Avaliação dos feltros e teor seco da folha – A influência que a caixa de vapor possui na remoção de água da seção de prensas pode ser medida por medidor de umidade de feltro manual. O volume e a temperatura da água removida pelas caixas de sucção e calhas também devem ser monitorados.

Avaliações de temperatura – Desde que a finalidade de uma caixa de vapor é aquecer a folha, as avaliações de temperatura são um meio lógico de determinar sua eficiência. A termografia de infravermelho é um método para avaliar o desempenho de uma caixa de vapor, especialmente se a câmera possui capacidade para avaliar os perfis transversais de temperatura. Câmeras equipadas com miras a laser são úteis para analisar pontos específicos no perfil transversal da máquina. Para obter-se o valor de temperatura real da folha o valor de emissividade a ser utilizado é de 0,95.

Sempre se deve tomar cuidado com a condensação na lente que irá prejudicar a leitura / imagem térmica e a presença de vapor no ambiente que também irá influenciar na leitura. Algumas vezes,

uma camada de vapor superaquecido irá acompanhar a folha após a caixa de vapor, sugerindo que a temperatura da folha está próxima de 100 °C. Pequenas variações de temperatura no sentido transversal podem ocorrer após uma caixa de vapor sem correção de perfil, embora a caixa aplique vapor uniformemente sobre a folha. Isso ocorre devido à folha apresentar variações de gramatura e umidade.

O perfil transversal de temperatura da folha após a caixa de vapor com controle de perfil deve corresponder ao perfil de abertura das válvulas da caixa de vapor. É comum haver problemas com as válvulas, indicando que estão abertas no computador quando na realidade estão fechadas ou vice-versa, com prejuízo para o perfil de umidade do papel e para a eficiência da máquina.

Mantenha corretamente a caixa de vapor – O fornecedor do equipamento é a melhor fonte de informação sobre a manutenção e os reparos na caixa de vapor.

Conclusão

A caixa de vapor para aquecimento da folha na seção de formação e prensagem resulta em economia líquida de vapor. A quantidade de vapor que é aplicada na caixa é menor que a quantidade economizada na seção de secagem, mas este não é o objetivo principal da instalação de uma caixa de vapor, mas sim o incremento da qualidade do papel resultante de sua maior densidade, melhor perfil transversal de umidade quando aplicada a uma caixa com recurso para correção de perfil e incremento de produção em máquinas limitadas por secagem e pela melhor eficiência operacional da máquina resultante do melhor perfil de umidade e da maior resistência da folha na seção de prensagem e secagem.

Perfil do autor:

Júlio César Gerytch é formado em Engenharia Química pela Universidade Federal do Paraná (UFPR). Iniciou suas atividades em julho de 1975 na Klabin Papéis, em Telêmaco Borba, onde exerceu os cargos de Chefe do Laboratório de Pesquisas Técnicas e da Máquina de Papel 7. Na Albany International, iniciou suas atividades em julho de 1989, atuando principalmente nas áreas de prensagem e secagem do papel. Atualmente exerce o cargo de Consultor Técnico.