

SISTEMA DE VÁCUO NA SEÇÃO DE FORMAÇÃO DA FOLHA DE PAPEL

Autores*: Cesar de Araujo Góss Filho¹
Gustavo André Leitis²

INTRODUÇÃO

A seção de formação da folha de uma máquina de papel é onde aproximadamente 95% da água é removida. Essa remoção deve ser feita de uma forma gradual, para minimizar a perda de sólidos, manter boa eficiência de operação e drenagem, obter uma folha com características de qualidade dentro dos parâmetros requeridos e entregar a folha para a seção de prensagem com o maior teor de sólidos possível.

Grande parte da água é removida de forma natural, mas, para se obter uma folha com o teor seco necessário para a seção de formação, é essencial a utilização de um sistema de vácuo composto por tubulações, separadores, vários tipos de elementos de drenagem e geradores de vácuo.

As bombas de vácuo consomem em torno de 17% do total da energia elétrica utilizada numa máquina de papel, sendo cerca de um terço consumido na seção de formação. O sistema de vácuo é muito importante, por isso é de extrema importância projetar e operar este sistema de modo a obter o máximo de eficiência.

Mesmo considerando o relativo alto consumo de energia elétrica pelas bombas de vácuo, é muito mais econômico remover a água da folha na seção de formação.

Este artigo tem como objetivo expor de forma geral os elementos que compõem o sistema de vácuo, tendo como parâmetro as seções de formação do tipo *Fourdrinier*, podendo-se fazer equivalência dos elementos citados aqui com outros utilizados em diferentes tipos de formadores.

1. GERADORES DE VÁCUO

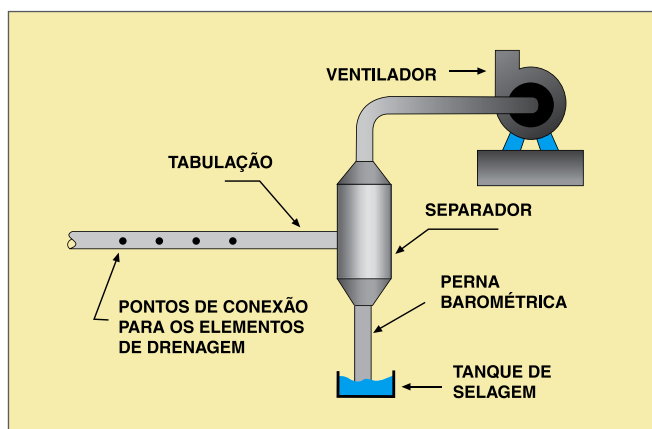
Dentro desse universo temos vários elementos geradores de vácuo. Segue abaixo a descrição dos mais utilizados em máquinas de papel.

1.1 - Ventiladores

São equipamentos que movimentam grandes volumes de ar com baixos níveis de vácuo, operam com baixo consumo de energia e possuem baixo custo de aquisição.

Geram vácuo máximo de 1,5 mca, e são empregados nos primeiros elementos da mesa de formação (caixas de baixo vácuo e *vacuum foils*). Necessitam também de um bom sistema de separação de água para não prejudicar a operação do equipamento aspirante.

SISTEMA DE VÁCUO COM VENTILADOR



1.2 - Exaustor centrífugo

O exaustor centrífugo é composto por diversos rotores operando com relativa alta rotação. Tem o mesmo princípio de funcionamento das bombas centrífugas, porém operando com ar ao invés de água. É uma unidade que opera com fluxo variável e nível constante de vácuo, independente dos níveis de

Referências dos autores:

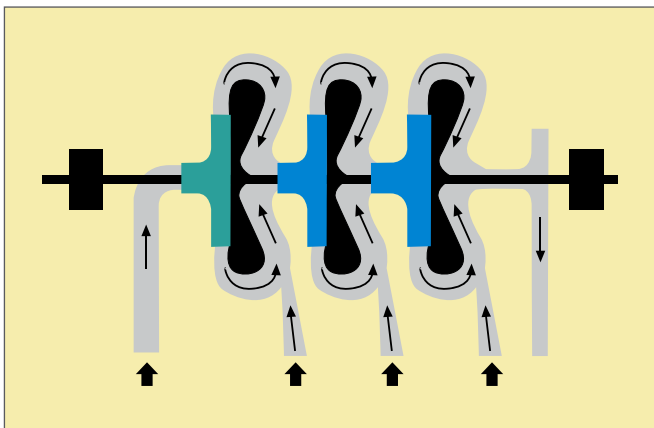
1. Graduado em Engenharia Mecânica pela UFSC, com curso de especialização em Celulose e Papel pelo IPT. Pós graduação em Marketing pela FURB/INPG. Iniciou atividades em 1979 na Klabin do Paraná na área de Produção e em 1984 iniciou na PISA, onde participou do startup da Máquina de Papel. Na Albany, iniciou em 1984 como Engenheiro de Serviços na área de prensagem e atualmente exerce a função de Coordenador de Produtos-Telas Formadoras. E-mail: cesar.goss@albint.com
2. Formado em Engenharia Mecânica pela Universidade Estadual de Santa Catarina (UDESC – Joinville/SC). Iniciou suas atividades em 2004 na Albany International como Trainee e atualmente exerce a função de Engenheiro de Serviços na área de Formação. E-mail: gustavo.leitis@albint.com

Autor correspondente: Cesar de Araujo Góss Filho – E-mail: cesar.goss@albint.com

resistência ao fluxo. Por isso tem como característica certa dificuldade de controle entre elementos que devem operar com diferentes níveis de vácuo.

Tiveram maior utilização no passado, em máquinas com poucas mudanças nos tipos de papéis produzidos e menores exigências quanto às eficiências no sistema de vácuo. Tem como vantagem a economia de energia, se considerado que um equipamento deste tipo poderia substituir várias bombas de vácuo em uma máquina de papel.

EXAUSTOR CENTRÍFUGO DE MÚLTIPLOS ESTÁGIOS



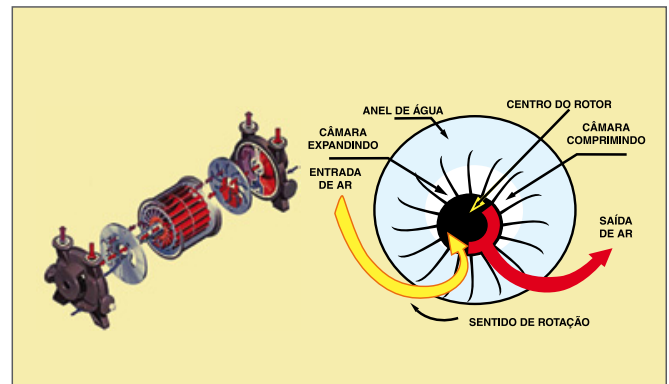
1.3 - Bombas de anel líquido

São as mais utilizadas e preferidas. Elas operam com volume constante, e o nível de vácuo pode ser ajustado pela resistência ao fluxo gerado pelos elementos de drenagem e/ou válvulas de controle.

Bombas de vácuo de anel líquido operam com água na câmara de bombeamento, onde o movimento de rotação do rotor e a ação da força centrífuga fazem com que o líquido de selagem tome a forma de um anel semelhante ao formato da configuração interna do corpo da bomba. O anel líquido é responsável pelos processos de aspiração e compressão dos gases ou vapores, agindo como um pistão líquido que se movimenta dentro das células formadas por pares de palhetas consecutivas do rotor. As palhetas fixas do rotor formam câmaras que são preenchidas pelos gases e vapores aspirados, a seguir comprimidos após o líquido de selagem ocupar essas câmaras devido à excentricidade da configuração e ação da força centrífuga gerada pela rotação do rotor. O líquido de selagem é continuamente repostado e descarregado pela porta de descarga juntamente com os gases ou vapores após o processo de sua compressão.

Uma importante característica deste tipo de bomba é o fato de possuir um ganho extra de eficiência por via de condensação interna gerada pelo contato do vapor (ar quente) aspirado da máquina de papel com a água fresca utilizada na selagem do sistema.

BOMBA DE ANEL LÍQUIDO



Água de selagem

É a água utilizada para vedar as aberturas entre o rotor e o cabeçote de comando, além de remover as fibras arrastadas na aspiração. Para bom funcionamento da bomba é necessária a boa manutenção das gaxetas do eixo.

O circuito do sistema de água de selagem da bomba pode ser aberto, fechado (com bombeamento, filtragem, controle químico, refrigeração e reposição) ou em cascata (indo das bombas de alto vácuo para as bombas aplicadas em baixo vácuo).

É importante salientar que esta água deve ser fresca, com pH neutro, sem partículas abrasivas, com temperatura não excedendo os 30°C, pois quanto maior este valor maior será a pressão que os vapores exercerão na câmara, diminuindo o espaço destinado ao ar. Portanto, quanto menor a temperatura maior a eficiência da bomba.

2. ELEMENTOS DE DRENAGEM COM VÁCUO NA SEÇÃO DE FORMAÇÃO

2.1 - Caixas de baixo vácuo

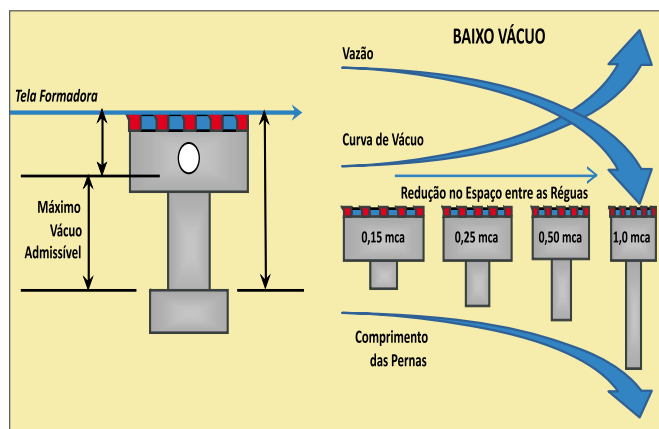
São caixas localizadas no início da seção de formação, geralmente logo após os elementos chamados de *hydrofoils*, que promovem drenagem através de vácuo gerado unicamente pela inclinação das lâminas.

As caixas de baixo vácuo podem ser do tipo *vacuum foil*, normalmente com pernas barométricas que geram vácuo naturalmente, e necessitando de uma fonte de vácuo apenas como auxiliar, geralmente ventiladores de alta vazão e baixo diferencial de pressão. É comum operarem com níveis de vácuo abaixo de 1,0 mca em sua atuação como controladores de drenagem em folhas com consistências acima de 1,0%.

Esses tipos de caixas podem possuir diferentes características, como mais de uma zona de sucção, lâminas com e/ou sem ângulos, alturas diferentes entre lâminas, entre mais variáveis, sempre visando melhorar a eficiência de drenagem ou aumentar a atividade na mesa para melhor formação da folha.

Em máquinas com mais de uma *vacuum foil*, os níveis de vácuo devem ser escalonados em forma crescente, com pernas barométricas de selagem também com alturas crescentes, podendo desse modo elevar o nível de consistência da folha a valores próximos a 10%, dependendo de vários fatores, como seriam: o tipo de papel, a matéria-prima ou a configuração da mesa de formação.

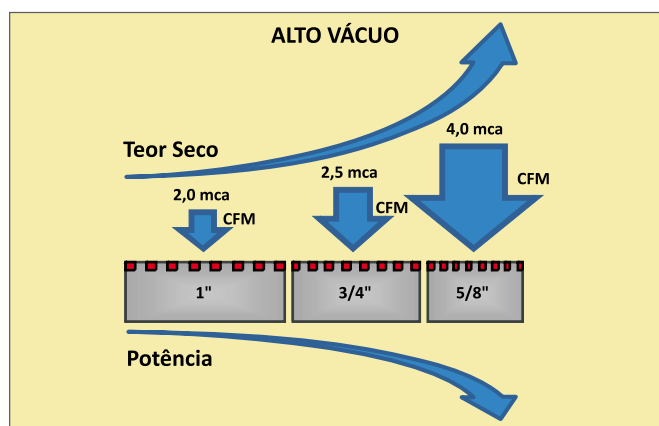
Ver a ilustração de esquema mostrando o nível máximo de vácuo aplicável em caixa de vácuo, e um exemplo de bom esquema de baixo vácuo mostrando quatro elementos de drenagem com as tendências das curvas de níveis de vácuo, vazões de remoção de água, tamanhos das pernas barométricas e espaçamento entre régulas.



2.2 - Caixas de sucção

Suas coberturas podem ter furos cilíndricos ou ranhuras, sendo fabricadas com polietileno de alta densidade ou com cerâmica de várias composições, como óxido de alumínio ou carbeto de silício dependendo do grau de qualidade desejado. Para uma operação com melhor eficiência desta seção de desaguamento, sugere-se que o nível de vácuo aumente gradativamente da parte mais úmida para a parte mais seca da mesa plana. Da mesma forma, as larguras das ranhuras devem diminuir gradativamente conforme se avança em direção ao final da mesa de formação.

Veja a ilustração de experiência realizada em caixas de alto vácuo, onde são obtidos diferentes teores secos para diferentes curvas de



NÍVEL DE VÁCUO vs. TEOR SECO

Nível de Vácuo (mca)				Teor Seco (%)	
Caixa 1	Caixa 2	Caixa 3	Caixa 4	A. Couch	D. Couch
1,31	1,59	2,31	2,9	14,9	17,3
0,48	1,66	2,49	3,45	14,7	19
0,52	1,8	2,94	3,94	18	20,4
1,04	1,66	2,42	3,66	16,4	19,6
0,48	1,66	2,83	3,59	16,9	20,2

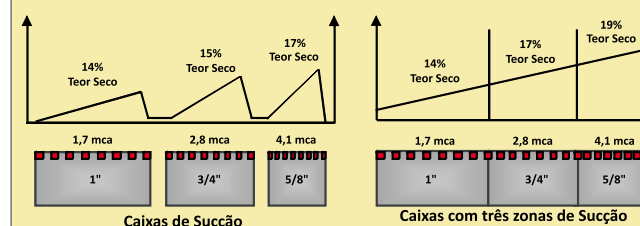
Experiência com papel 101 g/m² @ 726 m/min (editada pela TAPPI).

vácuo aplicado, e um esquema com tendências ideais de níveis de vácuo, larguras de fendas e teores secos da folha.

Com o objetivo de melhorar a eficiência de drenagem, estas caixas podem possuir duas ou três zonas de sucção.

Veja também ilustração de exemplo comparando eficiências quanto aos teores secos da folha entre 3 caixas de sucção separadas e uma caixa com 3 zonas de sucção, com os mesmos níveis de vácuo aplicados e as mesmas larguras de fendas.

EFICIÊNCIAS DE 3 CAIXAS DE SUÇÃO vs. CAIXAS COM TRÊS ZONAS DE SUÇÃO - TRIVAC

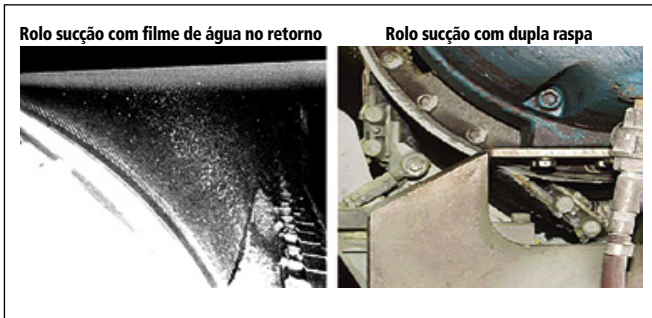


2.3 - Rolo sucção da tela – rolo couch

Este elemento é composto por uma camisa metálica perfurada - que pode ser revestida - e uma caixa interna de sucção com uma ou duas zonas de vácuo. A condição ideal é que para este elemento haja uma bomba de vácuo de uso exclusivo, pois quanto maior o nível de vácuo aplicado maior será sua eficiência. Além disso, é o elemento que opera com os mais altos níveis de vácuo na seção de formação. A vantagem deste elemento é a possibilidade de aplicar alto vácuo sem provocar desgaste na tela formadora. Por outro lado, este componente tem como dificuldade principal a perda de energia utilizada para remover o ar e a água - esta adicionada por chuveiros de lubrificação interna e de limpeza dos orifícios da camisa do rolo -, para então começar a remover a água retirada da folha.

Também existe consumo de energia para vencer a força centrífuga, que aumenta à medida que aumenta a velocidade. Outro cuidado a tomar é com o reumedecimento da folha provocado pelo retorno de água para a folha por via de filme que se forma sobre a superfície do rolo, mas que pode ser reduzido mediante instalação de uma ou duas raspas.

Utilizado em conjunto com o rolo *lumpbreaker* (com diâmetro e dureza adequados) pode aumentar consideravelmente a eficiência de drenagem, com ganhos de até 4,0% no teor seco da folha.



3. DIMENSIONAMENTO

Para um bom e correto dimensionamento do sistema de vácuo, deve-se levar em consideração alguns pré-requisitos básicos como:

- matéria-prima;
- tipo de papel e gramatura;
- velocidade e largura da máquina;
- configuração da máquina.

O dimensionamento das necessidades de vazões e níveis de vácuo dos elementos de drenagem pode ser feito utilizando-se fatores empíricos, que são vazões por unidade de área onde o vácuo será aplicado.

A capacidade de vácuo instalada deve ser conforme a necessidade, considerando que bons sistemas de vácuo operam com eficiências entre 85% e 90%. É importante não esquecer uma regra: zonas de baixo vácuo devem ser independentes das zonas de alto vácuo, para evitar perdas de eficiência das bombas.

A TAPPI possui uma norma que orienta o dimensionamento do sistema de vácuo. Não é uma regra geral, pois pode variar conforme os tipos de papéis, configurações de máquina e matérias-primas.

Abaixo, exemplo de dois casos de dimensionamento: TAPPI (TIP 0502-01 – Revisão 2002).

DIMENSIONAMENTO DE SISTEMA DE VÁCUO

PAPEL DE IMPRIMIR & ESCREVER - até 900 m/min			
Elemento	Nº de Elementos	Fator	Nível de Vácuo
Baixo Vácuo	4	1,5 CFM/in de largura	26" H ₂ O
Baixo Vácuo	2	3,5 CFM/in de largura	38" H ₂ O
Alto Vácuo	2	4 CFM/in de largura	10" Hg
Alto Vácuo	3	11 CFM/in de largura	10" Hg
Rolo Sucção	1ª zona	3 CFM/in ² de área	10" Hg
Rolo Sucção	2ª zona	8,5 CFM/in ² de área	20" Hg

PAPEL KRAFT - até 750 m/min			
Elemento	Nº de Elementos	Fator	Nível de Vácuo
Baixo Vácuo	3	1,5 CFM/in de largura	38" H ₂ O
Baixo Vácuo	2	1,5 CFM/in de largura	38" H ₂ O
Baixo Vácuo	1	3,5 CFM/in de largura	54" H ₂ O
Alto Vácuo	2	22 CFM/in de largura	10" Hg
Alto Vácuo	4	42 CFM/in de largura	15" Hg
Rolo Sucção	1 zona	7 CFM/in ² de área	20" Hg

Nota: CFM/in = Pés cúbicos por minuto por polegada linear
 CFM/in² = Pés cúbicos por minuto por polegada quadrada

4. TUBULAÇÃO DE SISTEMA DE VÁCUO

O diâmetro nominal das tomadas das bombas não determina o diâmetro das respectivas tubulações, contudo, vale ressaltar que as tubulações nunca poderão ter diâmetro menor que suas respectivas tomadas.

Para dimensionar corretamente as linhas de vácuo deve-se ter como objetivo minimizar as perdas de carga entre o elemento de drenagem e a fonte de vácuo. Para isso deve-se escolher o diâmetro ideal, reduzir as distâncias e reduzir os números de curvas e válvulas.

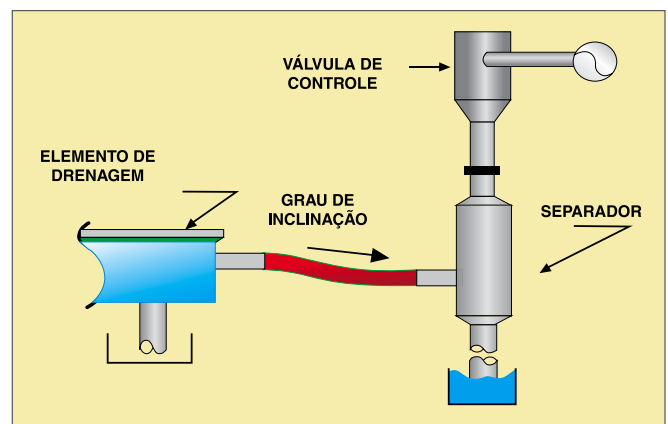
O diâmetro da tubulação depende do fluxo previsto. Deve ser escolhido de modo a estimar velocidade de ar seco em torno de 1670 m/min ou em torno de 910 m/min no caso de mistura de ar com água.

O comprimento da tubulação entre o elemento e o tanque de selagem deve ser no mínimo correspondente ao nível de vácuo dimensionado. Por exemplo: para cada 1mca de vácuo no elemento será necessário, no mínimo, 1m de desnível até o tanque.

5. SEPARADORES DE ÁGUA

Os separadores são tanques destinados a separar meios líquidos de gasosos através do efeito da gravidade. Em sua maioria são vasos verticais, nos quais a descarga de água se processa por meio de uma coluna barométrica mergulhada num tanque de selagem.

ESQUEMA DE SEPARADOR DE ÁGUA



Um separador se faz necessário quando o volume de água exceder a capacidade que a bomba tem para bombeá-lo, quando se planeja recircular a água de selagem em um circuito fechado e quando uma tubulação apresentar uma ascensão, evitando assim pontos com acúmulos de água. Vale mencionar que as caixas de sucção precisam de separadores individuais.

Naturalmente, a separação barométrica requer altura (desnível) entre os separadores e o tanque de selagem das colunas.

6. POSSÍVEIS PROBLEMAS EM SISTEMA DE VÁCUO

PROBLEMAS	POSSÍVEIS CAUSAS
Bomba não produz vácuo	Bomba de vácuo com rotação invertida
	Baixo fluxo e/ou alta temperatura da água de selagem
	Sucção fechada
	Saída pressurizada
Vácuo insuficiente	Fluxo e/ou temperatura da água de selagem fora dos parâmetros
	Fluxo de água de serviço fora dos parâmetros
	Rotação baixa da bomba
	Entrada de ar falso na bomba (gaxeta)
	Linhas de sucção obstruídas ou com entrada de ar falso
	Problemas no separador
	Dimensionamento incorreto
Motor da bomba de vácuo com alta amperagem	Vácuo acima do recomendado
	Alto fluxo e/ou elevada temperatura da água de selagem
	Saída pressurizada
	Rotação elevada da bomba

CONCLUSÃO

Devido aos fatores ambientais e econômicos, a cada dia se torna mais importante que sistemas e equipamentos operem com eficiência máxima quanto ao consumo de energia. Se considerarmos que o sistema de vácuo é um importante consumidor de energia elétrica, e que influencia significativamente o consumo de energia térmica em forma de vapor na seção de secagem, é essencial um sistema operando com o máximo rendimento. Para isso, deve haver cuidados especiais desde o projeto, dimensionando o vácuo necessário para otimizar a drenagem e a formação da folha, operar corretamente o sistema aplicando curvas de vácuo apropriadas e manter o sistema todo em boas condições, com programas adequados de manutenção. ■

REFERÊNCIAS

1. TAPPI NOTES - *Wet End Operation Seminar*
2. Ferme, Agnaldo - *Sistema de Vácuo para Máquina de Papel*
3. Silva, Wilson - *Sistema de Vácuo na Indústria do Papel*



46^o

CONGRESSO
E EXPOSIÇÃO
INTERNACIONAL
DE CELULOSE E
PAPEL

OPÇÕES DE PATROCÍNIO ABTCP 2013

DIVULGUE SUA EMPRESA NO MAIOR ENCONTRO LATINO AMERICANO DO SETOR

Conheça as diferentes opções de mídia que a ABTCP oferece para sua empresa.

São espaços privilegiados, contemplados em pacotes de patrocínio com ótimo custo benefício.



ABTCP 2013

46^o CONGRESSO E EXPOSIÇÃO
INTERNACIONAL DE CELULOSE E PAPEL

46th PULP AND PAPER INTERNATIONAL CONGRESS & EXHIBITION

ENTRE EM CONTATO CONOSCO

Tel.(11) 3874-2720 / marcio@abtcp.org.br

Tel.(11) 3874-2733 / gomes@abtcp.org.br

Realização
Arranged by



Correalização
Co-sponsor

