



# CONSUMO DE ENERGIA NA FORMAÇÃO DA FOLHA

## Energia

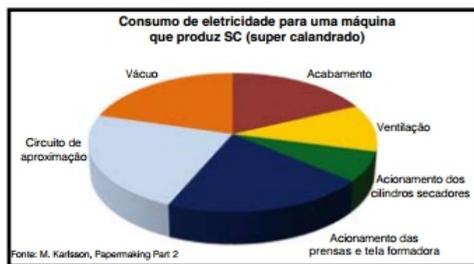
A energia pode ser definida de várias formas. A definição mais simples de energia é o potencial para executar trabalho ou realizar uma ação, ou seja, tudo o que pode ser transformado em calor, trabalho mecânico (movimento) ou luz. Térmica, mecânica, elétrica e química são formas de energia que podem ser transformadas de uma para outra.

Na máquina de papel a energia pode ser representada em duas grandes formas: térmica e elétrica. A influência das vestimentas no processo de fabricação do papel e a interação nas diversas seções da máquina produzem fortes impactos no consumo de energia e, conseqüentemente, enormes oportunidades de ganhos financeiros.

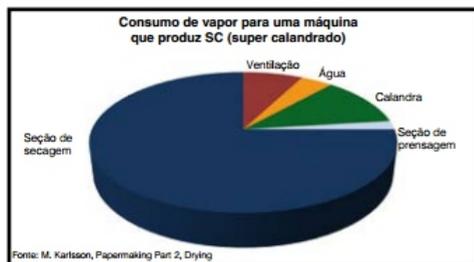
A chave para uma consistente operação com baixo custo de energia é o monitoramento de cada seção da máquina utilizando parâmetros operacionais e reconhecendo potenciais de ganhos.

Cada tipo de papel e configuração de máquina tem um consumo específico de energia, que pode ser dividido pelas seções da máquina, por exemplo;

## Elétrica



## Térmica (vapor)



A seção de formação é fundamental para a qualidade do produto final e tem influência no consumo de energia em todo o processo. Fica difícil particularizar um ganho de energia na formação, sem ter influência direta ou indireta no restante da máquina, por exemplo:

Uma folha com melhor teor seco após o rolo *couch*, melhor uniformidade e melhor perfil reduz significativamente o consumo de energia na secagem. Telas formadoras com baixo volume vazio, alto suporte de fibras e estruturas abertas proporcionam melhores teores secos após o *couch*, através da melhor formação, com conseqüente redução no consumo de energia na refinação e vácuo, facilitando, assim, o processo de remoção de água na prensagem e secagem.

Construções de telas com alta estabilidade dimensional (MD e CD) trabalham sem ondulações e melhoram o perfil de umidade da folha, que tem reflexos, além da qualidade, no consumo de energia na prensagem (otimização da distribuição de pressão hidráulica) e principalmente na secagem da máquina.

Freqüentemente, o consumo de energia elétrica de acionamento da seção de formação não é relacionado com o consumo de energia total da máquina, a menos que esteja causando perda de eficiência operacional como quebras, redução de velocidade e qualidade. Porém, se estudado com mais profundidade, uma enorme fonte de informações para a excelência operacional poderá ser obtida.

Este trabalho está focado no consumo de energia na seção de formação e apresenta formas práticas de mensurar o consumo de energia de acionamento desta seção (elétrica).

## 1 - Consumo Específico de Energia (do inglês SPC - Specific Power Consumption)

O consumo específico de energia é influenciado pelo:

- Tipo de formador;
- Tipo de papel e matéria-prima;
- Condições de trabalho (níveis de vácuo, tensões, consistências, refino, estilos de telas, etc.);
- Tipos de superfícies de contato (cerâmica, polietileno, materiais das telas formadoras, estilos de telas, etc.)

O estudo do SPC proporciona visualizar se a máquina opera em condições normais de carga de acionamento (*drag load*), se existem condições para o patinamento da tela formadora, se formará ondulações na tela formadora (perfil de umidade da folha) e compara desempenhos operacionais de uma mesma máquina com máquinas similares.

Em resumo, é uma excelente ferramenta para avaliar as condições operacionais da máquina com a tela formadora.

O cálculo do SPC é realizado através da seguinte fórmula;

$$SPC = \frac{\text{Potência total de acionamento da tela (Kw)}}{\text{Largura da tela (m)} \times \frac{\text{Velocidade da tela (m/min)}}{100}}$$

$$SPC = (\text{kW} / \text{m} / 100\text{m/min})$$

Exemplo:

PT= 243 kW

Largura da tela = 9,04m

Velocidade da tela = 640 m/min

$$SPC = 4,2 \text{ kW} / \text{m} / 100\text{m/min}$$

Para calcular a potência total de acionamento da tela (kW) é importante verificar se o motor de acionamento é de corrente contínua ou alternada.

## 2 - Cálculo da carga de acionamento da tela (*drag load*).

### 2.1 *Drag load* transmitido do motor para a tela.

$$\text{Drag load} = \text{SPC (KW/m} / 100\text{m/min)} \times 0,6 \rightarrow (\text{kN/m})$$

Definições:

J (joule) = N.m

kW = kJ/s

Logo kW = kN.m/s

$$\text{Drag load} = \frac{\text{kN} \times \text{m} \times \text{min} \times 60 \text{ s}}{\text{s} \times \text{m} \times 100 \text{ m.min}} = \text{SPC} \times 0,6 (\text{kN/m})$$

ou



$$\text{Drag load} = T - t (\text{kN/m})$$

Exemplo:

$$SPC = 4,2 \text{ kW} / \text{m} / 100\text{m/min}$$

$$\text{Drag load} = \text{SPC} \times 0,6 = 2,5 \text{ kN/m} = \Delta (T-t)$$

### 2.2 *Drag load* transmitido do rolo acionador para a tela (*possível*).

$$DL = T - t (e^{\mu} - 1)$$

DL= Possível *drag load* transmitido do rolo acionador

T = Tensão antes do rolo acionador (kN/m)

t = Tensão depois do rolo acionador (kN/m)

$\alpha$  = Ângulo de abraçamento da tela formadora (rad)

$\mu$  = Coeficiente de atrito

e = 2,302585

Alguns coeficientes de atrito ( $\mu$ ) com telas formadoras sintéticas:

Rolos metálicos	0,16
Borracha 0 - 2 P& J	0,20
Borracha 10 -15 P&J	0,25
Borrachas especiais 15 -18 P&J	0,30 – 0,40

Se o *drag load* transmitido pelo motor (2.1) for igual ou maior do que o *drag load* transmitido pelo rolo (2.2), existe uma condição para **patinamento!**

Como isto pode ser resolvido:

- Aumentar a tensão da tela;
- Alterar a distribuição de potência de acionamento;
- Alterar a superfície do rolo acionador;
- Aumentar o ângulo de abraçamento (circuito da tela);
- A combinação dos itens acima.

Veja nas tabelas alguns valores medidos no campo para ilustração:

## 1 - Papéis para imprimir e escrever

Tipo de formador	Tipo de papel	Largura da tela (m)	Velocidade da tela (m/min)	Gramatura (g/m <sup>2</sup> )	Posição	SPC [kW/m <sup>2</sup> / 100m/min]	Drag load [kW/m]			
Duoformer D	Base	7,66	740	80	total	11,0				
					inferior	8,7	5,2			
					superior	2,3				
Foundrinier	Reprográfico	3,95	604	80		7,6	4,6			
					Base	4,59	434	70	8,4	5,0
					P & W	3,5	512	60	5,9	3,5
Duoformer D	Base	5,4	562	75	total	12,5				
					inferior	9,2	5,5			
					superior	3,33	2,0			
Duoformer D	P&W	4,05	760	70	total	10,0				
					inferior	7,2	4,3			
					superior	2,8	1,7			
Foundrinier	Base	4,45	770	90		9,5	5,7			
HC B. Bond	Base		810	80	total	14,7	8,8			
					inferior	10,8	6,5			
					superior	3,9	2,3			

## 2 - Liner, miolo e cartão

Tipo de formador	Tipo de papel	Largura da tela (m)	Velocidade da tela (m/min)	Gramatura (g/m <sup>2</sup> )	Posição	SPC [kW/m/100m/min]	Drag load [kW/m]
Bel Bond	Liner	5,2	453	200	total	19,3	
					inferior	3,7	2,2
					superior	15,6	9,4
Bel Bond	Liner	5,4	754	106	total	18,5	
					superior	4,6	2,8
					inferior	13,9	8,3
Multi wires	Cartão	3,7	100	180	inferior	19,3	11,6
Fourdrinier	Kraft	7,4	703	70		13,6	8,2
Fourdrinier	Miolo	4,9	418	112		14,6	8,8
Fourdrinier	Miolo	3,5	560	120		24,0	14,4
3 Fourdrinier	Cartão	4,2	224	333	total	19,0	
					superior	5,2	3,1
					miolo	7,3	4,4
					inferior	6,5	3,9

### Conclusão

O conhecimento do SPC é uma excelente ferramenta que quando utilizada com as curvas de drenagem (histórico da máquina) possibilita prever e ajudar os fabricantes de papel a reduzir o consumo de energia, o desgaste das telas formadoras, o entendimento operacional da mesa, enfim, na busca de uma melhor eficiência global da máquina.

### Perfil do autor:

**José Erothides M. Villas Boas** é formado em Engenharia Química pela UNICAMP, com Pós-Graduação em Celulose e Papel pela USP/FDTE, Gerenciamento de Marketing pela FURB/INPG e Gestão Estratégica pela UNICAMP. Iniciou suas atividades na Ripasa Celulose e Papel em 1984 e na Albany em 1989. Atualmente é Coordenador de Aplicação Técnica - Formação e Secagem.