

# Economizar Vapor com *Falling Film* é possível ?

# Apresentação

- Nome: **Álvaro Salla**
- Função: **Consultor de Eng<sup>a</sup> Térmica**
- Atuação: **Evaporação, Condensação e Trocadores de Calor**

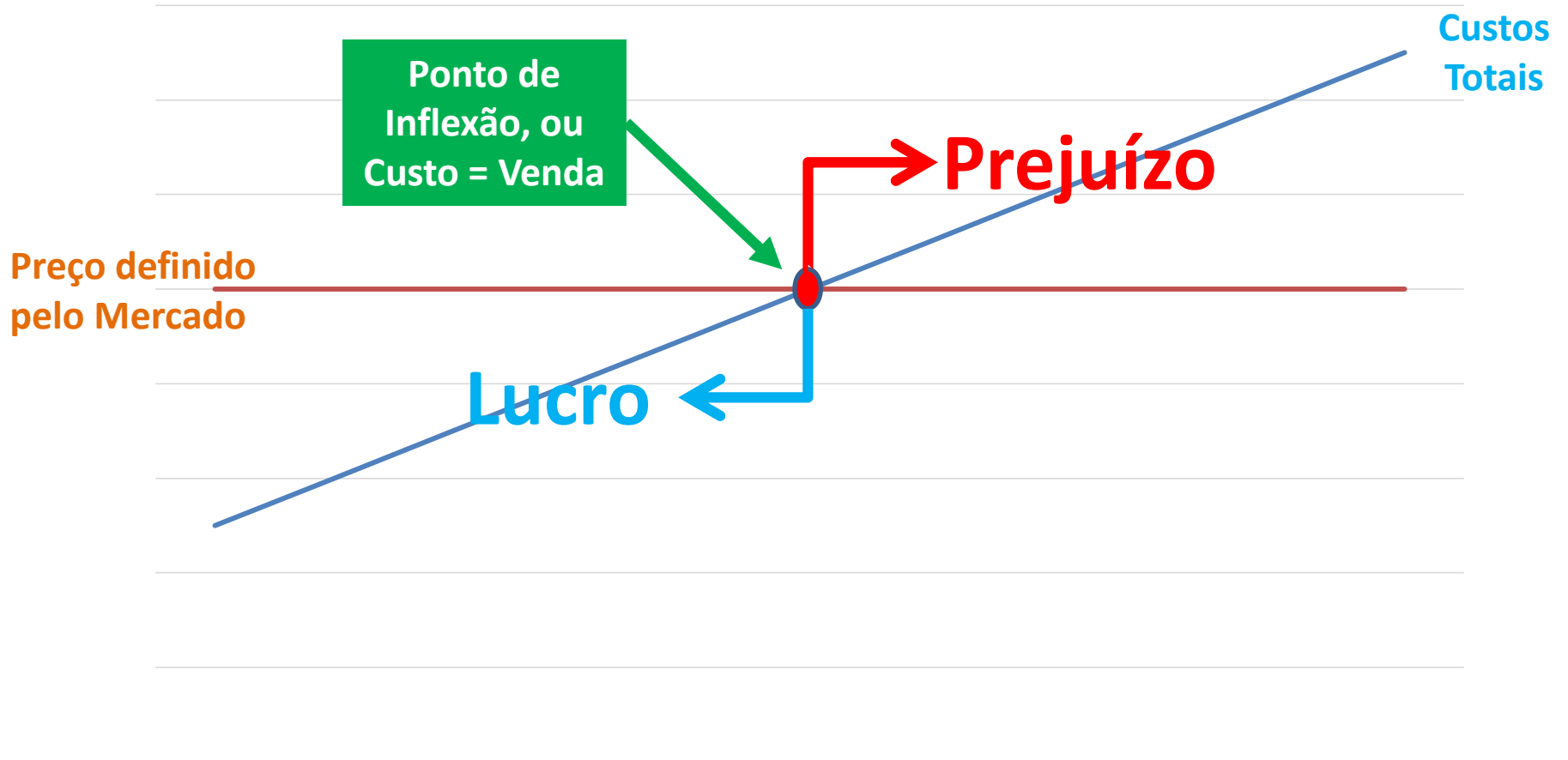
# O que é Commodity ?



São bens de qualidade uniforme equivalentes (O açúcar brasileiro é igual ao indiano). No mercado de commodities é a padronização subjacente definida pelo contrato que a define como mercadoria e não a qualidade inerente à produção de um produtor específico.

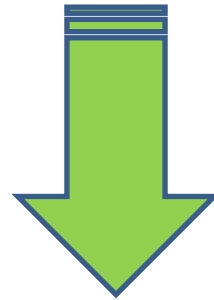
São mercadorias produzidas em larga escala e comercializadas em nível mundial. **Seus preços são definidos pelo mercado internacional.**

# Receita x Custo



# Para atingirmos a Lucratividade

**Quando não controlamos o preços dos  
nossos produtos**



**Temos que reduzir os custos para  
mantermos a rentabilidade**

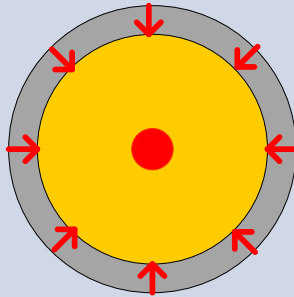
# Onde Reduzir Custos ?

**Evaporação de Caldo**: Cerca de 80% da água do caldo são retirados na evaporação, a quantidade de energia envolvida nesta etapa é muito grande e a economia de demanda de Vapor de Escape pode ser direcionada para a cogeração e aumentar as receitas da Usina;

**Torre de Resfriamento**: Todo calor dissipado através das torres de resfriamento é energia que é **descartada/perdida** para o ambiente. O objetivo é mantermos a maior parte desta energia no processo, reduzindo a rejeição para a atmosfera, além de economizarmos com captação de água (Cetesb), tratamento de água e energia (Bombas e Ventiladores).

# Fluxo de Calor

Evaporador Robert



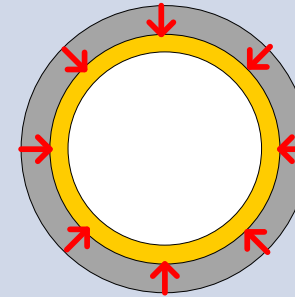
Tubo cheio de caldo

O Calor do vapor tem que atravessar todo o raio interno do tubo para aquecer/evaporar o caldo

Para atingirmos o centro do tubo cheio de caldo, necessitamos de um maior diferencial de temperatura entre o vapor e o caldo

Temos que acrescentar a pressão estática da coluna de líquido no interior do tubo, aumentando o diferencial de temperatura entre vapor e caldo

Evaporador Falling Film Tubular



Tubo com uma película de caldo (Filme)

O calor atravessa somente a espessura da película fina para aquecer/evaporar o caldo

Para aquecer/evaporar a película necessitamos de um menor diferencial de temperatura entre os fluídos

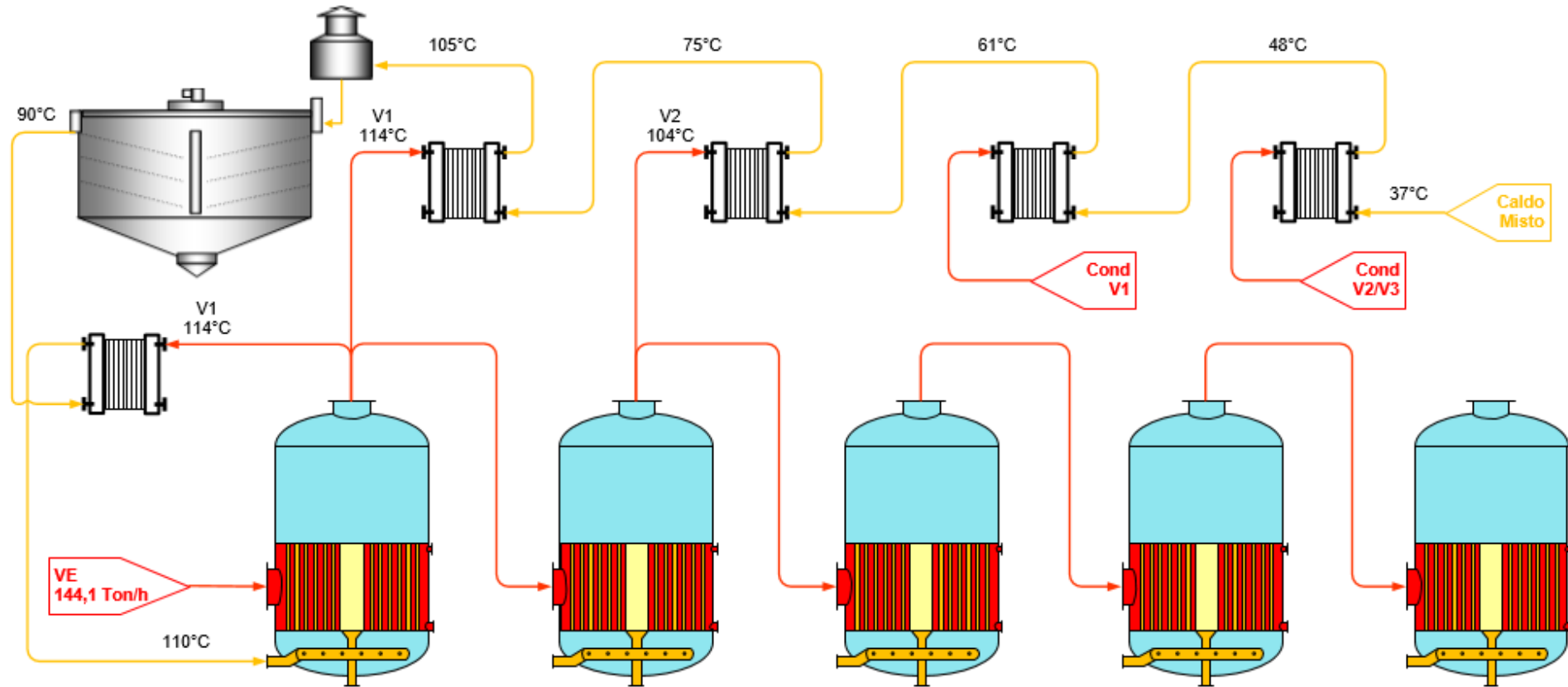
Não temos coluna de líquido, permitindo um menor diferencial de temperatura.

# Estudo de Caso

- Usina em SP
- Moagem: 8.640 TCD - 2,1 Milhões/Safra
- Produção de Açúcar: 13.000 Sacos/dia
- Produção de Hidratado: 136 m<sup>3</sup>/dia
- Geração Elétrica: 34,5 MW (25 CP e 9,5 CD)
- Saldo para Exportação: 23,7 MW

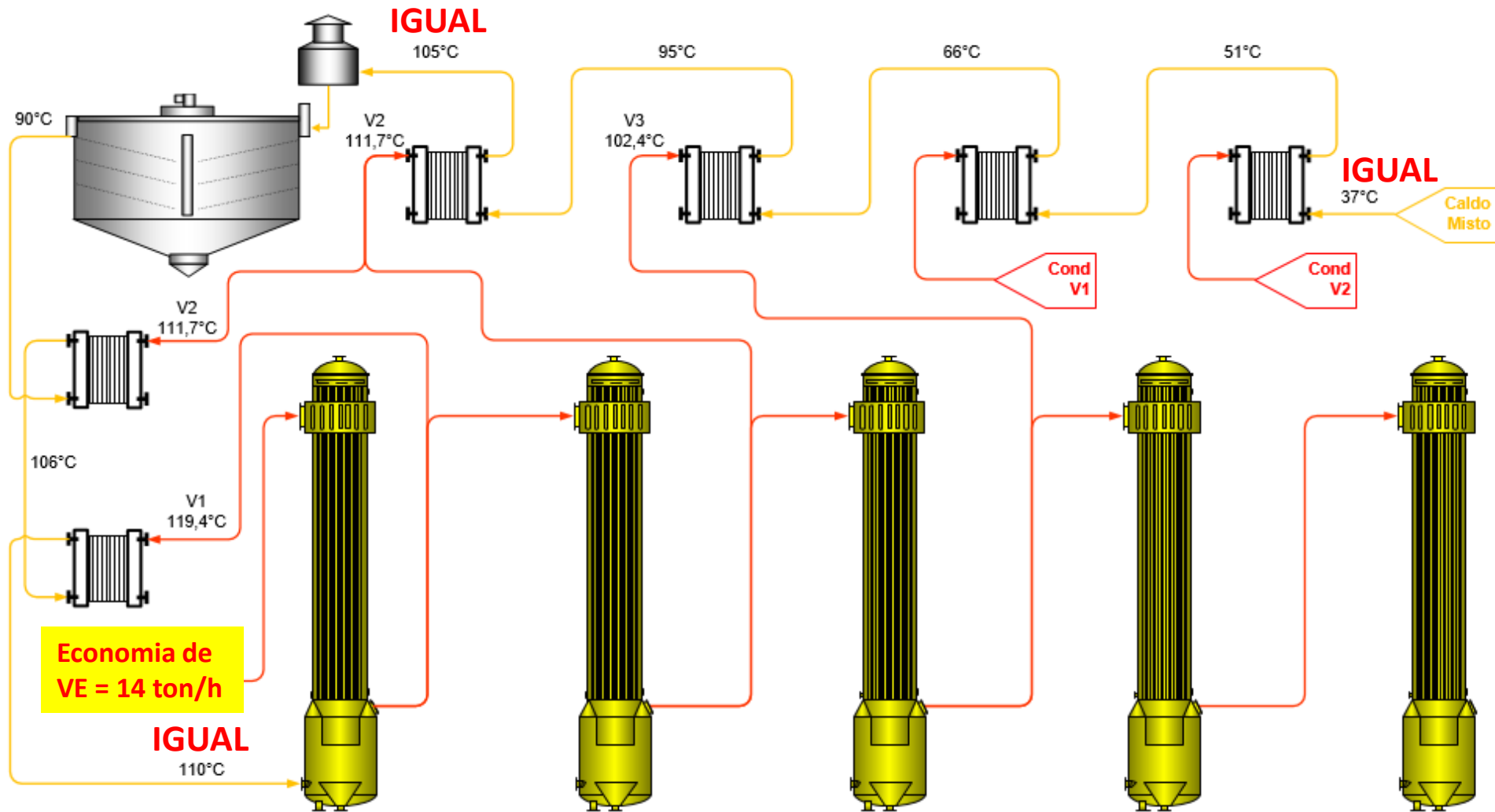


# Atual com Robert



Fazendo o balanço com *Falling Film* e otimizando o tratamento de caldo, temos ➔

# Proposto com *Falling Film*



Mantendo as demais sangrias para a Destilaria e para a Fábrica de Açúcar

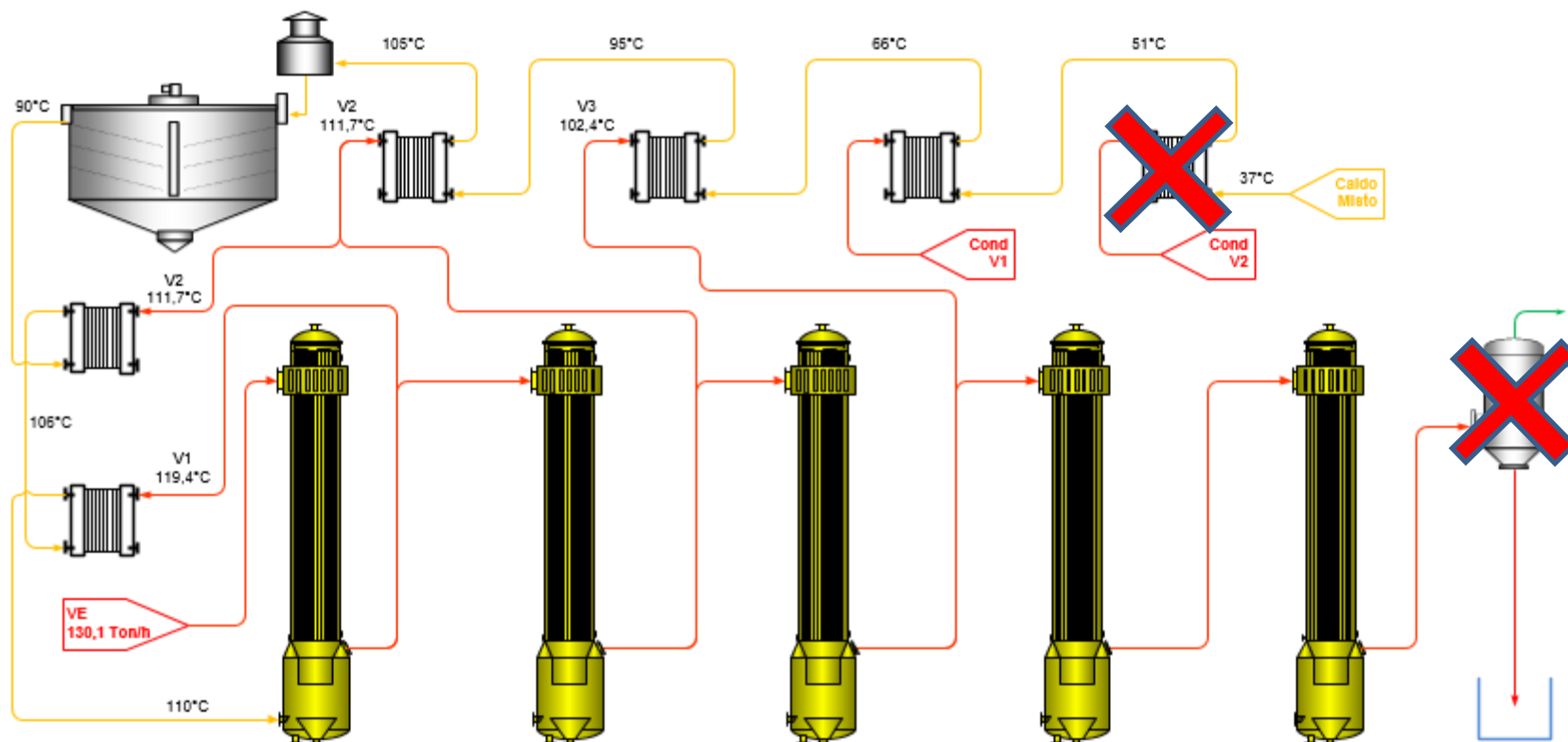
# Resumo

Parâmetro	Robert	<i>Falling Film</i>
Consumo de VE na Evaporação (ton/h)	144,1	130,1
Redução de Consumo de VE na Evaporação (ton/h)	x-x-x	14,0
Vapor para Turbina de Contra Pressão (ton/h)	149,0	135,0
Geração na Turbina de Contra Pressão (MW) 6 kgv/MW	25,0	22,7
Vapor para Turbina de Condensação (ton/h)	37,0	51,0
Geração na Turbina de Condensação (MW) 3,9 kgv/MW	9,5	13,0
Geração Elétrica Total (MW)	34,5	35,7
Saldo de Energia para Exportação (MW)	23,7	24,9
Receita Exportação de Energia Mensal (210 R\$/MW) Anual (Safrá 8 meses)	R\$ 3.584.537 R\$ 28.676.303	R\$ 3.769.451 R\$ 30.155.613
Receita Adicional Mensal Anual (Safrá 8 meses) (Descontando Bombas)	x-x-x x-x-x	R\$ 148.187 R\$ 1.185.498
Consumo Específico de Vapor (kg Vapor / Ton cana)	422,3	382,7

# Dados do Balanço

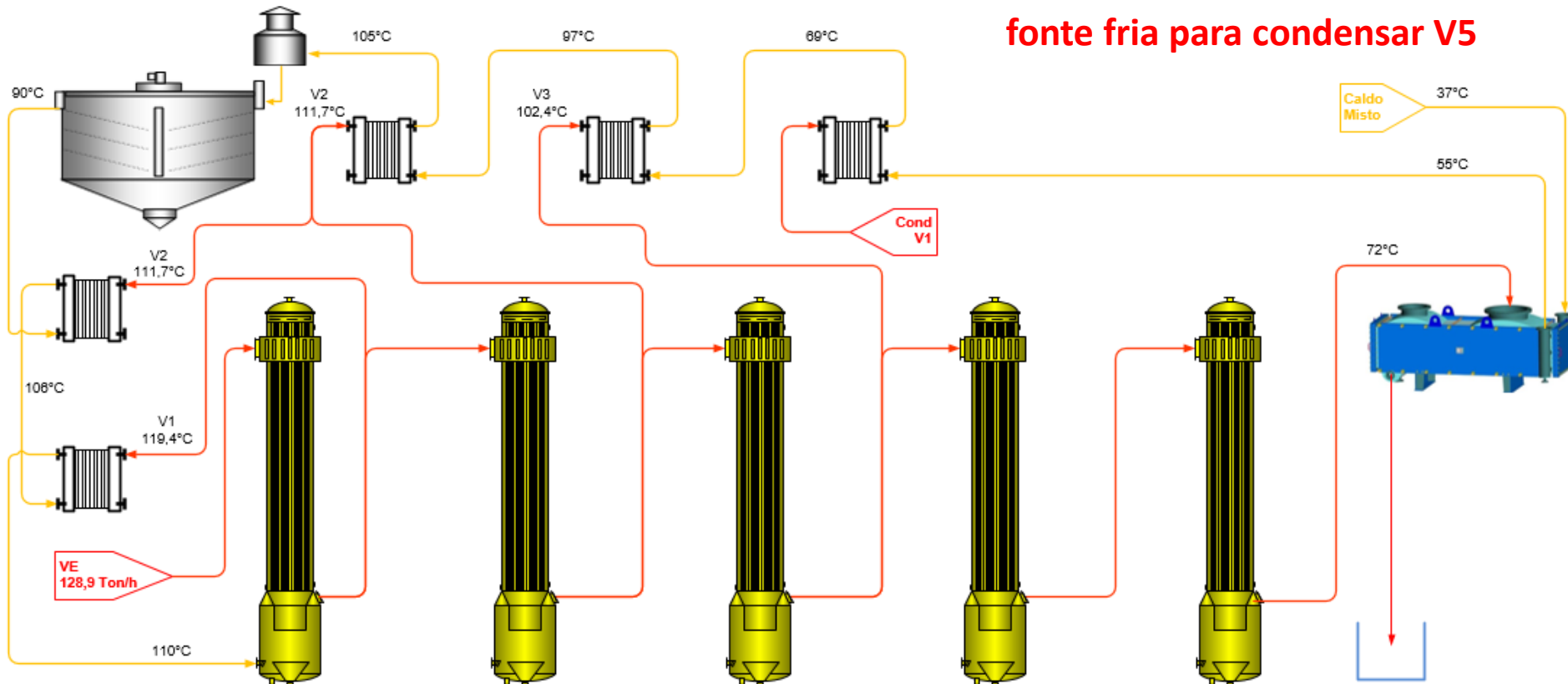
Parâmetro	Robert	<i>Falling Film</i>
Entrada de Caldo (ton/h / Brix)	334,4 / 13,6	334,4 / 13,6
Saída do Xarope (ton/h / Brix)	75,3 / 60,0	75,3 / 60,0
Vapor de Escape (ton/h / °C)	144,1 / 126,1	144,1 / 126,1
Vapor Vegetal 1 Sangria Total (ton/h / °C)	56,0 / 114,0	23,6 / 119,4
Vapor Vegetal 2 Sangria Total (ton/h / °C)	60,0 / 104,0	66,3 / 111,7
Vapor Vegetal 3 Sangria Total (ton/h / °C)	0,0 / 99,0	19,4 / 102,4
Vapor Vegetal 4 Sangria Total (ton/h / °C)	0,0 / 86,0	0,0 / 90,3
Vapor Vegetal 5 Sangria Total (ton/h / °C)	0,0 / 65,8	0,0 / 72,0
Vapor para Barométrico (ton/h)	19,4	11,4
Vazão de Água para Barométrico (32 -> 48°C) (ton/h)	745,5	441,4
Potência Consumida Bombas Água Barométrica (kW)	155,6	92,1

# Eliminando o Barométrico



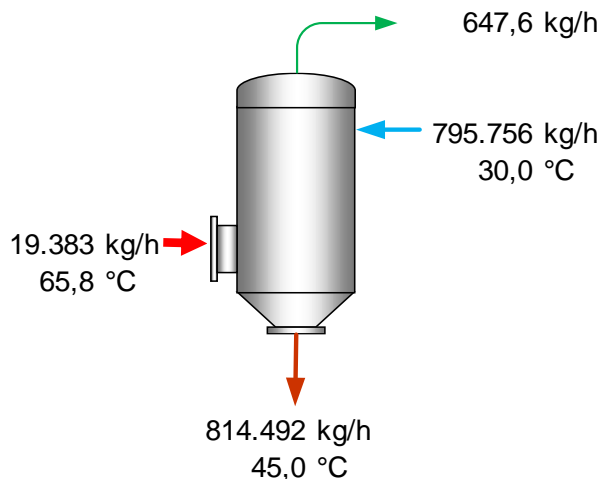
# Eliminando o Barométrico

**Usando Caldo Misto como fonte fria para condensar V5**



Em função de aquecer o Caldo Misto para 55°C já na primeira etapa, conseguimos reduzir um pouco mais o consumo de VE em 1,2 ton/h)

# Eliminando o Barométrico



## Condição Original com Robert

Condição Original com Robert		Do Condensador para Torre	Da Torre para Condensador
Densidade água	kg/m <sup>3</sup>	989,8	994,8
Vazão	m <sup>3</sup> /h	823	800
Rendimento Bomba	%	70,0	70,0
Altura manométrica	m	25	28
Potência Consumida na Bomba	kW	79,3	86,7
Potência Ventiladores da Torre	kW	75,7	
Potência Consumida <b>TOTAL</b>	kW	241,7	
Densidade do Caldo Misto	kg/m <sup>3</sup>	1.047,9	x-x-x
Vazão de Caldo Misto	m <sup>3</sup> /h	367,5	x-x-x
Rendimento Bomba	%	70,0	x-x-x
Altura manométrica	m	30	x-x-x
Potência Consumida na Bomba	kW	45,0	x-x-x
Potência Consumida FINAL	kW	196,7	

## Perdas de Água na Torre

Evaporação	m <sup>3</sup> /h	18,9	= 1% x 0.85 * ΔT / 5.56 * m3/h
Arraste	m <sup>3</sup> /h	1,6	= 0,2% x m3/h
Perda Total de Água na Torre	m <sup>3</sup> /h	20,5	
Perda de Água na Torre	[-]	2,49%	x-x-x
Reposição de Água na Torre	m <sup>3</sup> /h	20,5	x-x-x
	m <sup>3</sup> /24h	492,4	x-x-x
	m <sup>3</sup> /30 dias	14.771,7	x-x-x

# Falling Films NÃO Funcionam !!

- Projetos ruins;
- Sem conhecimento profundo dos conceitos;
- Engenharias reversas mal feitas;
- Execução equivocada;
- Clientes operando Falling Film como Robert

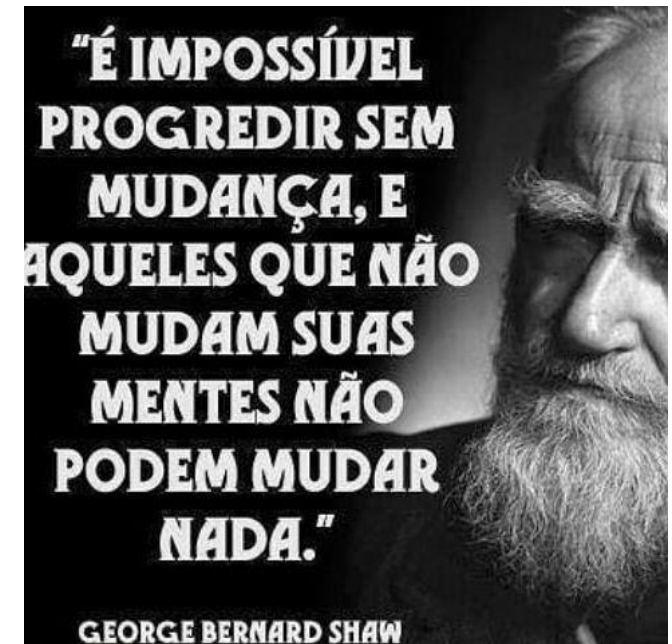
**Vejam os principais ERROS de projeto dos Falling Film na outra palestra da Stab Nov/18**



**Evaporadores Falling Film  
Funcionam ?**



# Está Confortável ?



# Sua Usina é Moderna ?



O Falling Film Tubular foi criado em 1953 pela Wiegand Apparatebau (GEA) para setor de alimentos, já em **1986** o Hugot o descrevia como um equipamento muito promissor para as Usinas (Vide pág 618 do HANDBOOK OF CANE SUGAR ENGINEERING E. Hugot - 3ª Edição

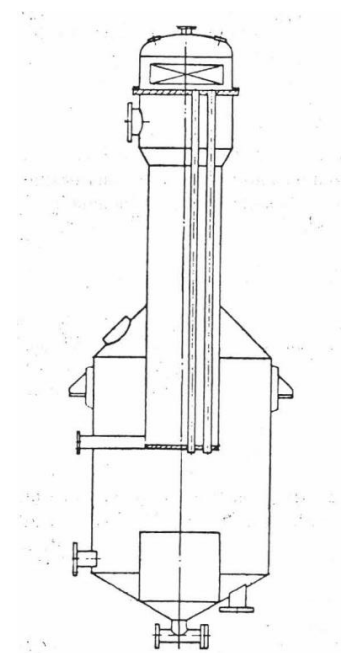
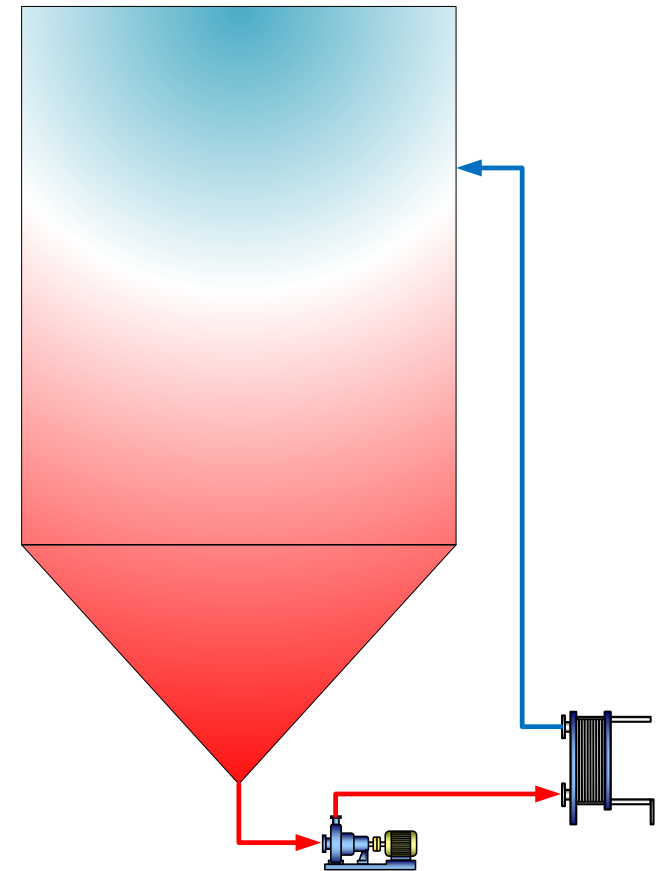


Fig. 32.54. Falling film evaporator (B.M.A.).

# Resfriamento de Dorna

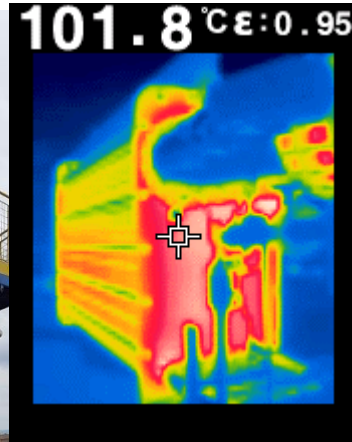
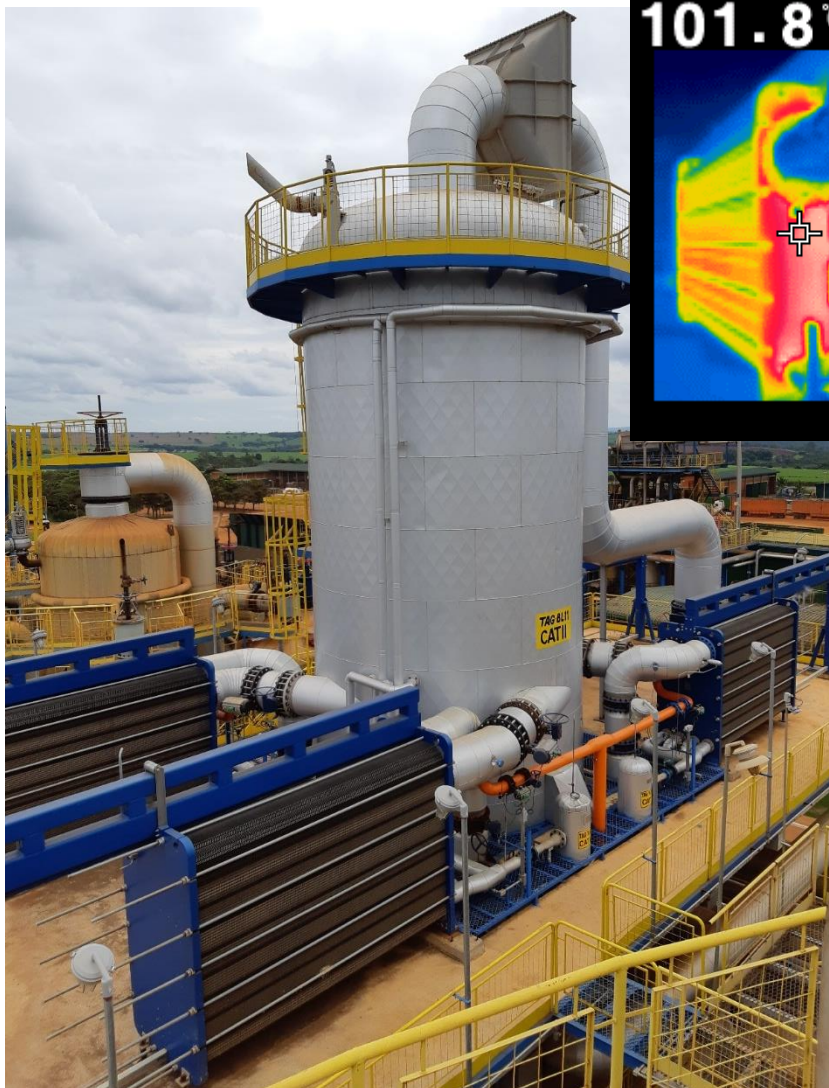


Serpentina dentro da dorna para resfriamento do mosto em fermentação



Resfriamento com trocador a Placas e bomba de recirculação

# Evaporador Satélite a Placas



- Permite redução de consumo de Vapor de Escape;
- Evolução do conceito de evaporador “individual”;
- Permite expansão;
- Menor espaço ocupado;
- Limpeza sem parada total do sistema



Agradeço à generosa atenção

Comentários ou dúvidas ?

# Contato

- **Álvaro Salla**
- **[alvaro.salla@foxtermo.com.br](mailto:alvaro.salla@foxtermo.com.br)**
- **Cel: (011) 98855 6006**
- **[www.foxtermo.com.br](http://www.foxtermo.com.br)**