



Eficiência Energética na seção de secagem – Projeto MA1100

1. A remoção de água da folha
2. Escala de retornos na otimização do processo de secagem
3. Sistema de vapor e condensado: caracterização de oportunidades
4. Sistema de vapor e condensado: caracterização de perdas

Patrocinadores



Realização





Eficiência Energética na seção de secagem – Projeto MA1100

1. A remoção de água da folha
2. Escala de retornos na otimização do processo de secagem
3. Sistema de vapor e condensado: caracterização de oportunidades
4. Sistema de vapor e condensado: caracterização de perdas

Patrocinadores



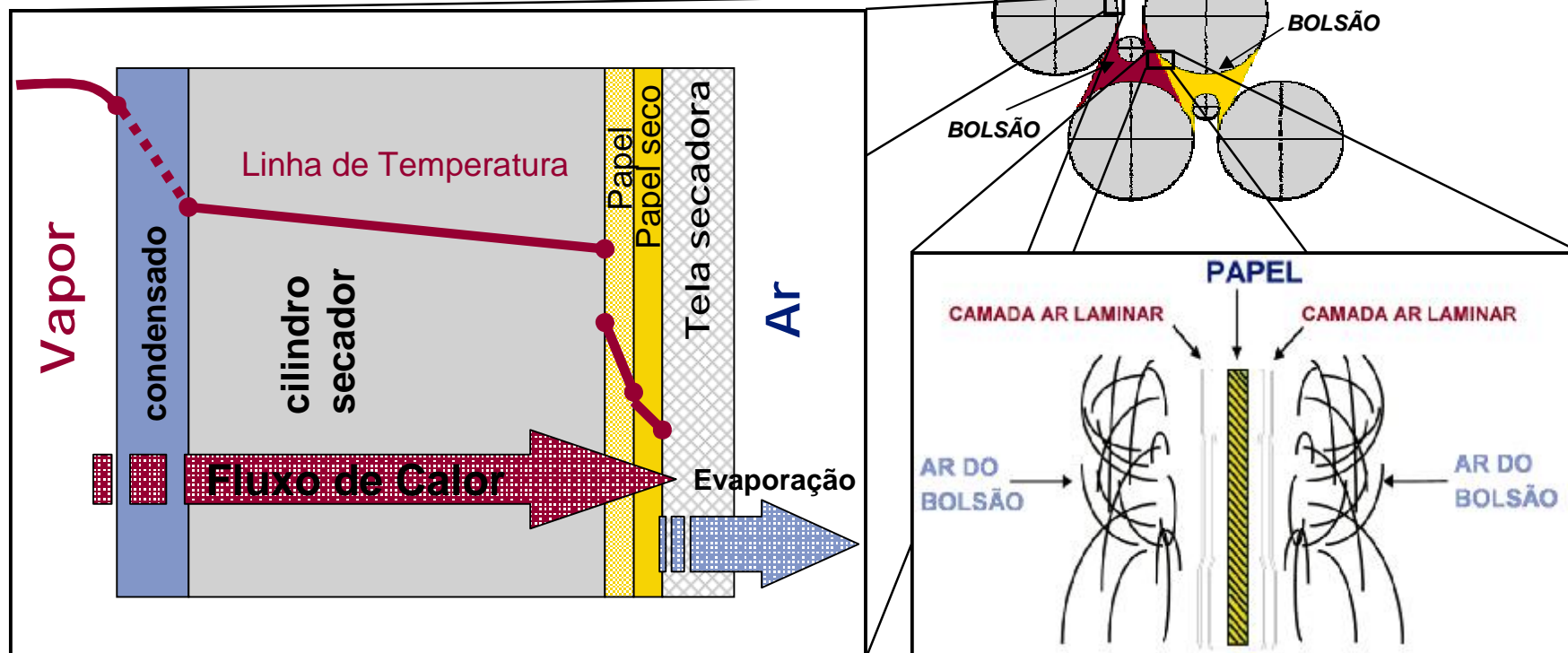
VOITH
Engineered reliability.

Realização





1. A remoção de água da folha



TRANSFERÊNCIA DE CALOR - Do vapor para a folha úmida => para evaporar a água da folha de papel.

TRANSFERÊNCIA DE MASSA - Transferência da massa de água evaporada da folha para o ambiente da secagem (bolsão).

Patrocinadores



Realização





1. A remoção de água da folha

Zonas	Teor Seco (Entrada)	Teor Seco (Saída)	% Água Removida	Custo US\$ / Ton fibra
Formação	1%	18%	95,4%	0,14
Prensagem	18%	42%	3,2%	1,90
Secagem	42%	94%	1,34%	22,00

A dificuldade de extração da água aumenta a cada fase e, conseqüentemente, os custos para extraí-la!

Patrocinadores


VOITH
 Engineered reliability.

Realização





Eficiência Energética na seção de secagem – Projeto MA1100

1. A remoção de água da folha
2. Escala de retornos na otimização do processo de secagem
3. Sistema de vapor e condensado: caracterização de oportunidades
4. Sistema de vapor e condensado: caracterização de perdas

Patrocinadores



Realização





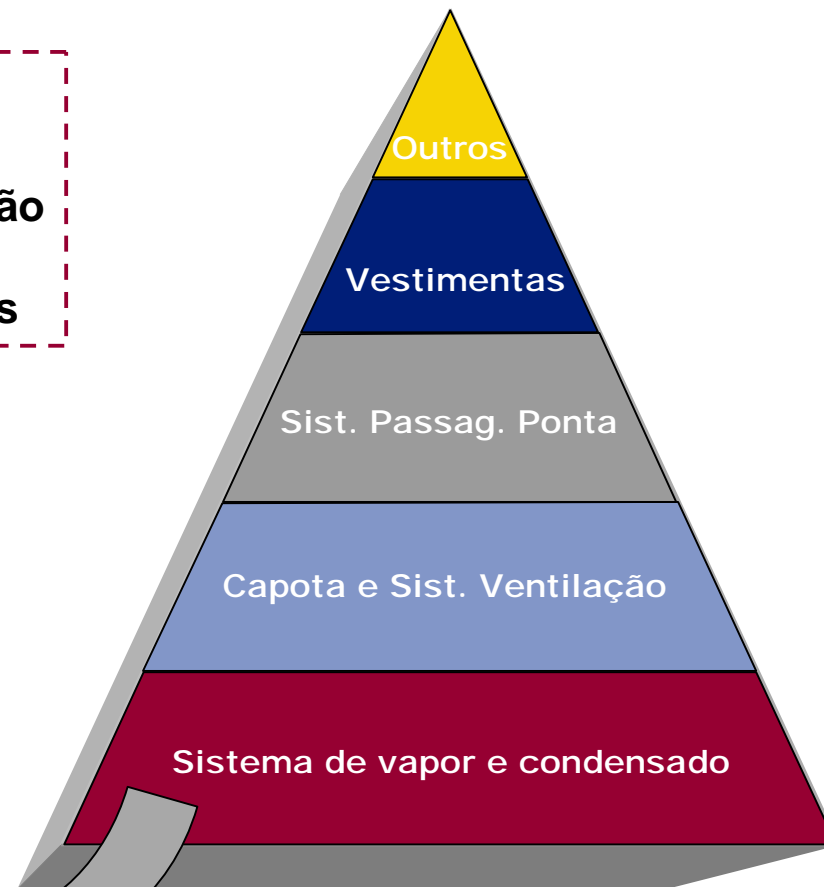
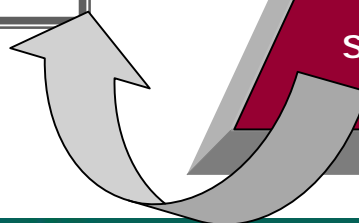
2. Escala de retornos na otimização do processo de secagem

AÇÃO
Otimização
+
Melhorias

>

RETORNO
Ganhos de Produção
+
Redução de custos

A otimização do sistema de vapor e condensado é o primeiro estágio na obtenção de ganhos com implementações no processo de secagem



Patrocinadores



Realização





Eficiência Energética na seção de secagem – Projeto MA1100

1. A remoção de água da folha
2. Escala de retornos na otimização do processo de secagem
3. Sistema de vapor e condensado: caracterização de oportunidades
4. Sistema de vapor e condensado: caracterização de perdas

Patrocinadores



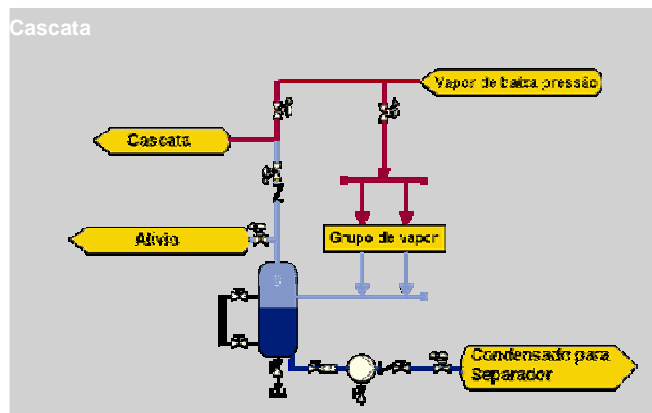
Realização



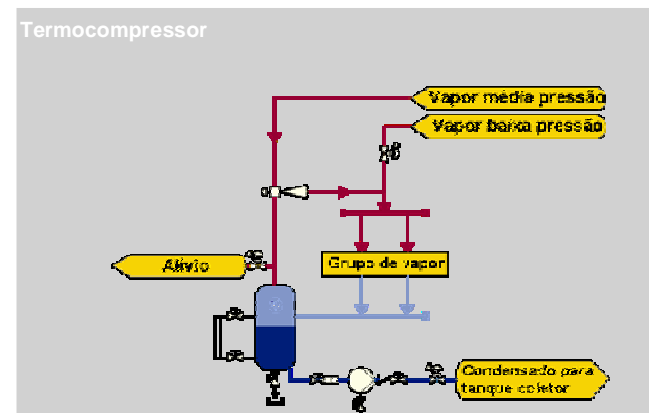


3. Sistema de vapor e condensado: Caracterização de oportunidades

Cascata X Termocompressor: **Aspecto Técnico**



- Requer somente vapor de baixa pressão
- As pressões dos grupos são dependentes
- Sistema **com desaeração** automática
- Exige diferença de pressão entre os grupos
- Opera com grande range variação de pressão (**sistema flexível**)
- Pode operar com vácuo



- Requer vapor de baixa e média pressão
- As pressões dos vários grupos são independentes
- Desaeração por válvula de alívio
- Não exige diferença de pressão entre os grupos
- Opera dentro de um pequeno range de variação de pressão (**sistema menos flexível**)
- Não trabalha com vácuo

Patrocinadores



Realização





3. Sistema de vapor e condensado: Caracterização de oportunidades

Cascata X Termocompressor: Aspecto Econômico

- Disponibilidade vapor de média pressão
- Termocompressor não é auto-desaerável
 - Eliminação dos gases incondensáveis => válvula de alívio (perda de vapor)
 - Acúmulo de gases incondensáveis => má transferência de calor nos cilindros
- Consumo de vapor no sistema termocompressor é de 1 a 2% maior que no sistema cascata.

Exemplo: $70 \text{ T/h} \times 0,01 = 0,7 \text{ T/h} \times 24 \text{ h} \times 361 \text{ d} \Rightarrow 6.065 \text{ T/ano} \times \text{R\$ } 30/\text{T} \Rightarrow$
R\$ 182 mil / ano



Patrocinadores



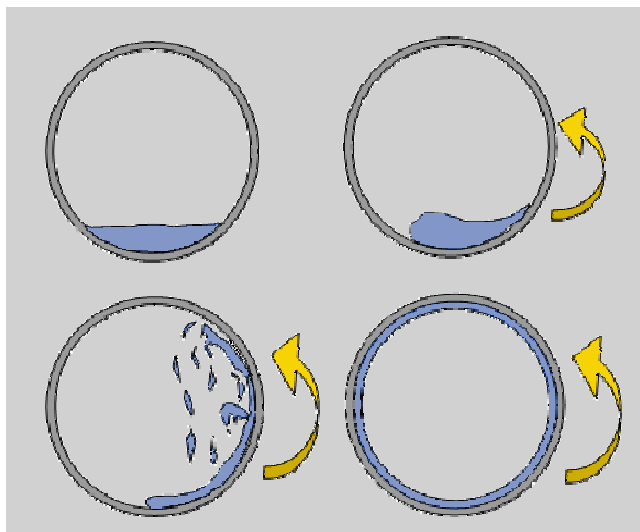
Realização





3. Sistema de vapor e condensado: Caracterização de oportunidades

Drenagem dos secadores



Baixas velocidades:
Condensado tipo poça "sump"

Medias velocidades:
A partir de aprox. 400 m/min: Filme de condensado turbulento

Velocidades superiores
A partir de aprox. 600 m/min: Filme laminar de condensado (aumenta a espessura com o aumento de velocidade).

Caneco

- somente opera com poça "sump"
- máx. 400 m/min

Sifão Rotativo

- transição poça → filme de condensado
- máx. 1200 m/min

Sifão Estacionário

- opera com poça e filme de condensado
- todas as velocidades (acima de 1200 m/min é imprescindível)

Patrocinadores



Realização



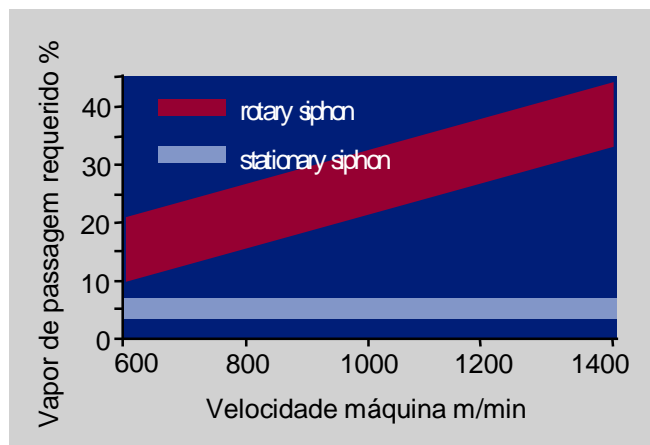
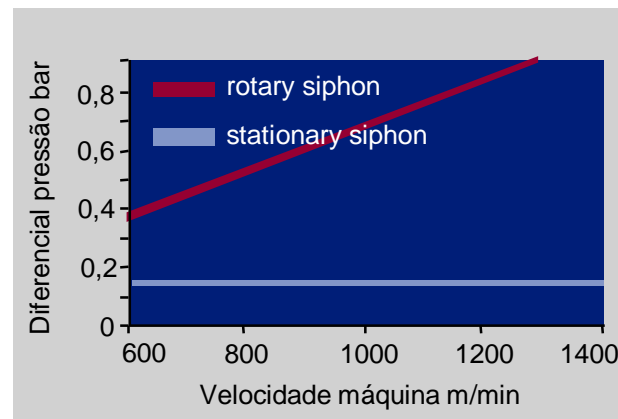


3. Sistema de vapor e condensado: Caracterização de oportunidades

Drenagem dos secadores

Diferencial de pressão " ΔP "

- § Estabelecido entre entrada e saída do cilindro
- § Cria a diferença potencial que gera o fluxo que arrasta o condensado pelo sifão



Vapor de passagem ou "Blowthrough"

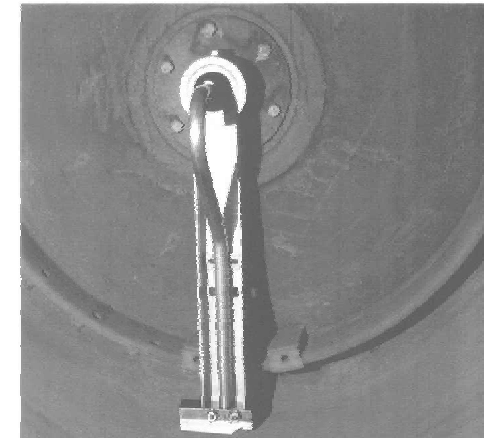
- § Fluxo de vapor para arraste do condensado (adicional ao vapor que deverá condensar-se – efetivo)



3. Sistema de vapor e condensado: Caracterização de oportunidades

Drenagem dos secadores

- ➔ **Correto dimensionamento da união rotativa**
- ➔ **Utilização do tipo de sifão apropriado**
- ➔ **Projeto criterioso das tubulações de drenagem dos cilindros**



Patrocinadores



Realização





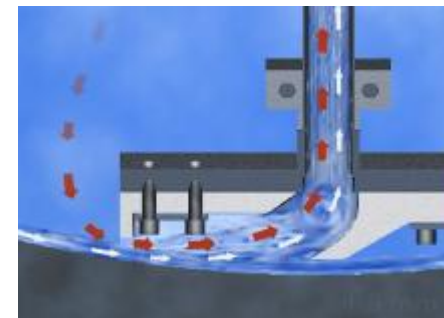
3. Sistema de vapor e condensado: Caracterização de oportunidades

Drenagem dos secadores

➔ Sifão mau dimensionado / selecionado

➔ Sifão apropriado / ΔP de operação incorreto: pode gerar maior consumo de vapor de passagem (válvulas de alívio abertas) e deficiência de drenagem (alagamento)

➔ Redução de consumo em média de 5%



Exemplo: $70 \text{ T/h} \times 0,05 = 3,5 \text{ T/h} \times 24 \text{ h} \times 361 \text{ d} \Rightarrow 30.320 \text{ T/ano} \times \text{R\$ } 30/\text{T} \Rightarrow$
R\$ 910 mil / ano



Patrocinadores



Realização





3. Sistema de vapor e condensado: Caracterização de oportunidades

Controle do Filme de Condensado

Coeficiente de condutividade térmica do FERRO FUNDIDO

$$k(s) = 59 \text{ W/m.K}$$

Coeficiente de condutividade térmica do CONDENSADO

$$k(c) = 0,67 \text{ W/m.K}$$

$$k(s) = 88 k(c)$$

Como isolante térmico:

1,0 mm de condensado \equiv 88 mm de ferro fundido

Conclusão: O controle de espessura da película de condensado é primordial para se obter boa eficiência de secagem, assim como, garantir umidade uniforme da folha na enroladeira.

Patrocinadores



VOITH
Engineered reliability.

Realização





3. Sistema de vapor e condensado: Caracterização de oportunidades

Drenagem dos secadores

42%	Produção 1100 tpd	93%
	672 m/min 171 gsm	
	Filme cond. 4mm	
	PV _{média} 5,9 bar	
Consumo de vapor 71220 kg/h		

42%	Produção 1100 tpd	93%
	672 m/min 171 gsm	
	Filme cond. 2mm	
	PV _{média} 5,1 bar	
Consumo de vapor 70640 kg/h		

Redução de consumo de 580 kg/h (com investimento ZERO)

0,58 T/h x 24 h x 361 d => 5.025 T/ano x R\$ 30/T =>
R\$ 150,8 mil / ano



Patrocinadores



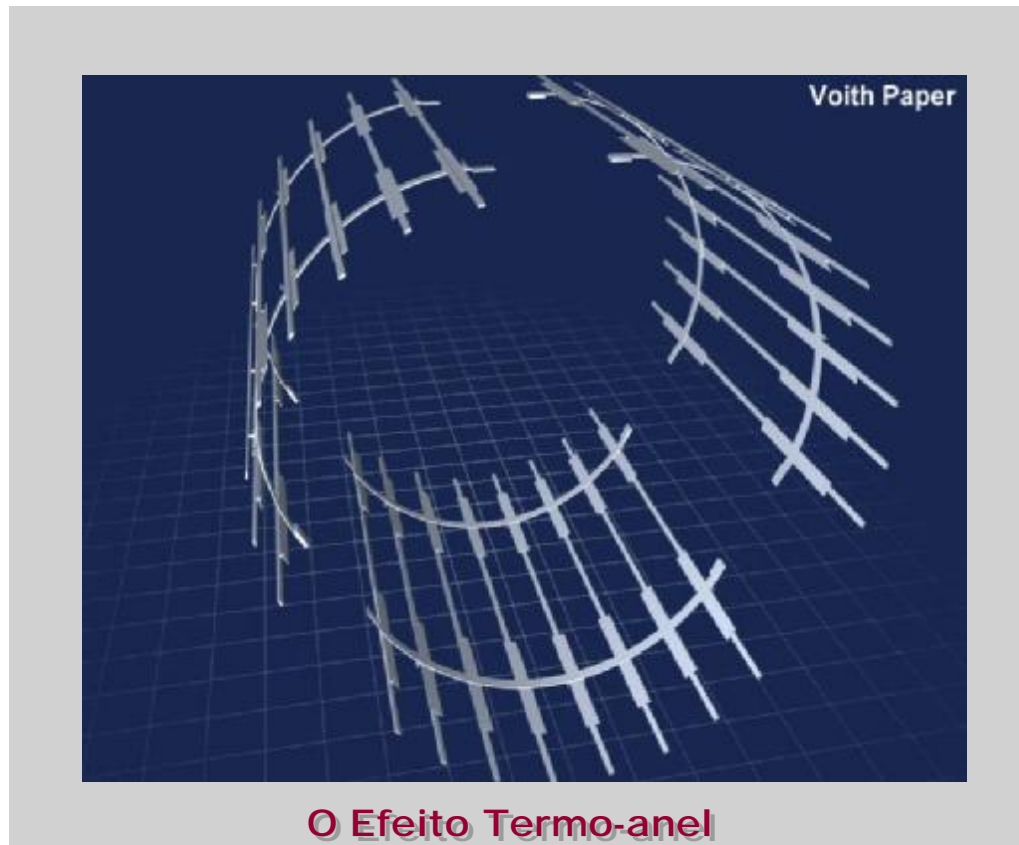
Realização





3. Sistema de vapor e condensado: Caracterização de oportunidades

Controle do Filme de Condensado



Patrocinadores



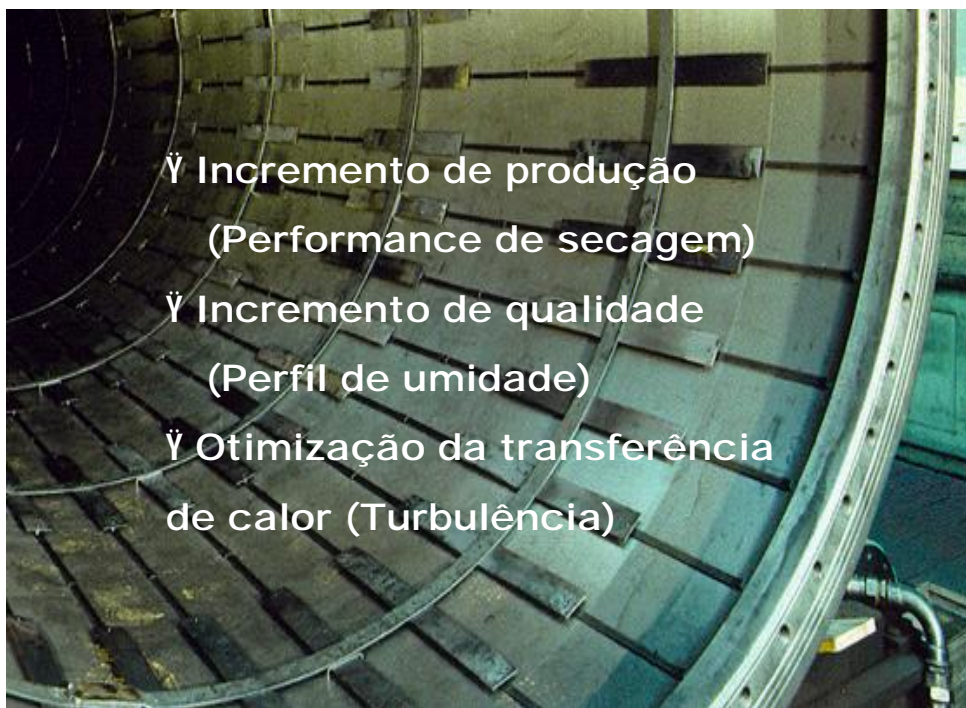
Realização



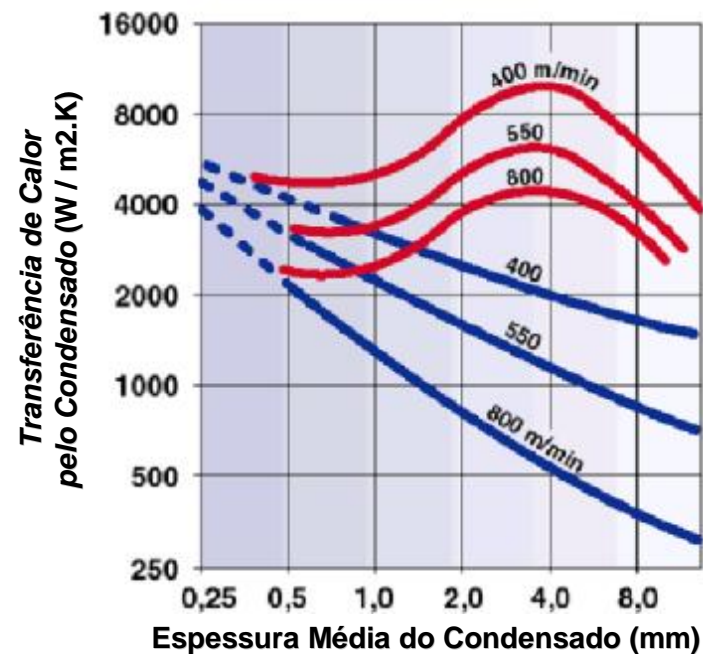


3. Sistema de vapor e condensado: Caracterização de oportunidades

Controle do Filme de Condensado



- Incremento de produção
(Performance de secagem)
- Incremento de qualidade
(Perfil de umidade)
- Otimização da transferência
de calor (Turbulência)



— Com Termo-anel
— Sem Termo-anel

Patrocinadores



Realização





3. Sistema de vapor e condensado: Caracterização de oportunidades

Controle do Filme de Condensado

42%	Produção 1100 tpd	93%
	672 m/min 171 gsm	
	Sem Termo Anel	
	PV _{média} 6,1 bar	
Consumo vapor 70675 kg/h		

42%	Produção 1100 tpd	93%
	672 m/min 171 gsm	
	Com Termo Anel	
	PV _{média} 4,8 bar	
Consumo vapor 69610 kg/h		

Redução de consumo de 1065 kg/h

1,065 T/h x 24 h x 361 d => 9.227 T/ano x R\$ 30/T =>
R\$ 276,8 mil / ano

Patrocinadores



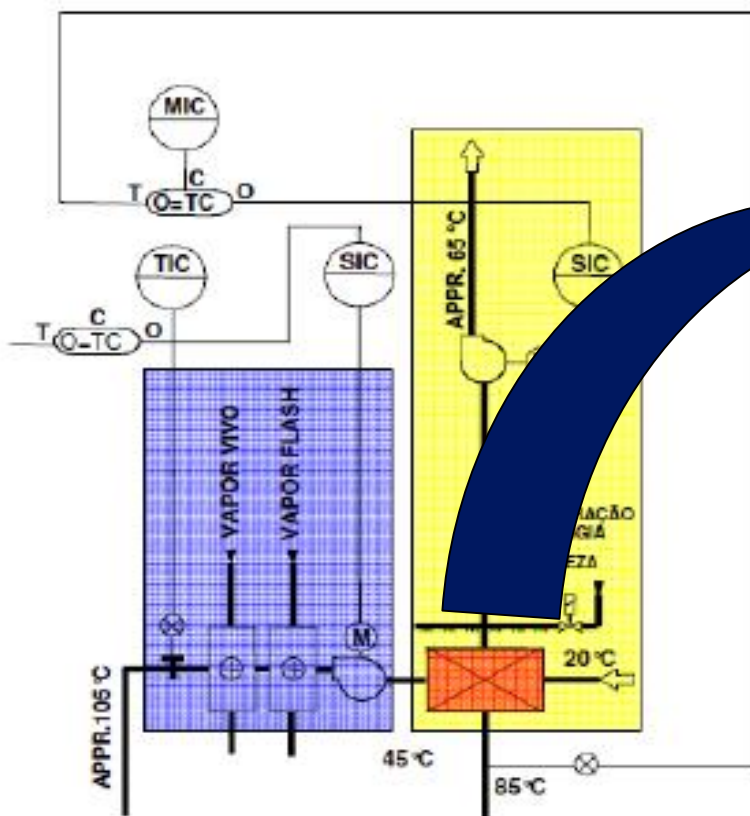
Realização





3. Sistema de ventilação: Caracterização de oportunidades

Reaproveitamento de energia do ar de exaustão



Água evaporada = **56 T/h**

Ar quente insuflado = **372 T/h** de ar seco.

Ar de exaustão = **530 T/h** de ar seco.

Energia consumida:

Para aquecer o ar de insuflamento de

20 °C até 105 °C = 1,8 MW

Energia reaproveitada:

Para pre-aquecer o ar de insuflamento de

20 °C até 45 °C = 2,8 MW

(Recuperada no trocador de calor ar/ar)

Patrocinadores



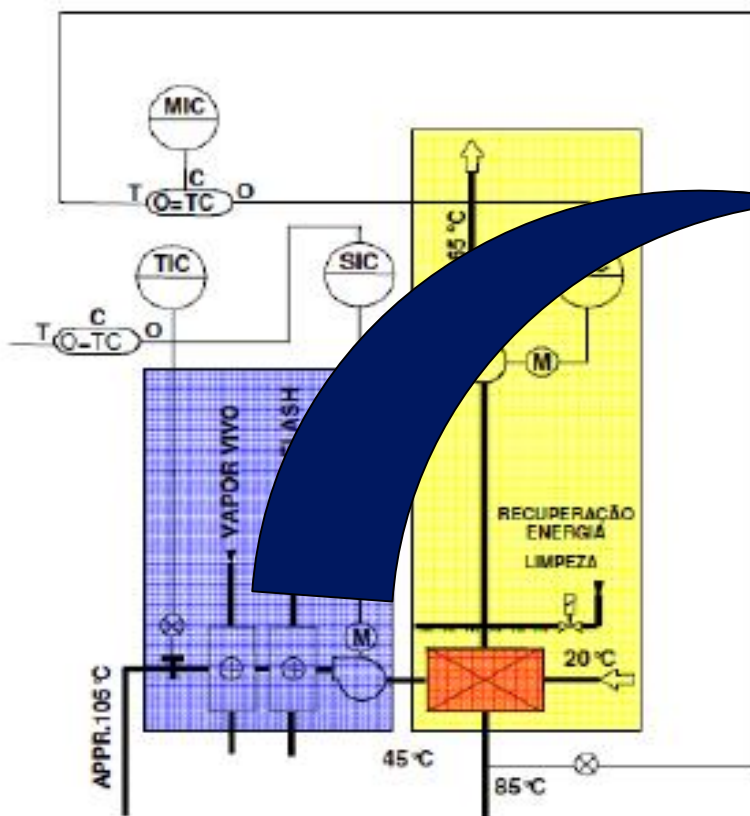
Realização





3. Sistema de ventilação: Caracterização de oportunidades

Reaproveitamento de energia do vapor flash



Água evaporada = **56 T/h**

Ar quente insuflado = **372 T/h** de ar seco.

Ar de exaustão = **530 T/h** de ar seco.

Energia para aquecer o ar insuflado:

Para aquecer o ar de insuflamento de

20 °C até 105 °C = 2,2 MW

Energia para aquecer o ar de insuflamento:

Para pre-aquecer o ar de insuflamento de

45 °C até 95 °C = 4,8 MW

(Recuperada no trocador de calor ar/vapor flash)

Patrocinadores



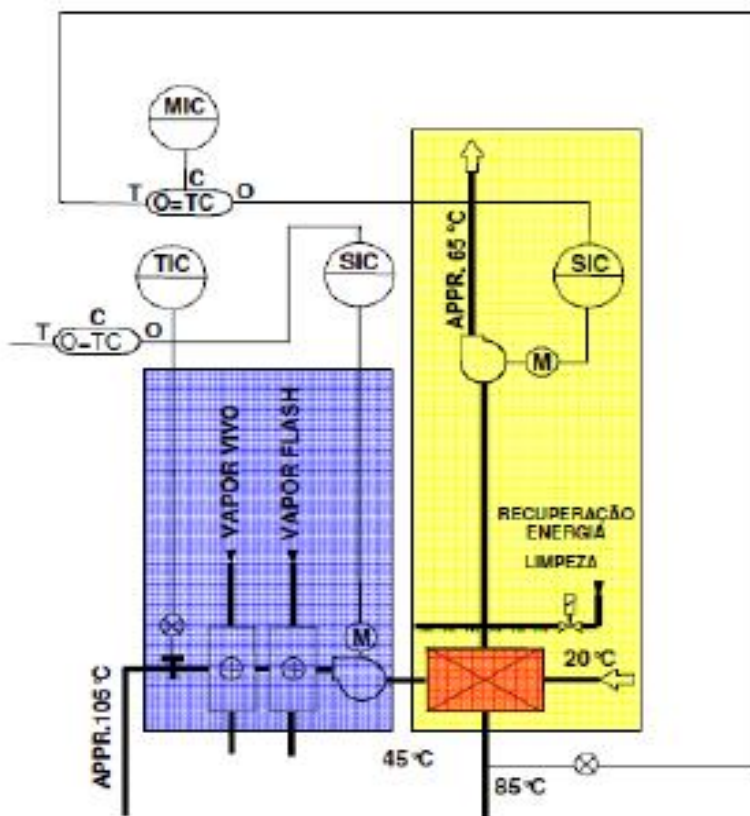
Realização





3. Sistema de ventilação: Caracterização de oportunidades

Aspectos econômicos



20 °C até 105 °C = **9,2 MW** (Energia total)

20 °C até 45 °C = **2,8 MW** (Recuperada)

45 °C até 95 °C = **4,8 MW** (Recuperada)

95 °C até 105 °C = **1,6 MW** (Consumida)

Energia total recuperada = **7,6 MW**

Economia:

13 T/h x 24 h x 361 d => 112.630 T/ano

x R\$ 30/T => **R\$ 3.380 mil/ano**



Patrocinadores



Realização





Eficiência Energética na seção de secagem – Projeto MA1100

1. A remoção de água da folha
2. Escala de retornos na otimização do processo de secagem
3. Sistema de vapor e condensado: caracterização de oportunidades
4. Sistema de vapor e condensado: caracterização de perdas

Patrocinadores



VOITH
Engineered reliability.

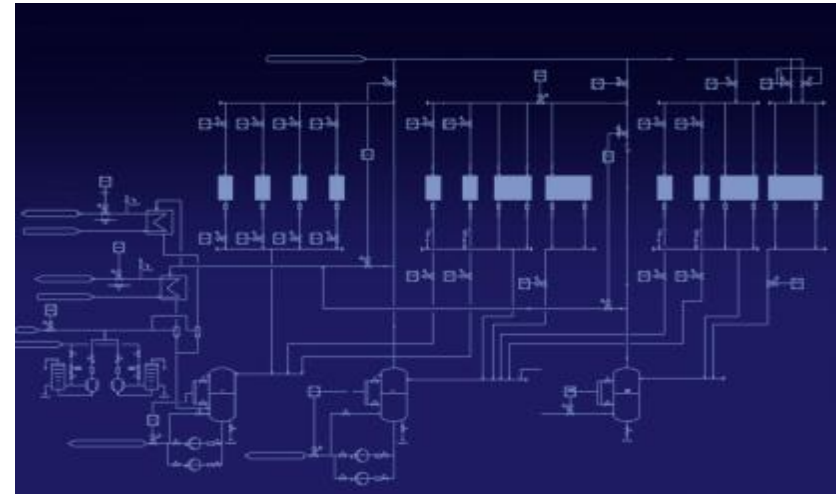
Realização





4. Sistema de vapor e condensado: Caracterização de perdas

- grupo térmico x grupo de acionamento não coincidentes: em caso de alagamento dificulta a identificação do secador
- tamanho excessivo de grupo térmico: pode reduzir a eficiência de secagem; condensação diferente entre secadores do mesmo grupo
- cascata ou termocompressor inadequadamente dimensionados: pode dificultar o controle; ocasionar perda de vapor



Patrocinadores



VOITH
Engineered reliability.

Realização





4. Sistema de vapor e condensado: Caracterização de perdas

- elevada temperatura de superaquecimento da linha de alimentação de vapor principal: reduz a eficiência de secagem

- projeto inadequado das tubulações de saída do condensado do cilindro secador: pode reduzir a eficiência de secagem; provocar alagamento de cilindros



- Falhas de instrumentação / dificuldade de operação

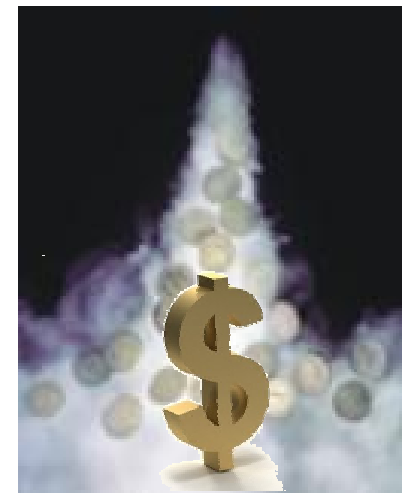
- Operação fora dos limites ótimos





4. Sistema de vapor e condensado: Caracterização de perdas

- Isolamento térmico das linhas e equipamentos
- Vazamentos no sistema de alimentação de vapor / linhas de condensado
- Segundo estudos da Spirax Sarco um orifício de 3mm numa linha a 3,5 kgf/cm² perde vapor a uma taxa de ~13,5 kg/h → ~116,9 T/ano → ~ R\$ 3.500/ano)



Seminário

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NAS INDÚSTRIAS DE CELULOSE E PAPEL



VOITH
Engineered reliability.

Patrocinadores



VOITH
Engineered reliability.

Realização

