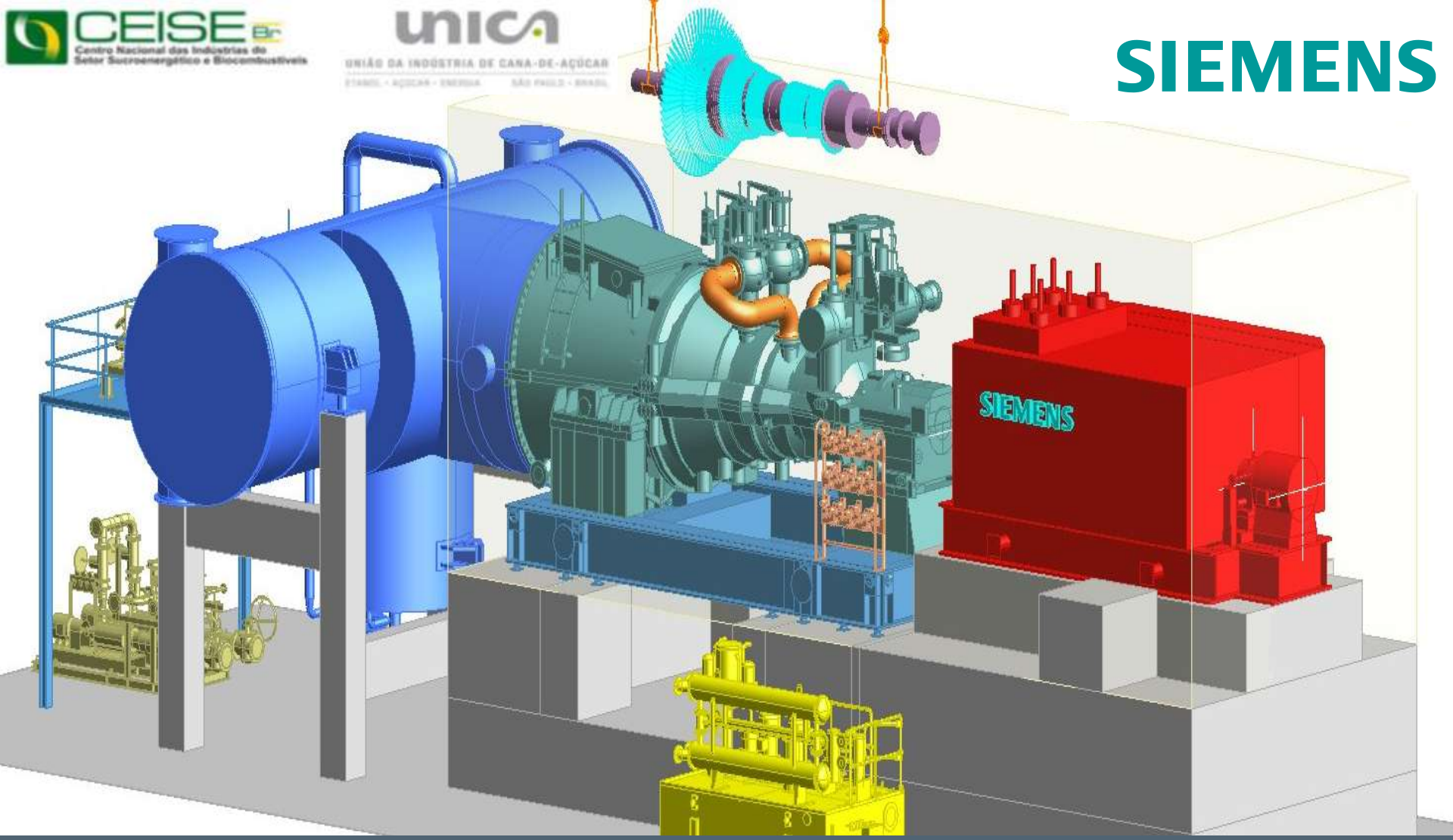


Turbinas a Vapor

Maximizando Resultados com Tecnologias Integradas para Cogeração de Energia

Marcio Campos

Conteúdo

SIEMENS

1. Introdução Siemens
2. Ciclo a Vapor
3. Tipos de Turbinas - Conceito
4. Calculos de Geração de Vapor e Potência
5. Usina e a Maximização da Eficiência Energética
6. Pressão e Temperatura; Ciclo Rankine Convencional vs Regenerativo
7. Ciclo Rankine de Reaquecimento
8. Aplicação Industrial – Turbinas em Usinas de Açúcar e Etanol
9. Otimizações de CAPEX e OPEX

Conteúdo

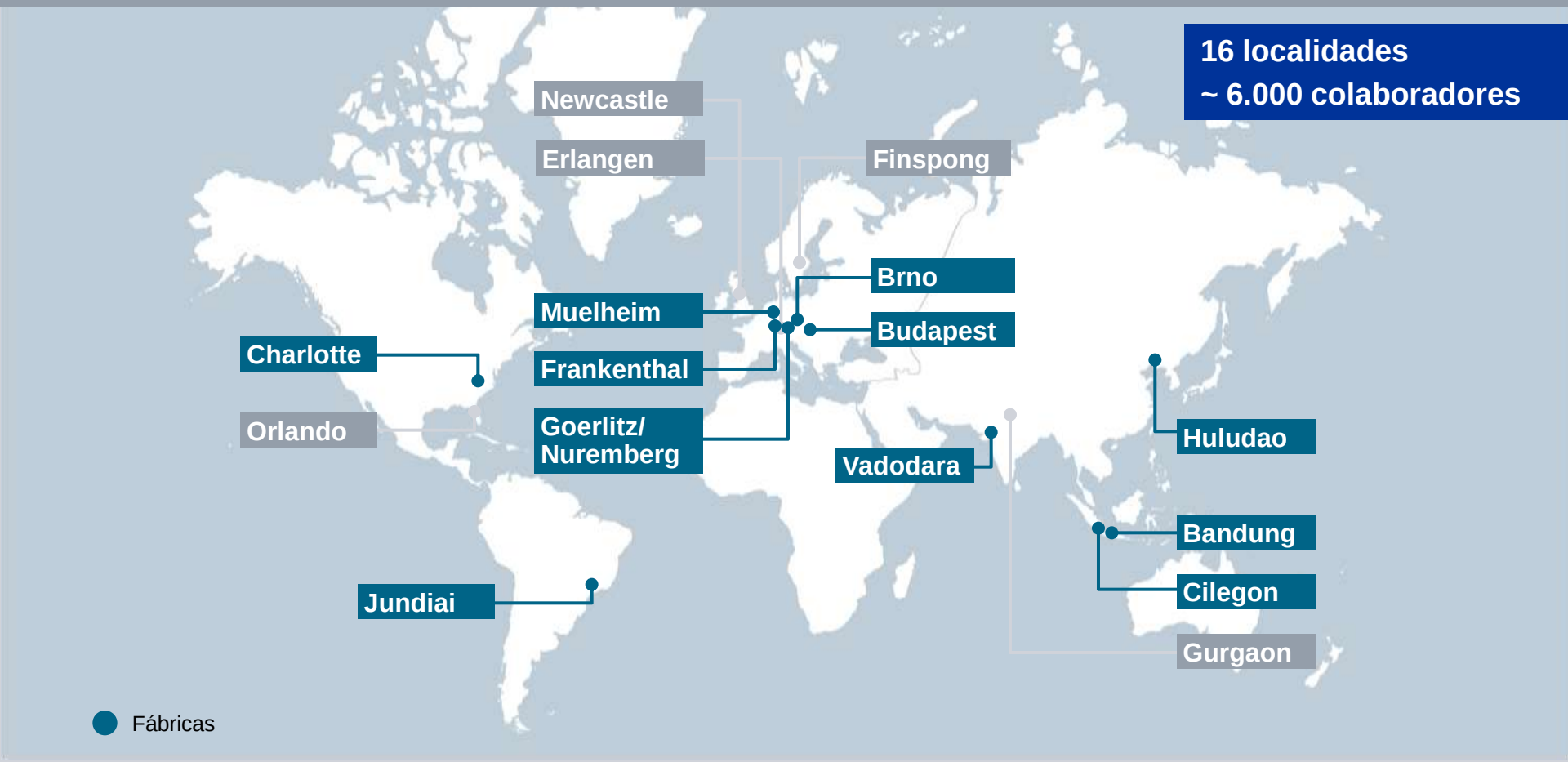
1. Introdução Siemens



Organização Global – Turbinas a Vapor
Servindo localmente os clientes

SIEMENS

Organização – Turbinas a Vapor



Copyright © Siemens Ltda. 2014. Todos direitos reservados.

Portfolio - Mais ampla linha de produtos
Líder Mundial em fabricação de Turbinas a Vapor

SIEMENS





*) currently no development

Copyright © Siemens Ltda. 2014. Todos direitos reservados.

Siemens no Brasil – Site Jundiaí

Jundiaí, SP



1. Transformadores
2. Produtos de Alta-Tensão
3. Turbinas Industriais e Serviços
4. Inversores de Frequência de Grande Porte
5. Produção de capacitores
6. Escritório da área de soluções de alta tensão
7. Nova planta de Jundiaí (fábricas de Produtos de média tensão, automação de energia e serviços para transmissão e distribuição).

Copyright © Siemens Ltda. 2014. Todos direitos reservados.

Siemens Turbinas a Vapor - Jundiaí

- Fábrica de Turbinas a Vapor em Jundiaí - SP
- Investimentos para a nacionalização do portfolio
- Índice FINAME para Turbinas até 100MW
- Balanceamento de alta rotação para todos os rotores de Turbinas
- Serviços de engenharia e assistência técnica para Turbinas a Vapor da frota Siemens, em toda América Latina
- Entrega da milésima Turbina fabricada no Brasil em 2013









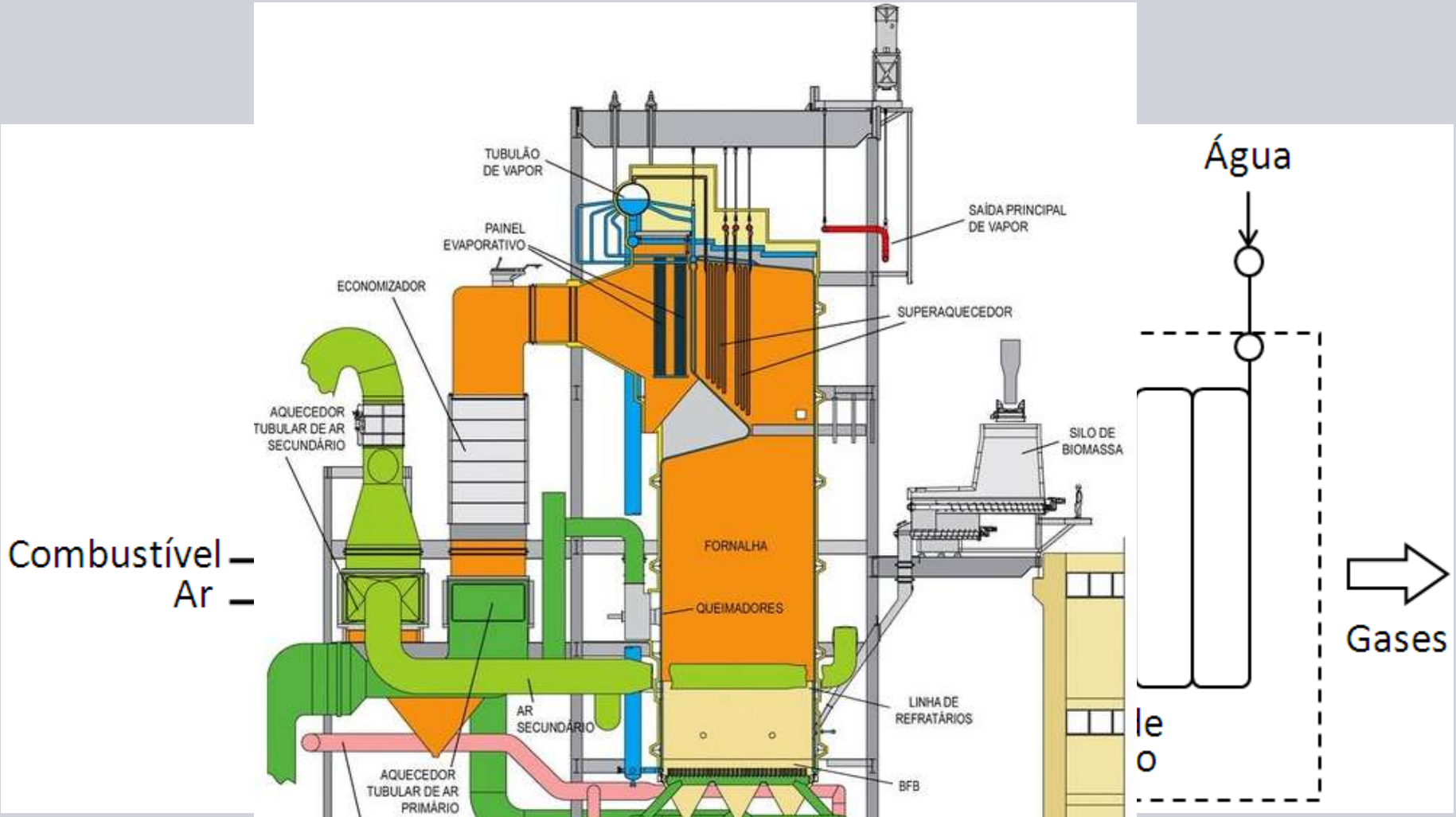


Conteúdo

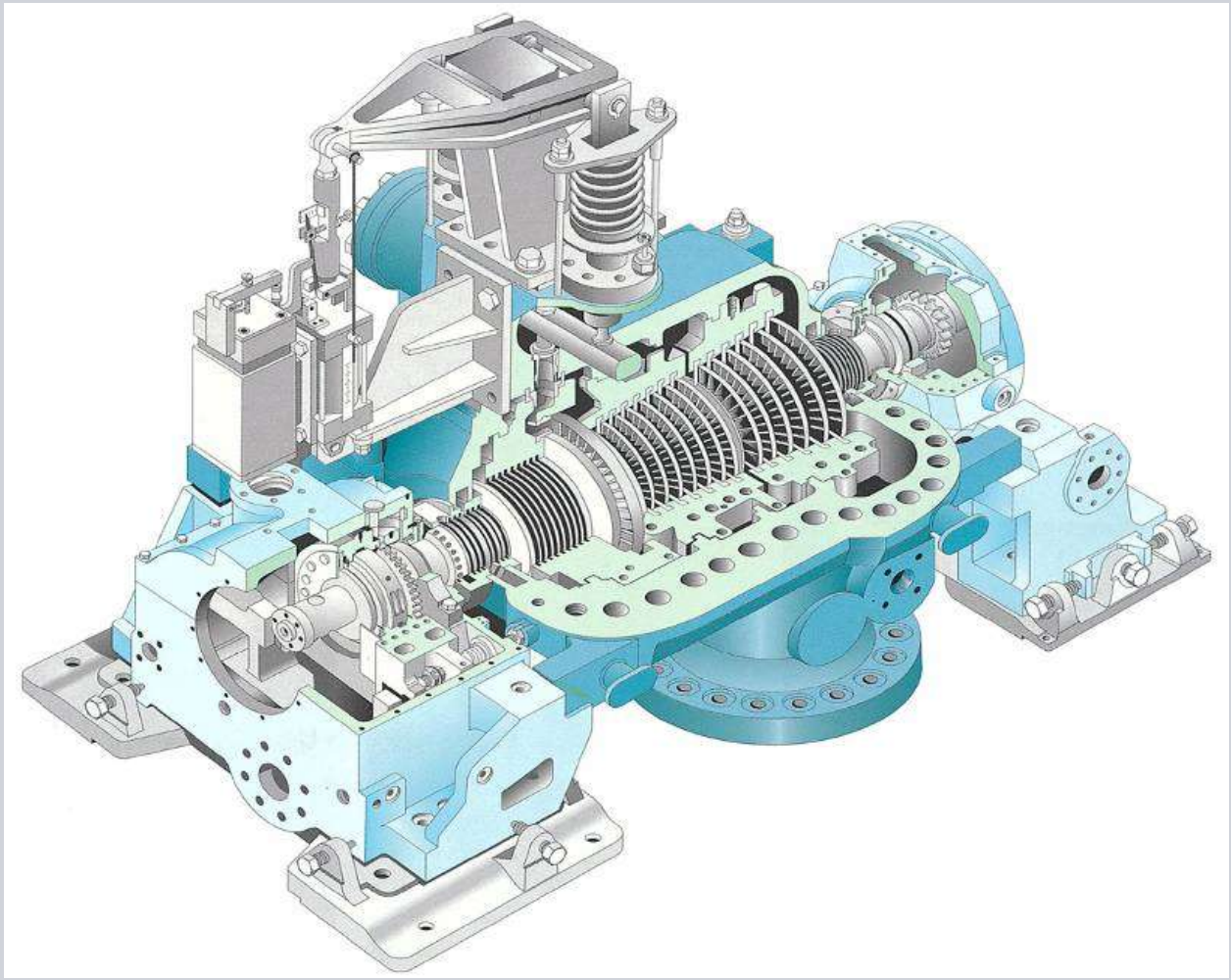
2. Ciclo a Vapor



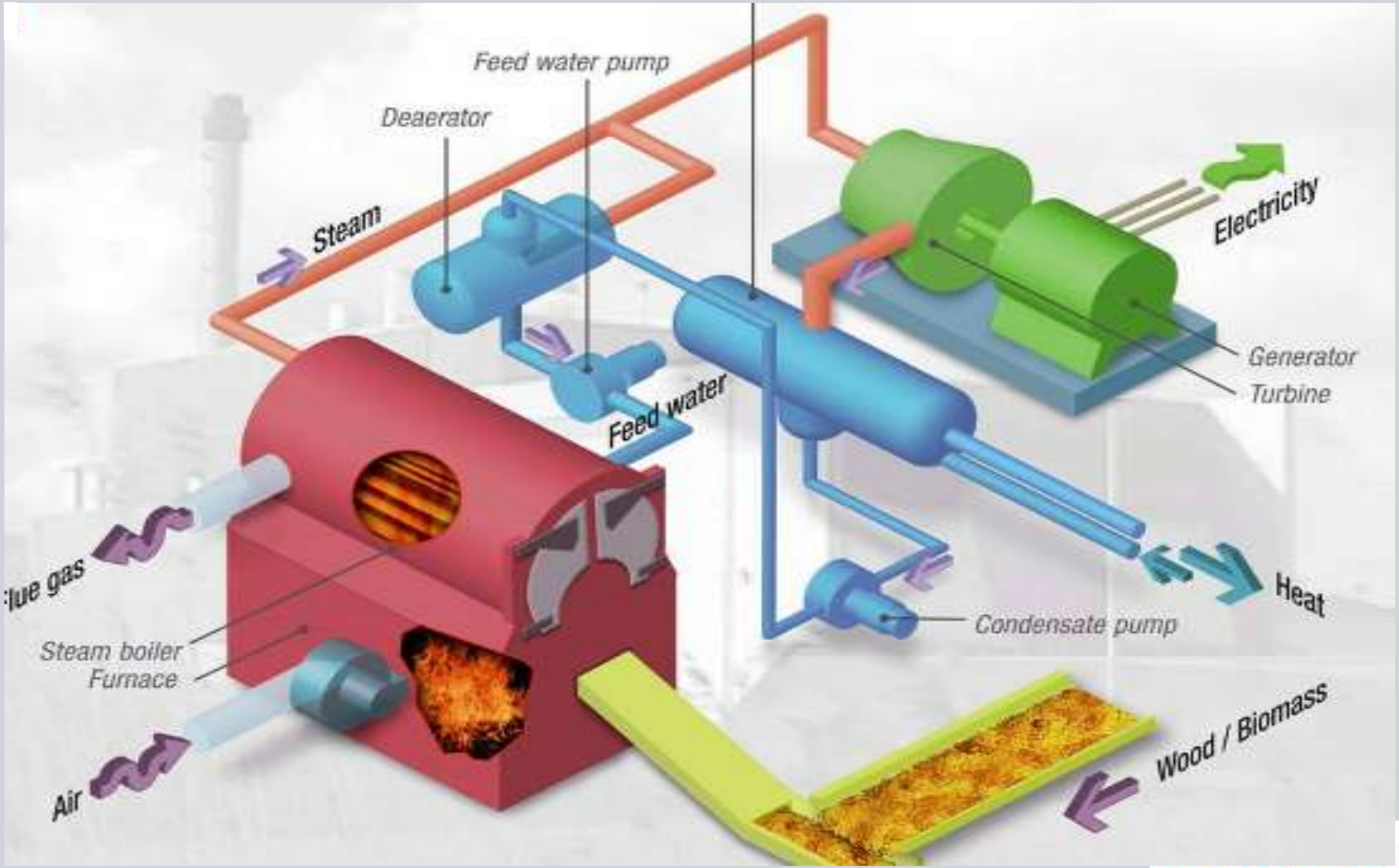
Caldeira – Gerador de Vapor



Turbina a Vapor



Ciclo Rankine

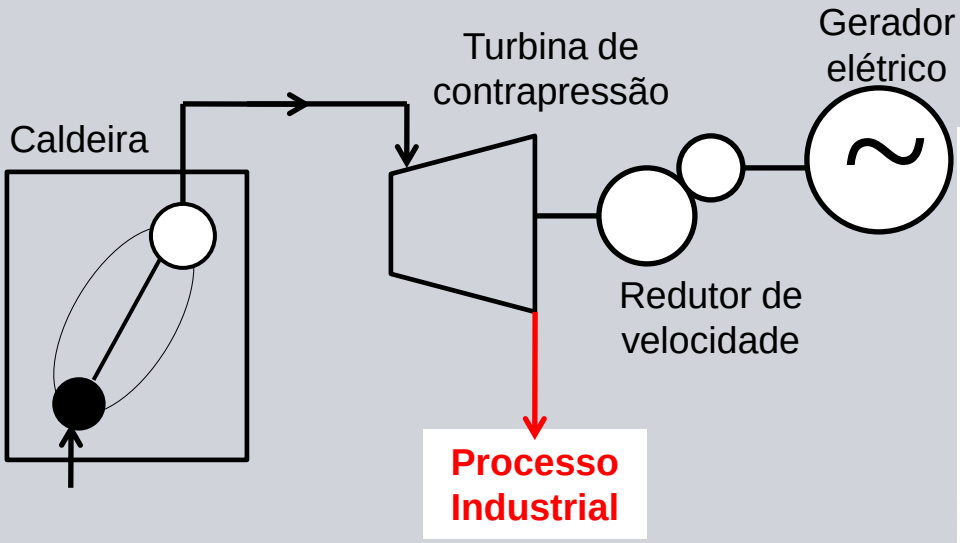


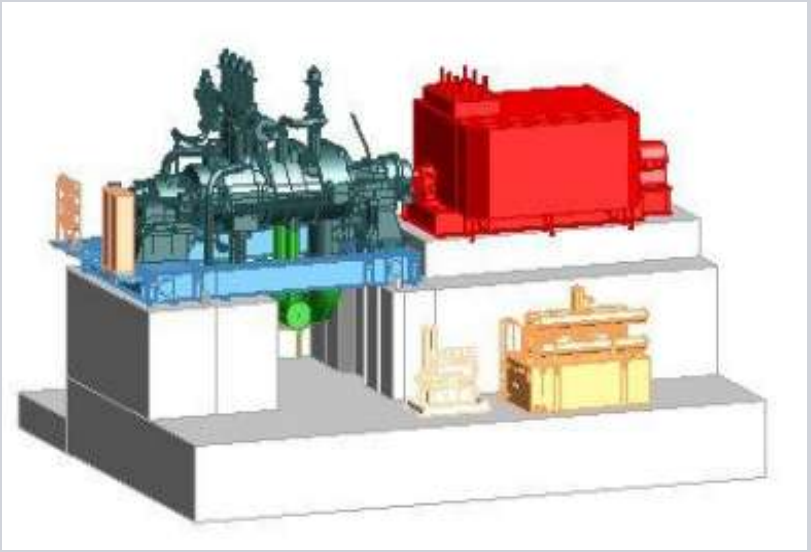
Conteúdo

3. Tipos de Turbinas - Conceito

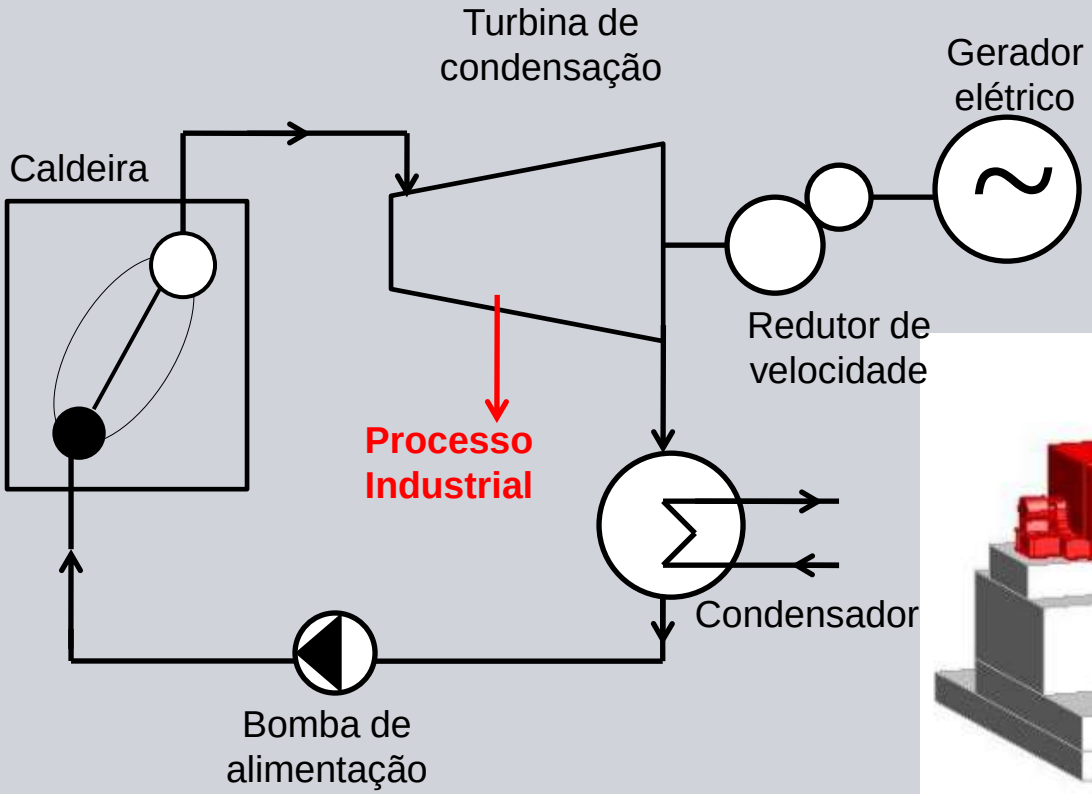


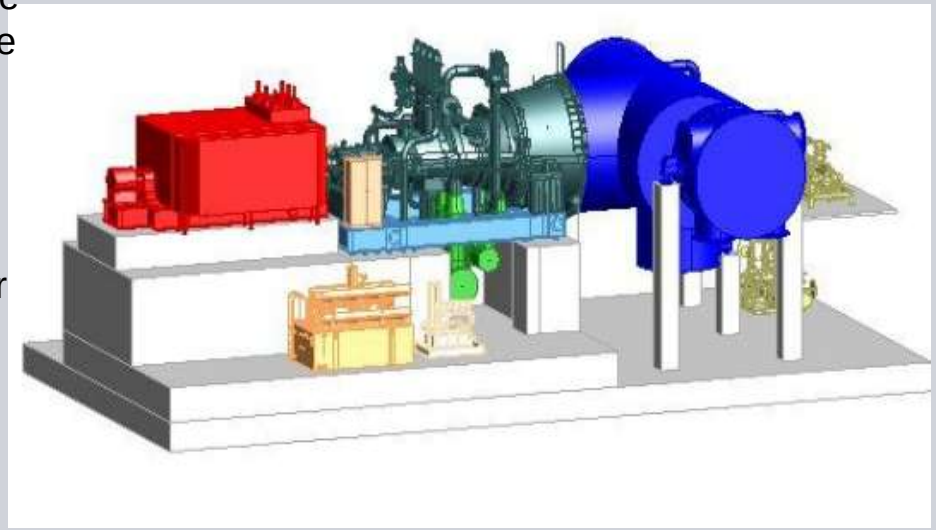
Turbinas de Contrapressão



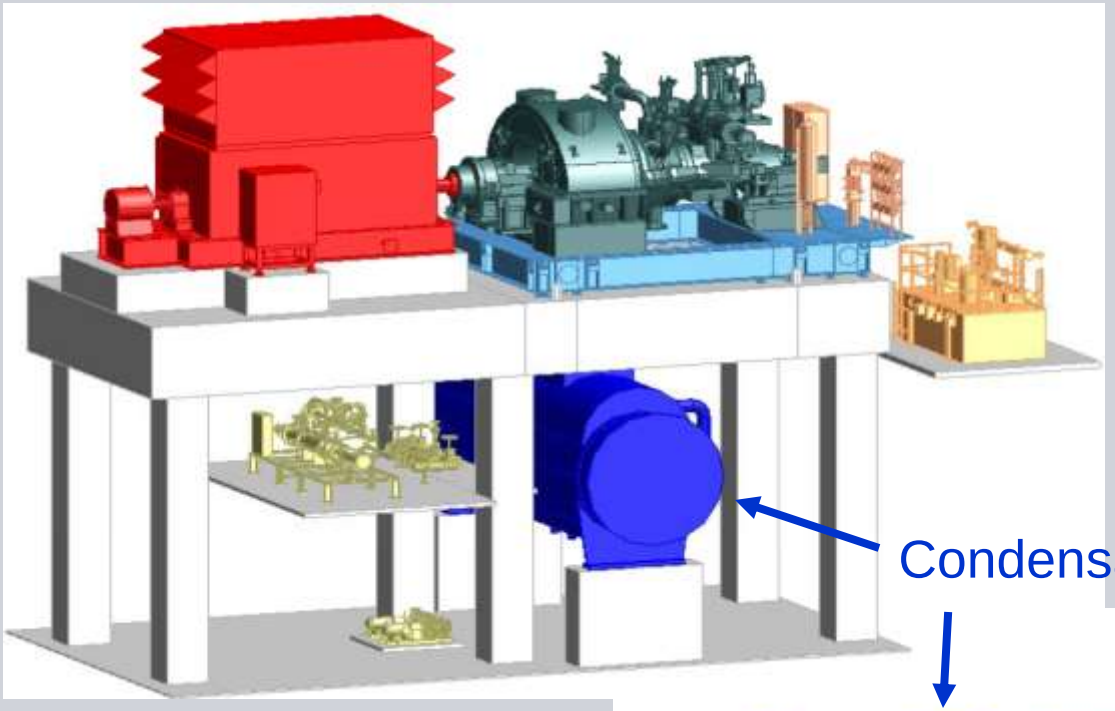


Turbinas de Condensação com extração



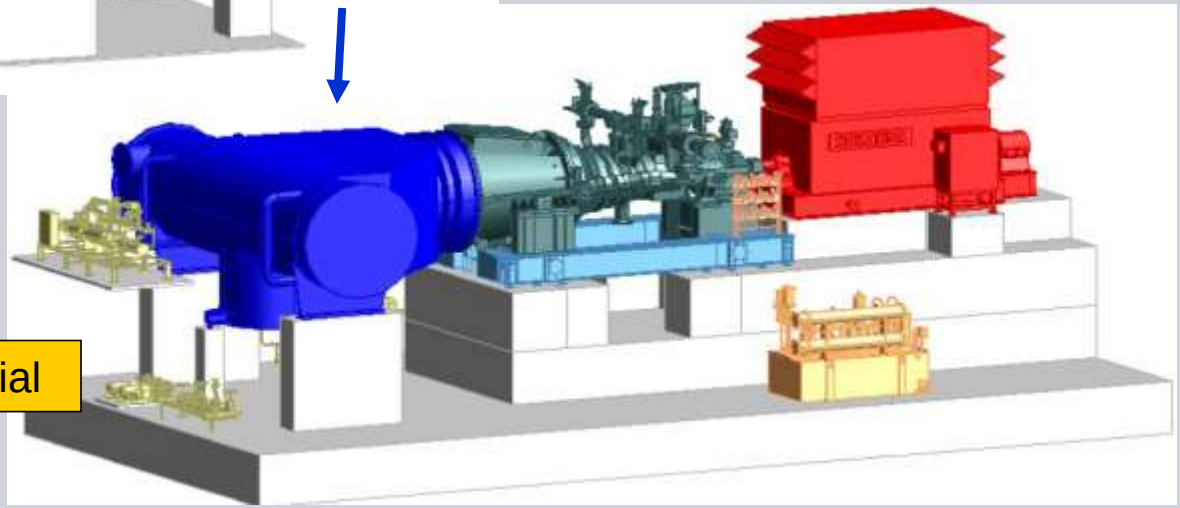


Turbinas de Condensação: Axial e Radial



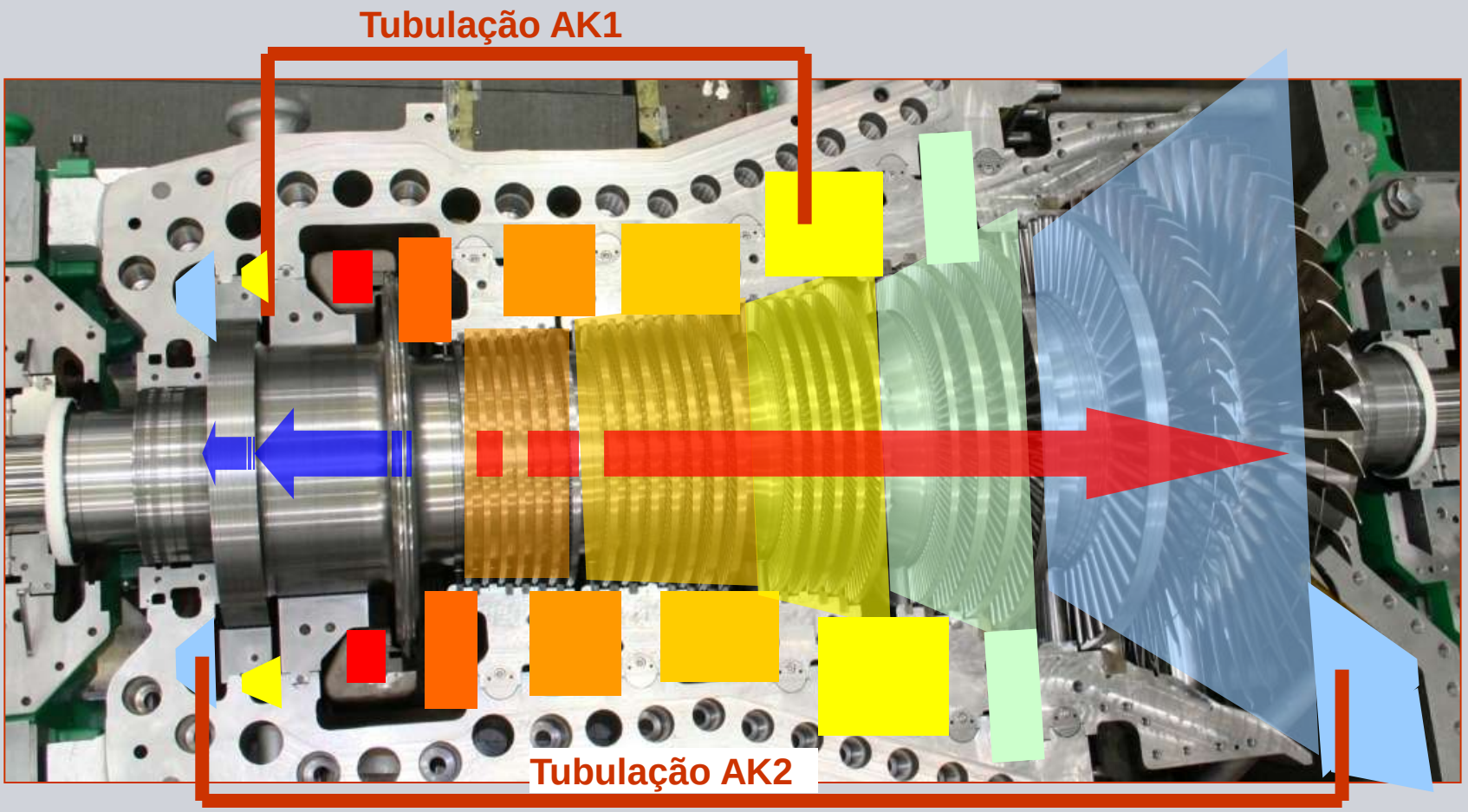
Turbina com escape axial

Condensador



Turbina com escape radial

Turbina – Fluxo de Vapor



Conteúdo

4. Cálculos de Geração de Vapor e Potencia



Entalpia

SIEMENS

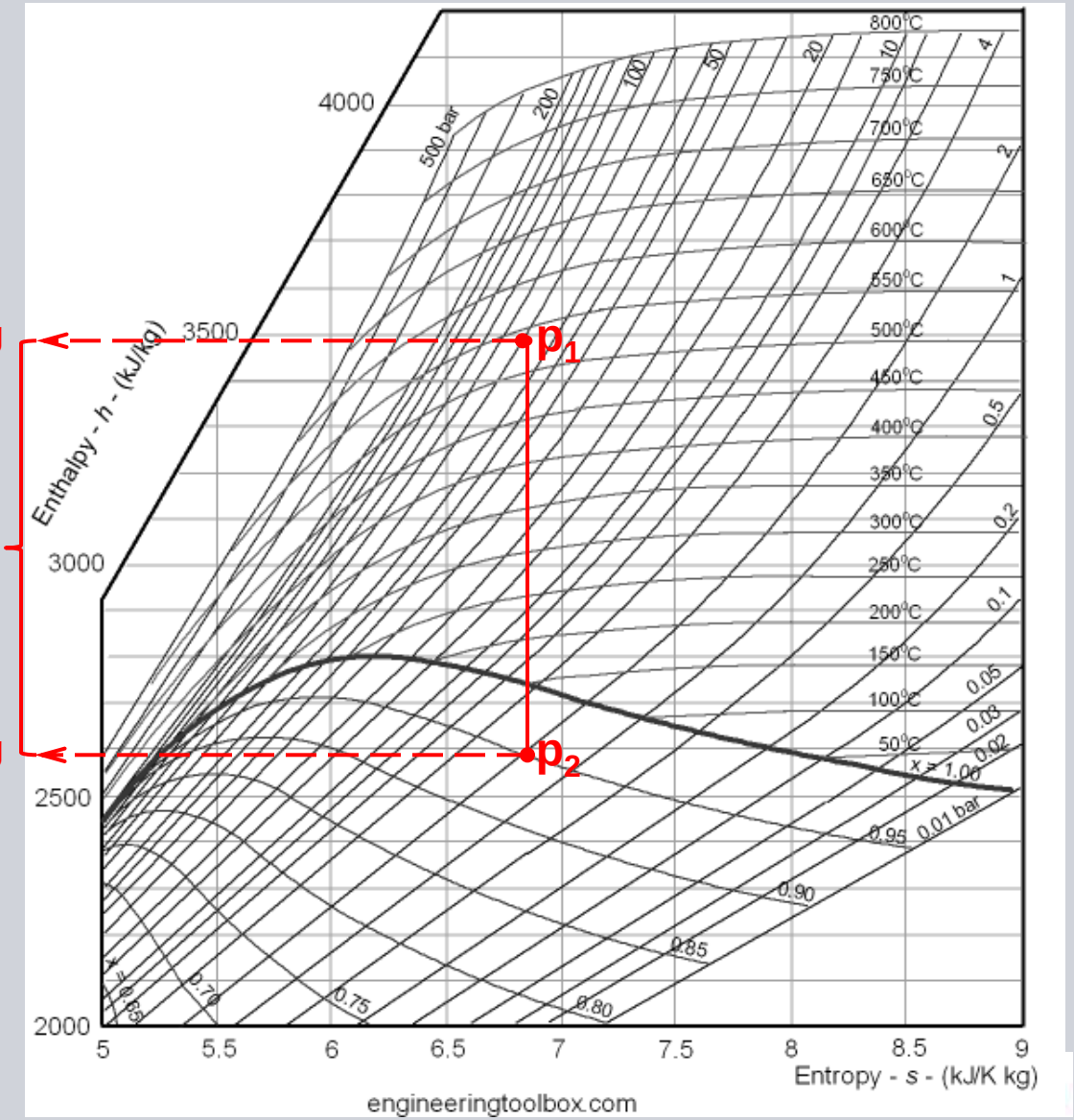
ENTALPIA DO VAPOR

Exemplo condições do vapor:
p_1 = 100 bar
T_1= 540°C

H = 3.475 kJ/kg

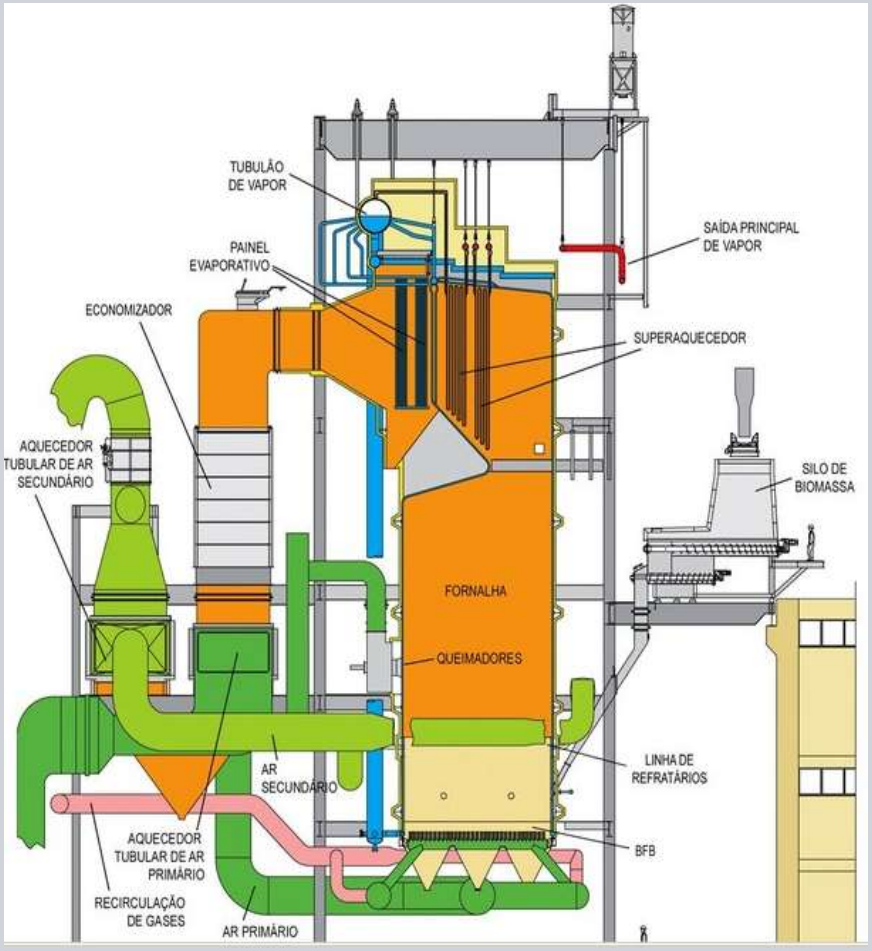
ΔH = 926 kJ/kg

H = 2.549 kJ/kg



Exemplo queda entalpica:
p_1 = 100 bar ; T_1 = 540°C
p_2 = 2 bar

Geração de Vapor



$$m = \frac{PCI \cdot Q}{H_2 - H_1} \cdot \eta$$

m = Vazão mássica de vapor (t/h)

PCI = Poder Calorífico Inferior do combustível (kJ/kg)

Q = Vazão de combustível (t/h)

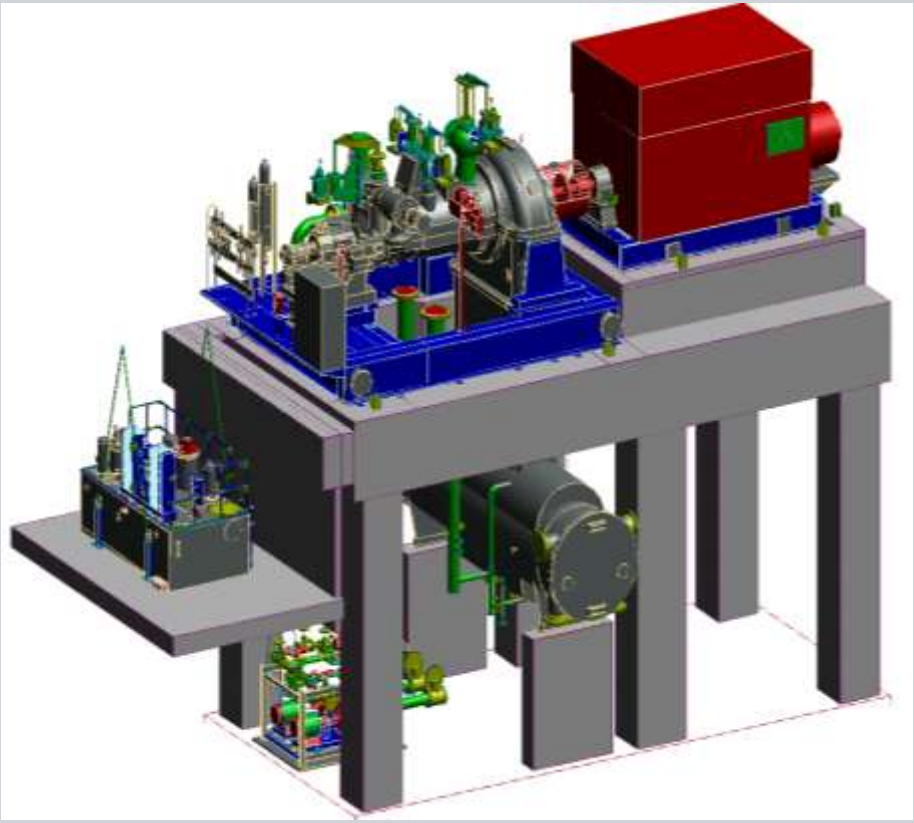
H_1 = Entalpia da água de alimentação (kJ/kg)

H_2 = Entalpia do vapor (kJ/kg)

η = Rendimento

Geração de Energia

$$P_e = [(m_1 \cdot \Delta H_1) + (m_2 \cdot \Delta H_2) + (m_n \cdot \Delta H_n)] \cdot \eta$$



P_e = Potência elétrica nos terminais do gerador (kW)

m_1 = vazão mássica de vapor de entrada na primeira parte da turbina (t/h)

m_n = vazão mássica de vapor de entrada na "enésima" parte da turbina (t/h)

ΔH = Queda de energia entalpia (kJ/kg)

η = Rendimento do turbogerador

Conteúdo

5. Usina e a Maximização da Eficiência Energética



Geração em Usinas de Açúcar e Etanol

Agrícola







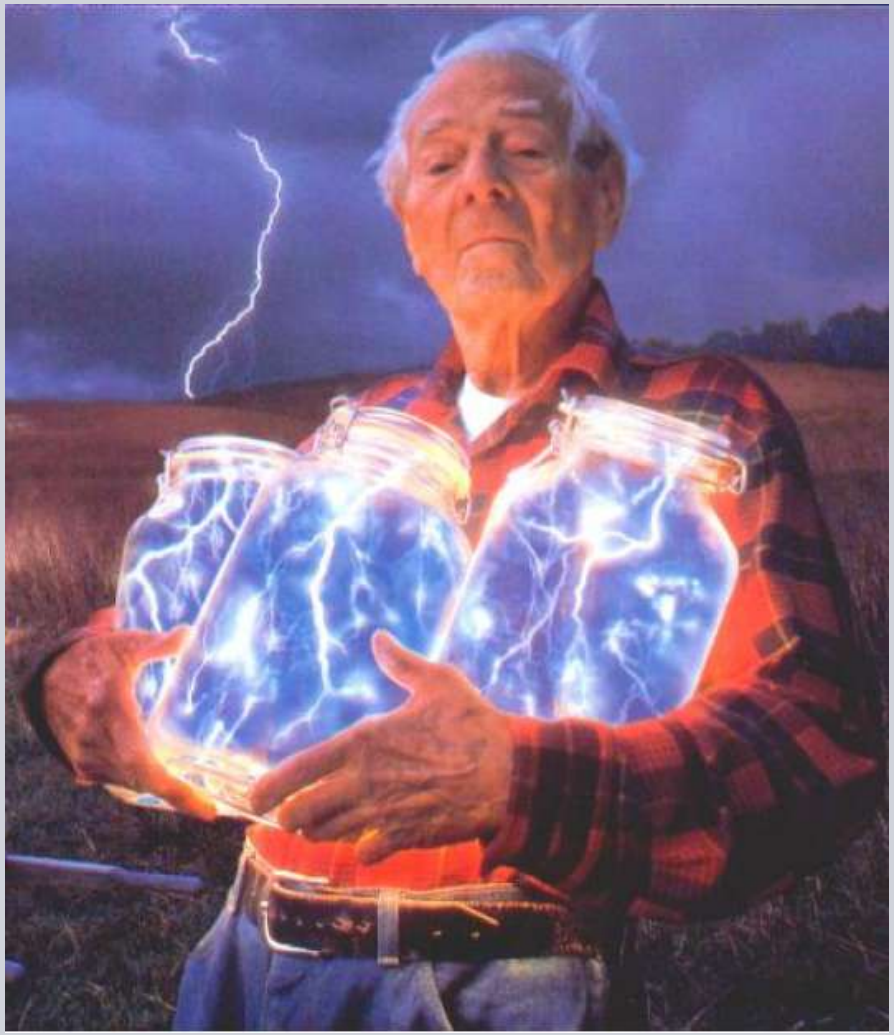
Indústria



Biomassa e Bioeletricidade

Copyright © Siemens Ltda. 2014. Todos direitos reservados.

Como aumentar a Eficiência Energética?



- **Entendimento das necessidades do processo (prioridade)**
- **Análise do potencial de combustível**
- **Estudos de balanço térmico e criação de alternativas**
- **Otimização das melhores alternativas: custo do combustível, regime de operação, preço de venda de energia, CAPEX, OPEX, etc**
- **Definição da melhor opção em conjunto com a Usina**

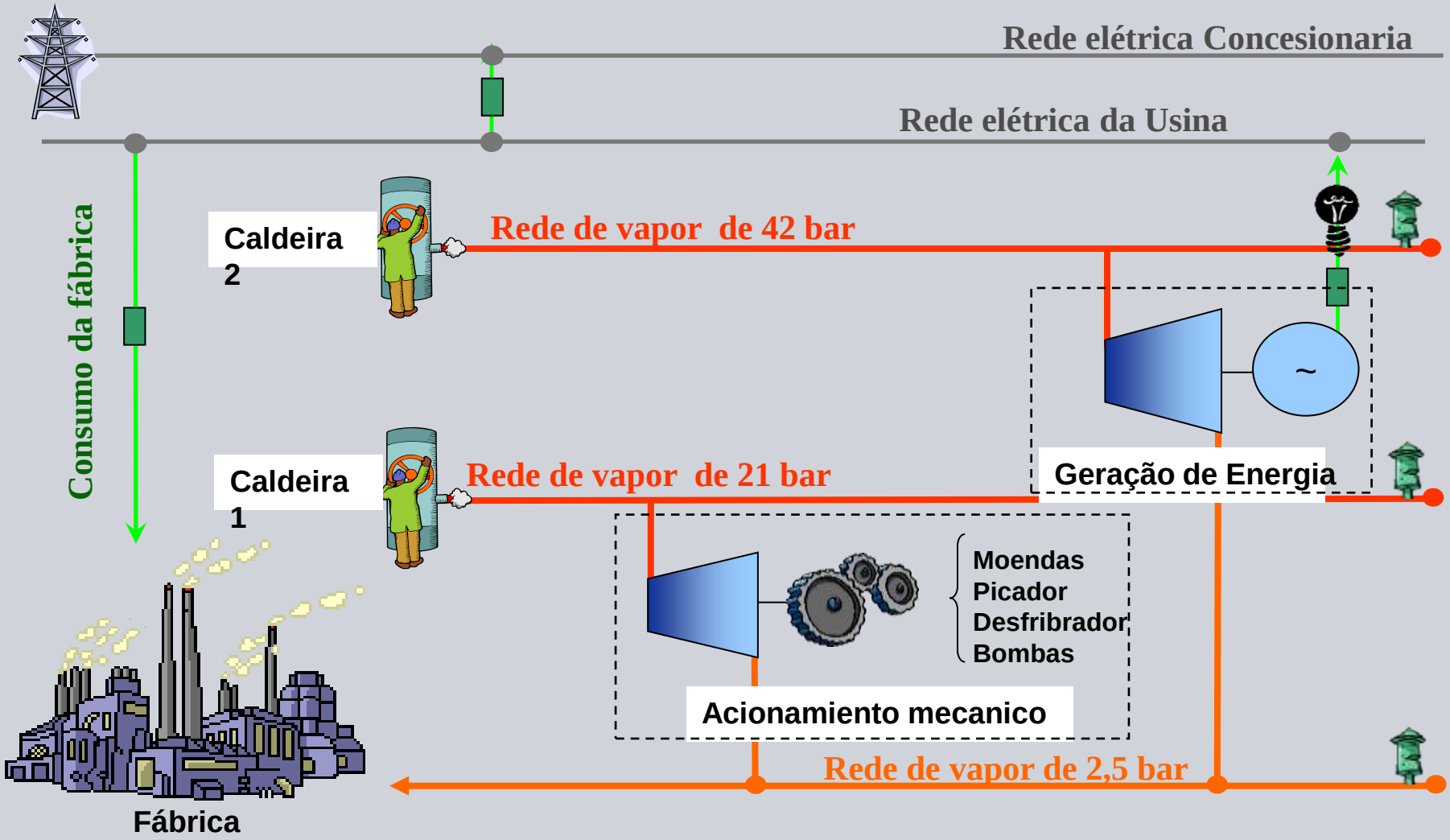
Conteúdo

SIEMENS

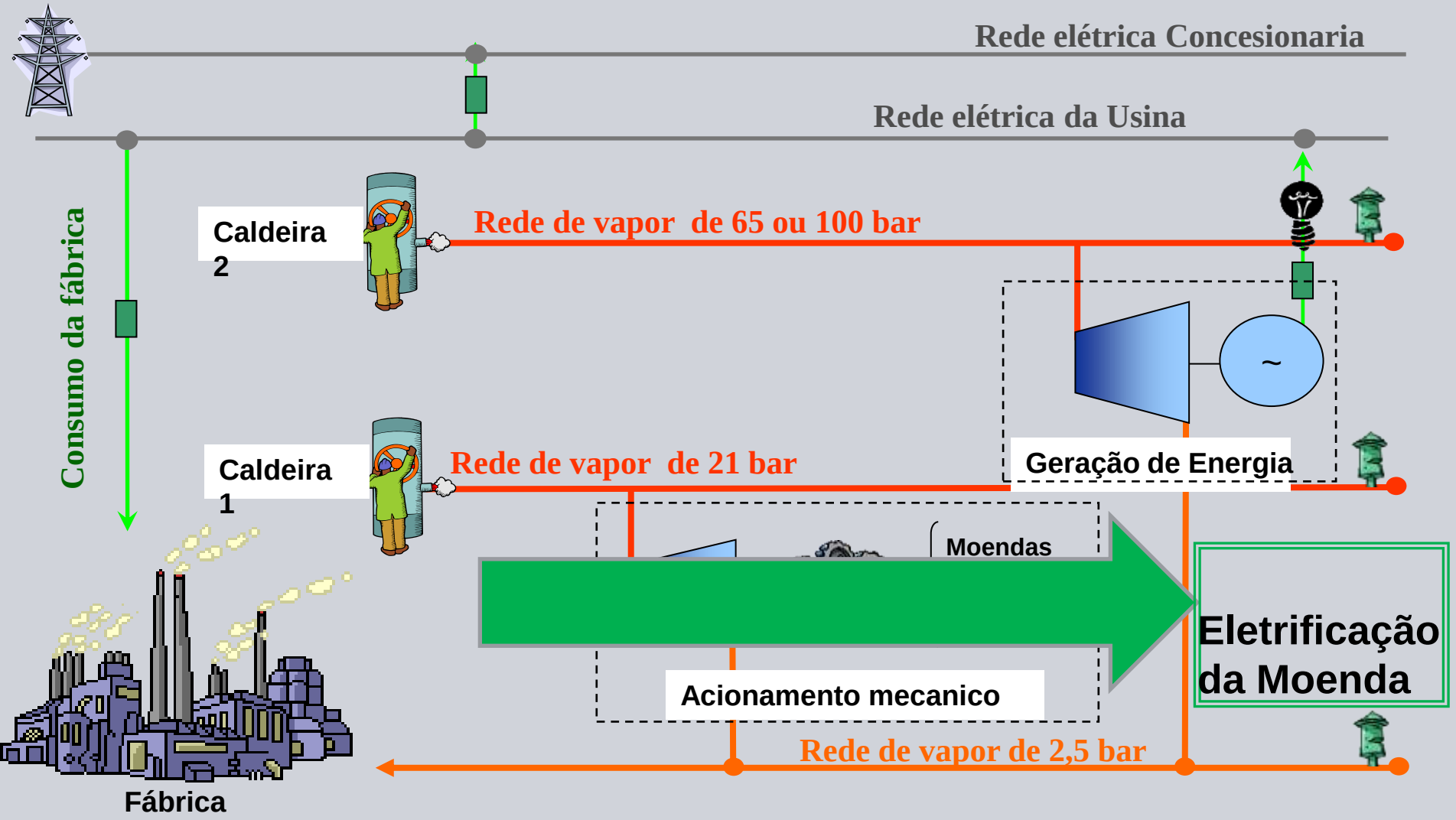
6. Pressão e Temperatura; Ciclo Rankine Convencional vs Regenerativo



Balanço de Vapor – 42bar



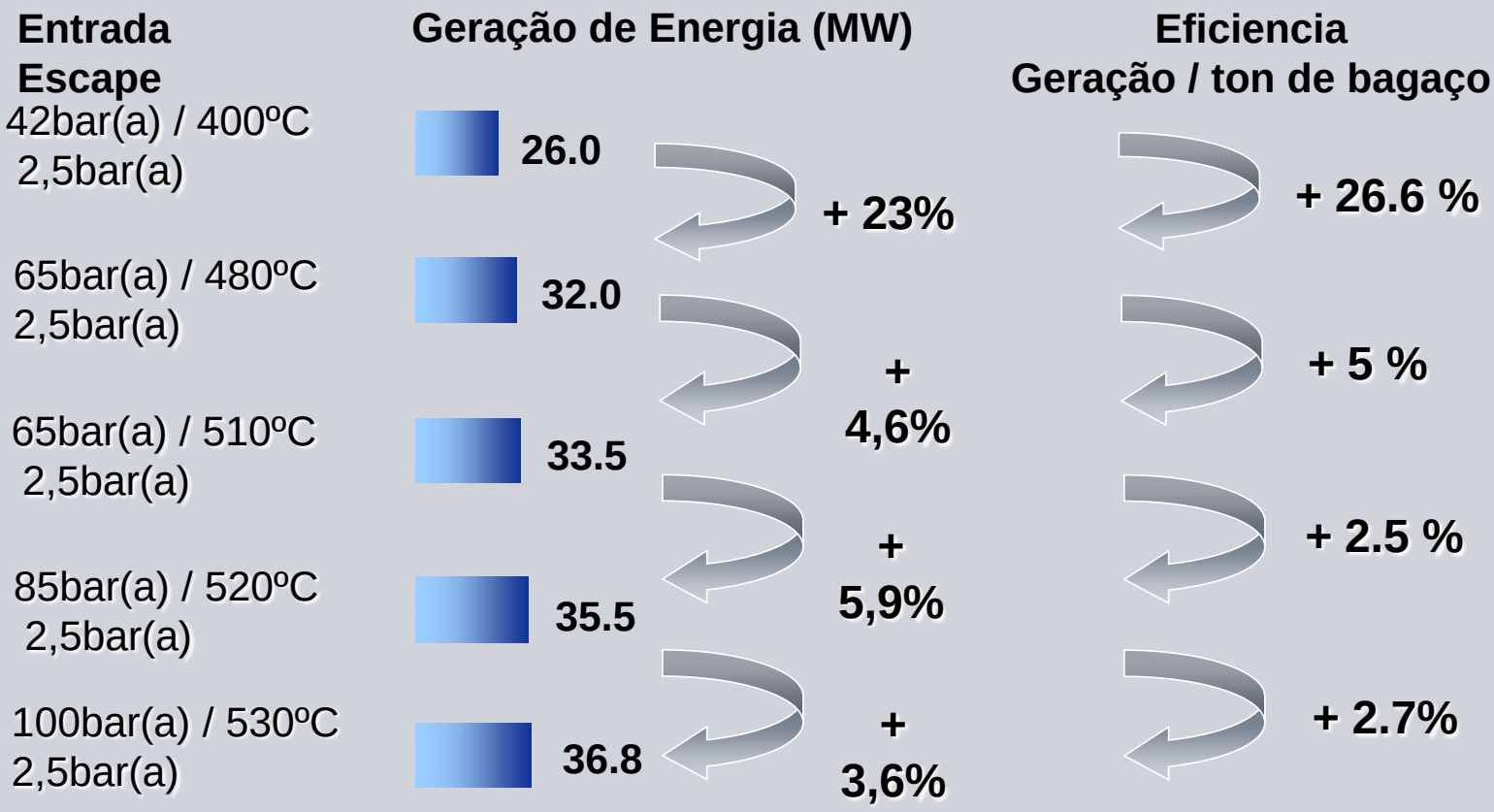
Balanço de Vapor – 65 ou 100 bar



Analise Sensibilidade – P/T do Vapor – Turbina de Contrapressão

SIEMENS

Exemplo: Fluxo de vapor de entrada: 180 t/h - Eficiencia do TG: 84%

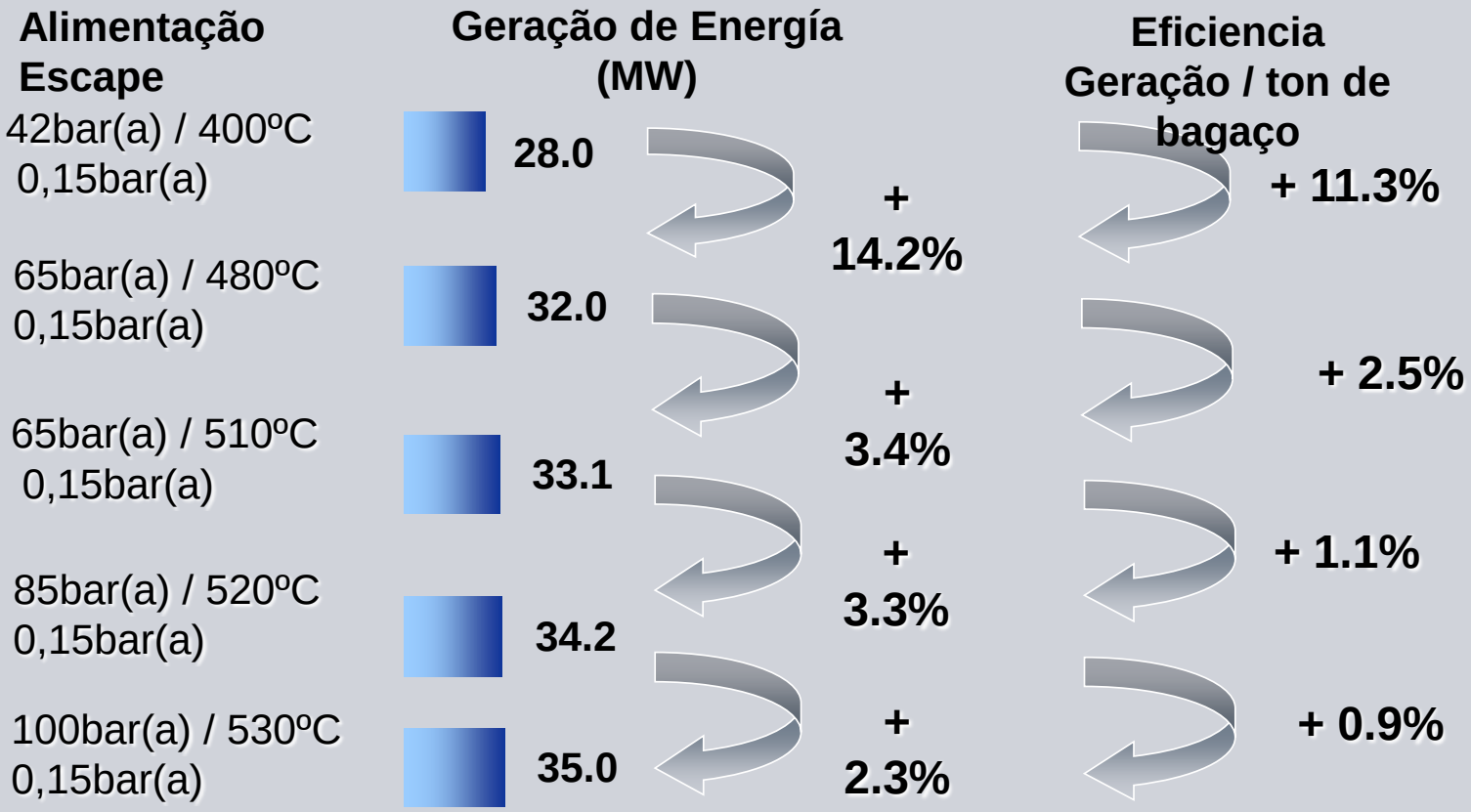


Ref. Caldeiras eff 87.8%, PCI, combustivel 50% H2O, PCI 1775kCal/kg

Analise Sensibilidade – P/T do Vapor – Turbina de Condensação

SIEMENS

Exemplo: Fluxo de vapor de alimentação: 120 t/h - Eficiencia TG: 82%



Ref. Caldeiras ef 87.8%, PCI, combustivel 50% H2O, PCI 1775kCal/kg

Analise Sensibilidade
Aumento da P/T do Vapor



- **Geração de Energia como sendo um terceiro produto da Usina (aumento da receita e do lucro)**

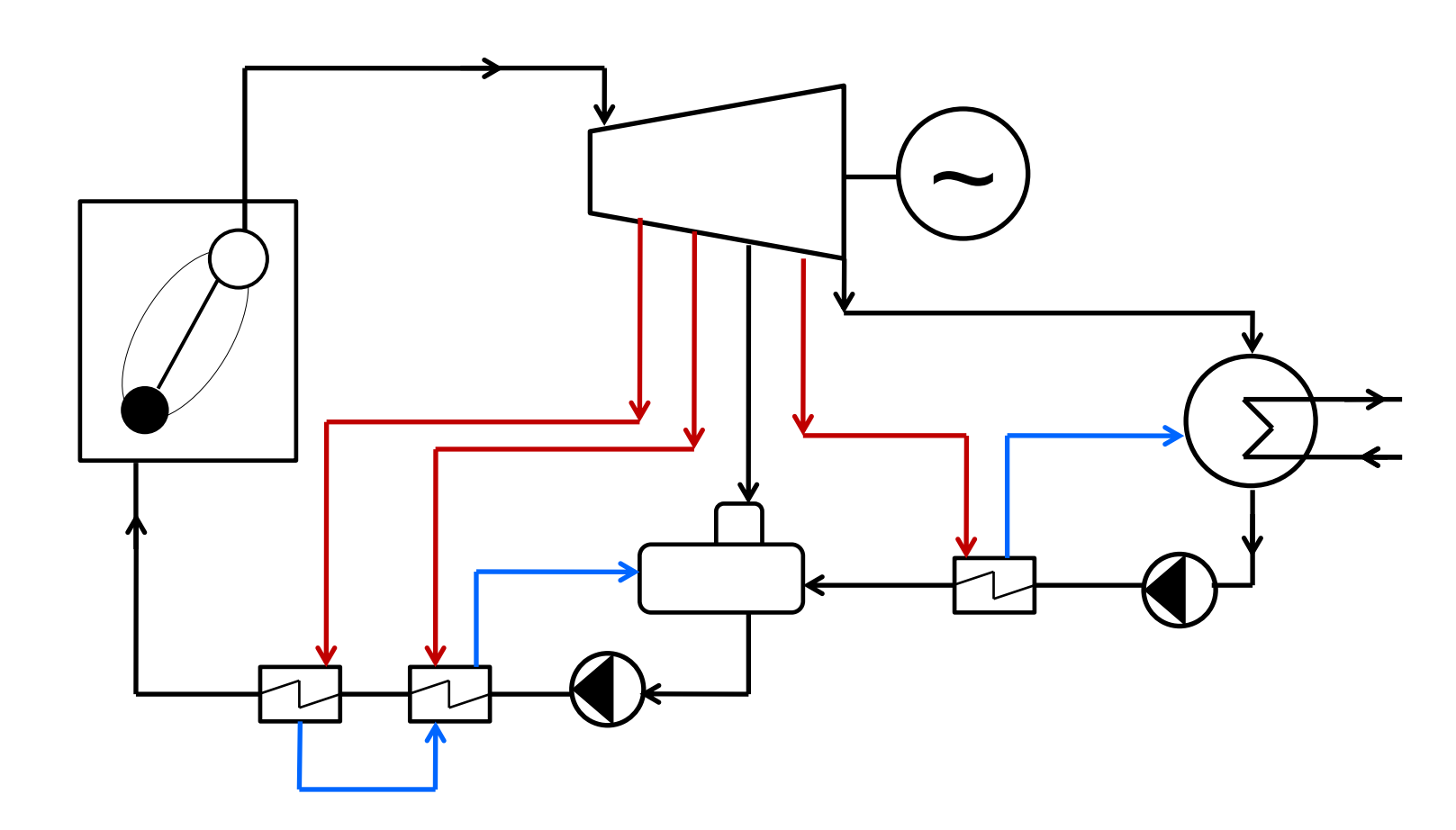
- **Substituição de Turbinas de acionamento mecânico por motores: aumento eficiência global**

- **Com os novos patamares de preço de energia, favorece as soluções mais eficientes (retorno mais rápido do investimento)**

- **A maior confiabilidade / disponibilidade do equipamento traz melhores resultados financeiros ao projeto**

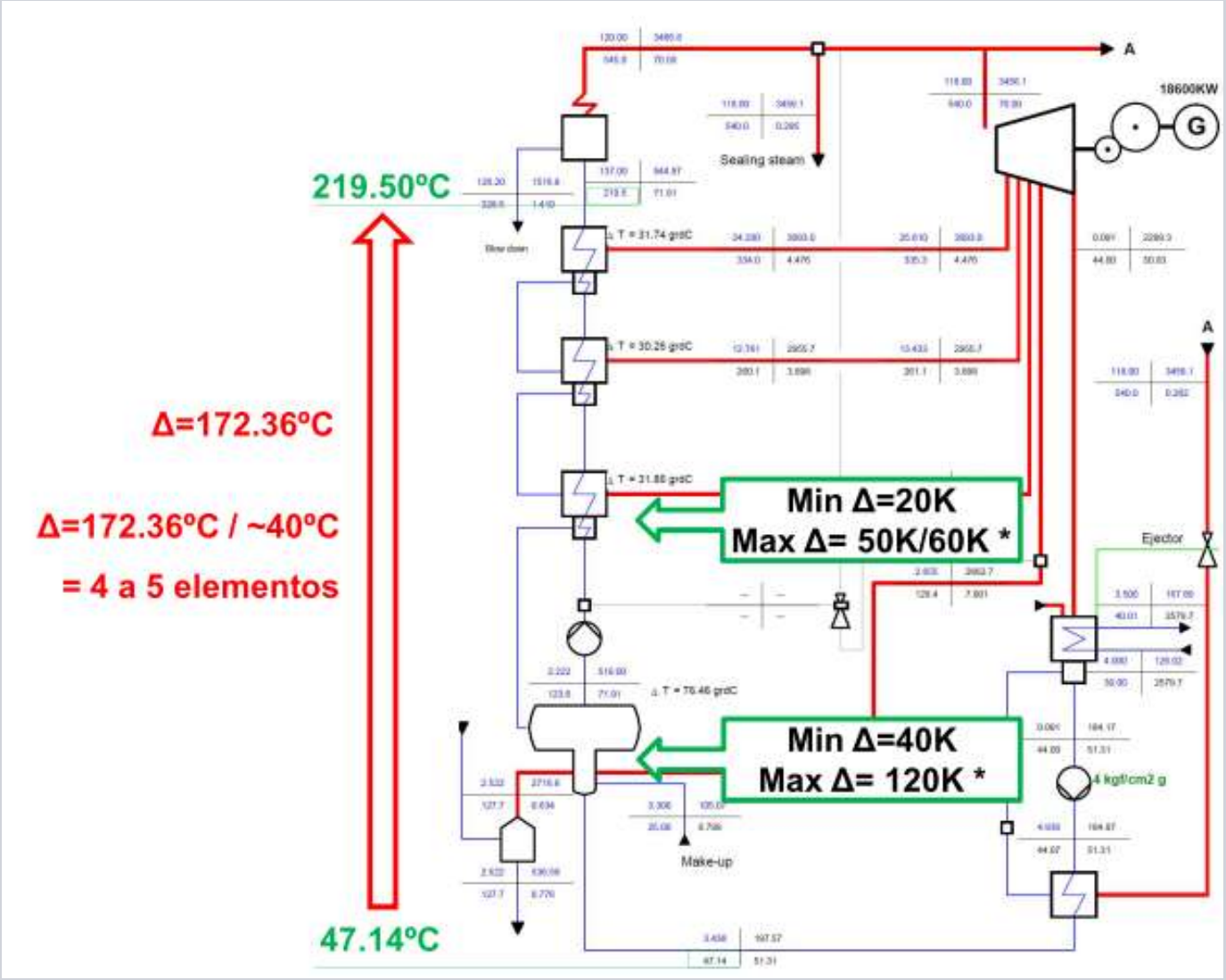
- **Redução emissões de CO_2 e recebimento de créditos de carbono**

Ciclo Regenerativo - Conceito



Copyright © Siemens Ltda. 2014. Todos direitos reservados.

CICLO REGENERATIVO – CASO REAL



Copyright © Siemens Ltda. 2014. Todos direitos reservados.

Possibilidades de ganho

ELEVAÇÃO DA RELAÇÃO VAPOR/COMUSTÍVEL

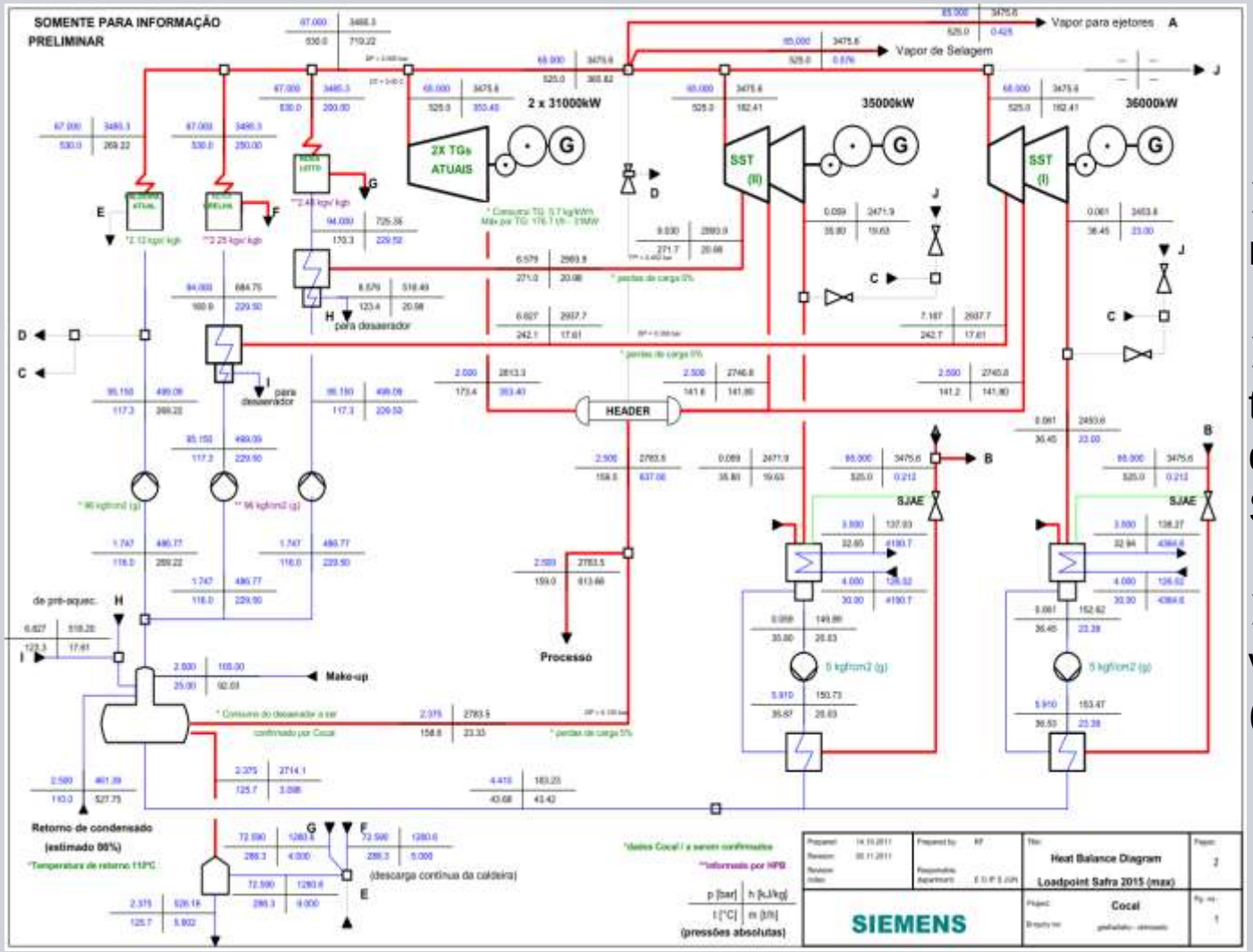
- Aumento da geração de vapor → Maior geração durante o período de operação
- Economia de combustível → Potencial para gerar em períodos de parada e/ou entressafra

Resultado final → MAIOR GERAÇÃO DE BIOELETRICIDADE

Copyright © Siemens Ltda. 2014. Todos direitos reservados.

CICLO REGENERATIVO – CASO REAL

SIEMENS



- Sofware proprietário
- Simula condições reais de performance
- Interação do balanço térmico com o cálculo da turbina a vapor Siemens
- Permite cálculo com vários elementos (caldeiras & turbinas)

Conteúdo

SIEMENS

7. Ciclo Rankine de Reaquecimento

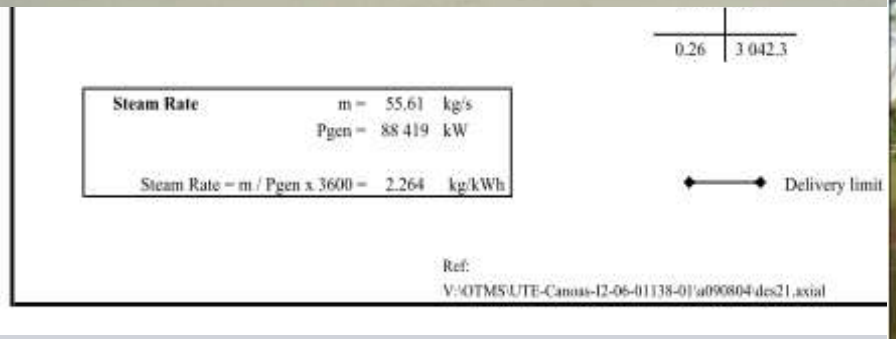


Ciclos de Reaquecimento



- UTE Canoas – Petrobras;
- 88,4 MW - 111 Bar / 524 ºC;





Ciclos de Reaquecimento



Copyright © Siemens Ltda. 2014. Todos direitos reservados.

Conteúdo

SIEMENS

8. Aplicação Industrial – Turbinas em Usinas de Açúcar e Etanol



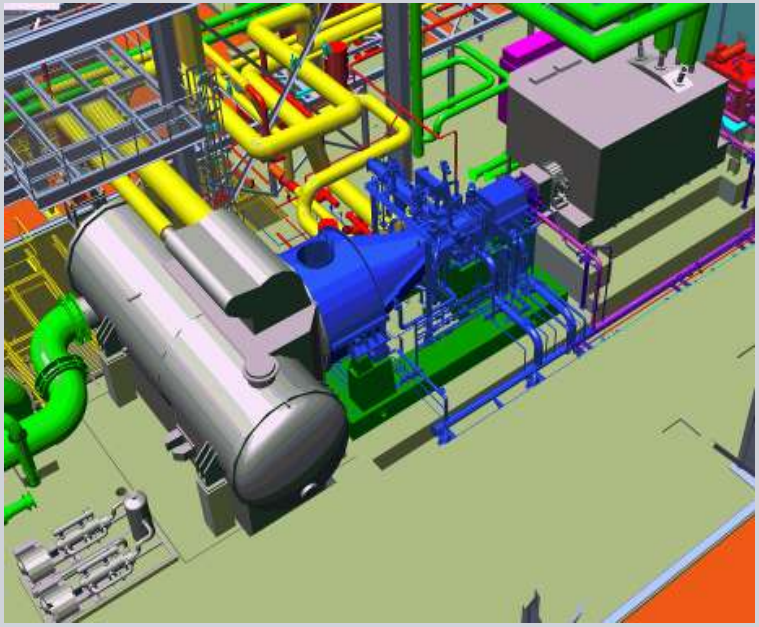
Ciclos Regenerativo – Caso Real

SIEMENS

Premissas (informações fornecidas pelo cliente)

Moagem	
2013	4 MTC
2014	5 MTC
2015	6 MTC

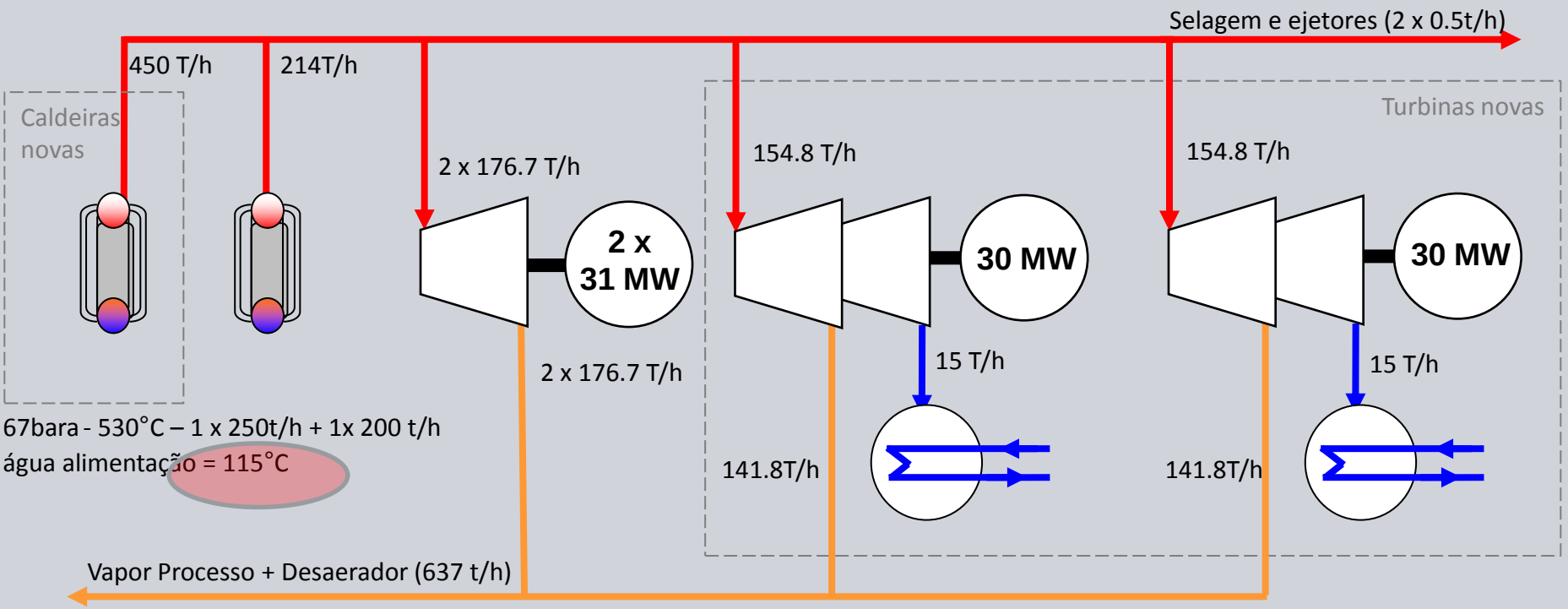
Fibra média	13%
Consumo específico de vapor por tonelada de cana	490 kg/t
Tempo operação	240 dias
Aproveitamento	80%
Tempo efetivo	4.608 h
Consumo específico de vapor da turbinas existentes	5,7 kg/kW
Palha	N.A
Reserva de combustível	3%



Ciclos Convencional – Caso Real SAFRA

SIEMENS

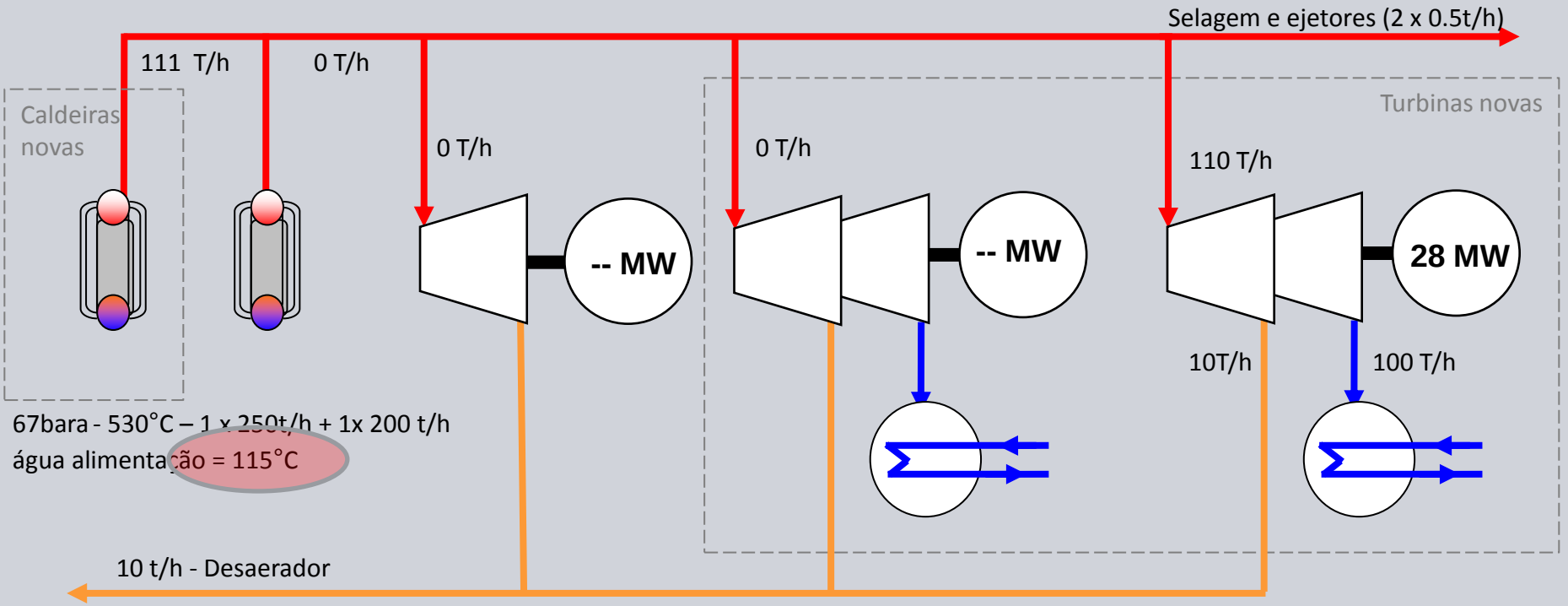
Geração Total = 122MW



Ciclos Convencional – Caso Real
ENTRE-SAFRA

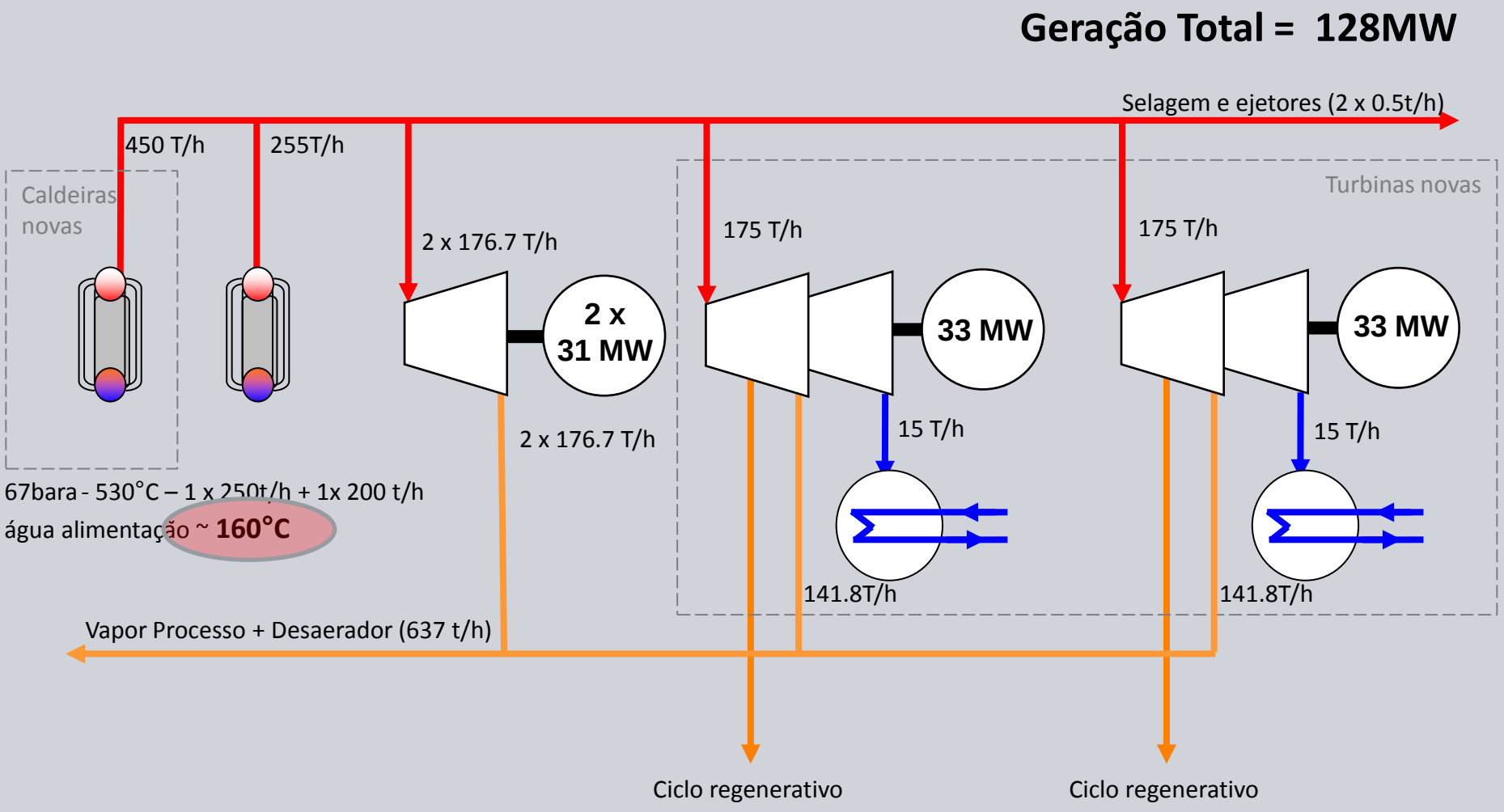
SIEMENS

Geração Total = 28 MW
Período = 85 dias



Ciclos Regenerativo – Caso Real SAFRA

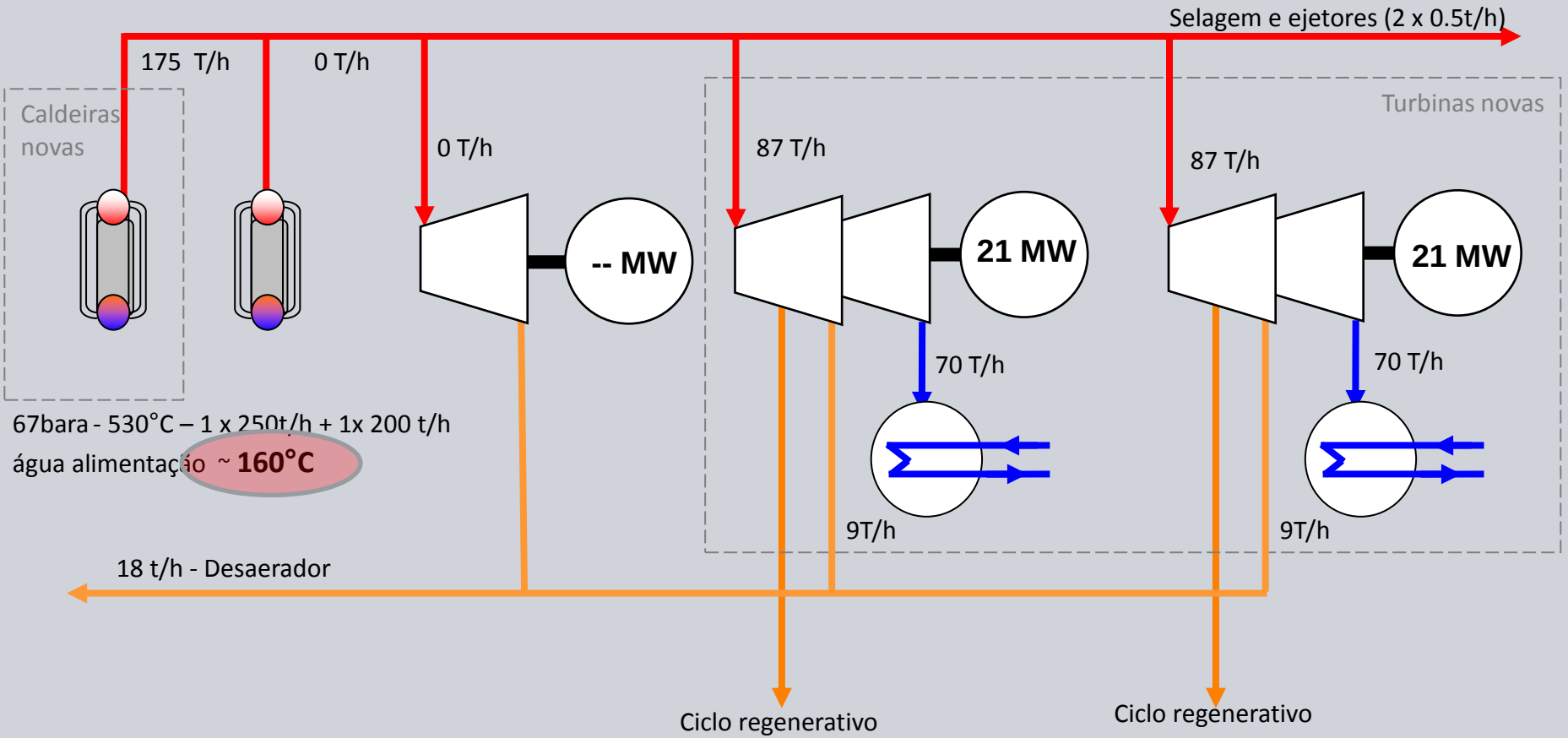
SIEMENS



Ciclos Regenerativo – Caso Real
ENTRE-SAFRA

SIEMENS

Geração Total = 42 MW
Período = 85 dias



Caso Real
Ciclo Convencional vs Regenerativo

SIEMENS

Solução	Básica	Otimizada
Geração Safra	122 MW	128 MW
Consumo interno	39 MW	39 MW
Tempo efetivo	4,600 h	4,600 h
Exportação	381,800 MWh	409,400 MWh
Geração Entressafra	28 MW	42 MW
Consumo interno	3.5 MW	3.5 MW
Tempo Efetivo	2,040 h	2,040 h
Exportação	49,980 MWh	78,540 MWh
Total Exportação	431,780 MWh	487,940 MWh
Valor Energia	R$ 110.00 MWh	R$ 110.00 MWh
Faturamento/safra	**R$ 47,495,800.00**	**R$ 53,673,400.00**
Otimização/ano	**R$ 6,177,600.00**	

Receita da Venda Energia vs Investimento no Turbogerador

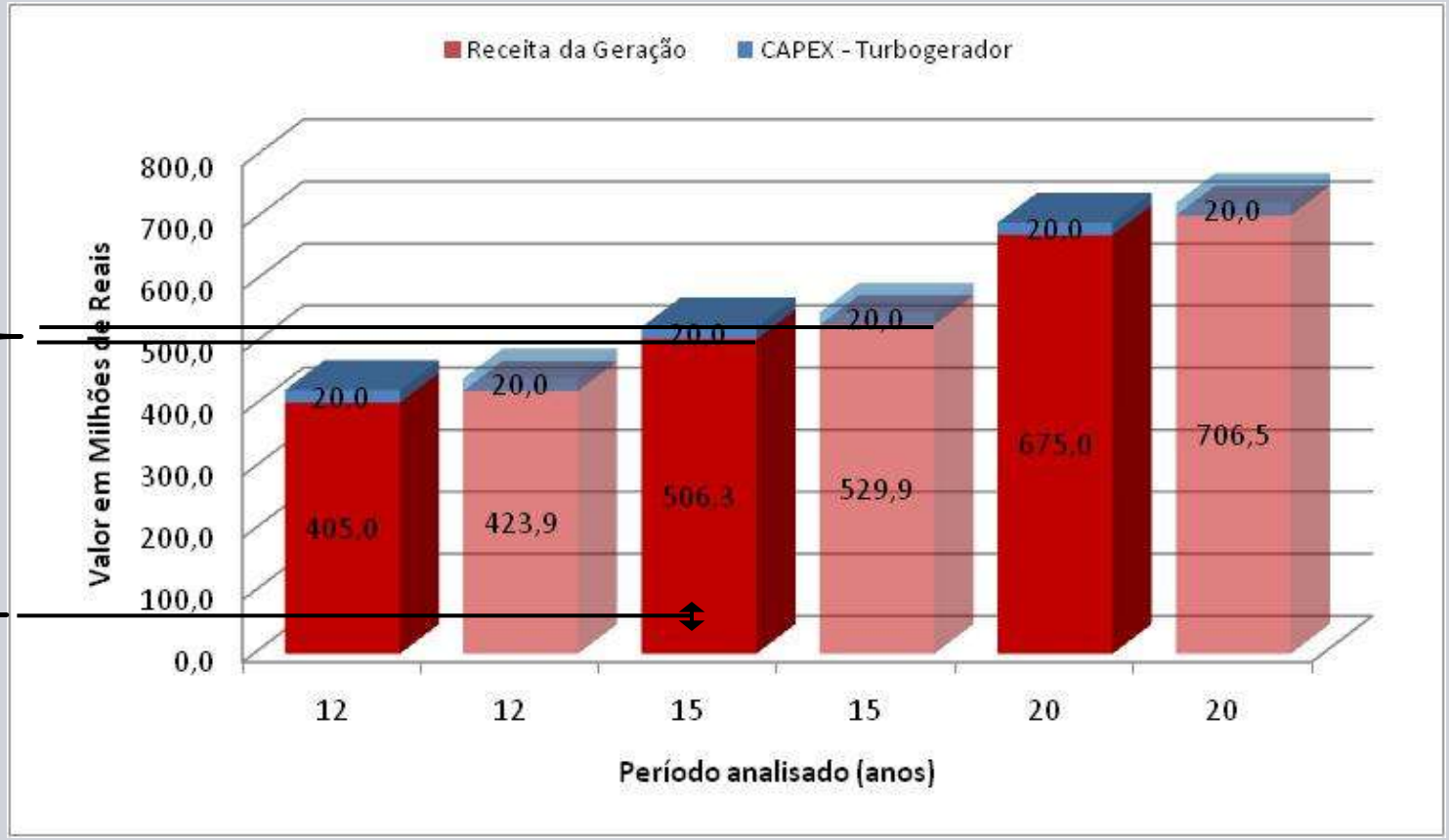
Total Cost of Ownership (TCO)
O custo do Turbogerador representa <5% da receita com a venda da energia exportada

Aumento de 3% na Eficiência da turbina:

Receita adicional de MR$ >20

Turbina (35MW) parada durante 1 mes:

MR$ ~4,0



Usina base: Geração total = 70MW; Energia exportada = 45MW;

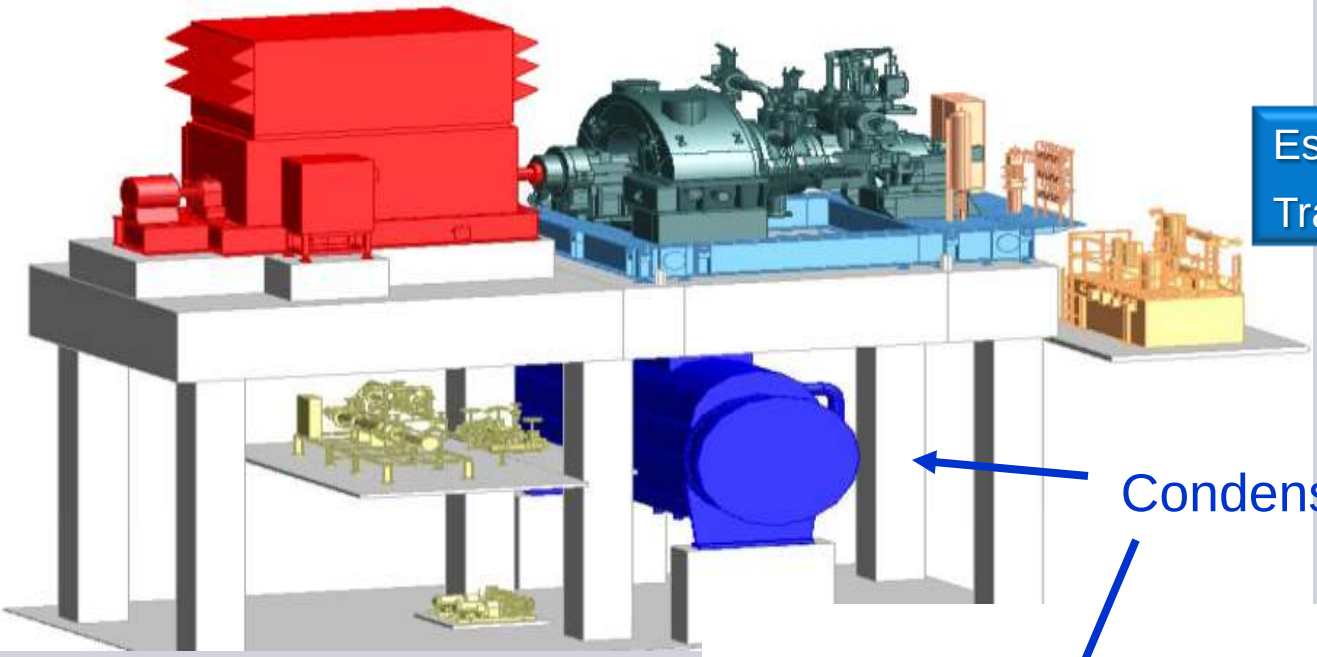
Copyright © Siemens Ltda. 2014. Todos direitos reservados.

Conteúdo

9. Otimizações de CAPEX & OPEX



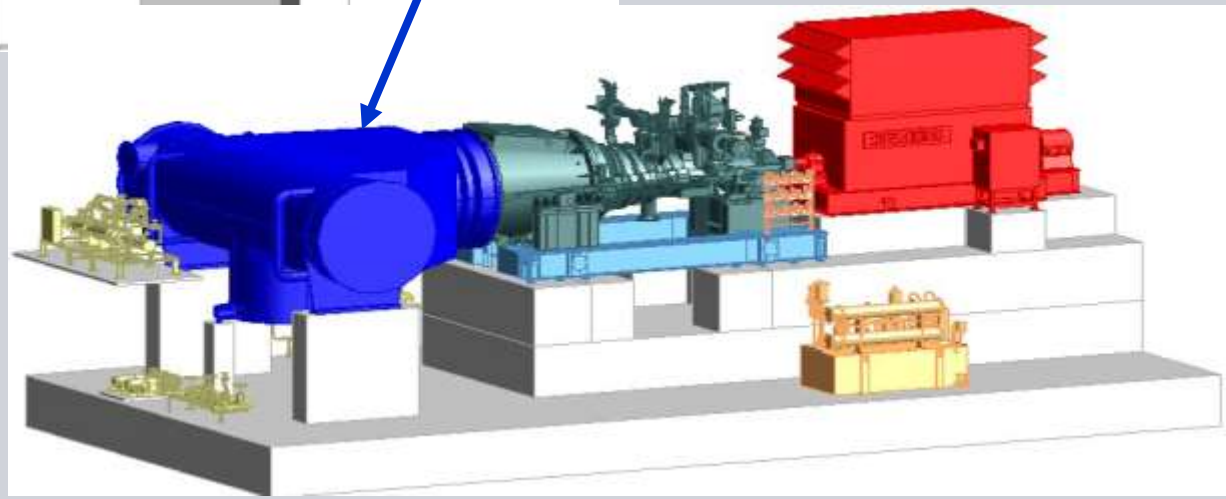
Otimização de Layout



Escape axial

Transversal a frente da turbina

Condensador



Escape radial

Transversal abaixo da turbina

Copyright © Siemens Ltda. 2014. Todos direitos reservados.

SOLUÇÃO COM ESCAPE AXIAL

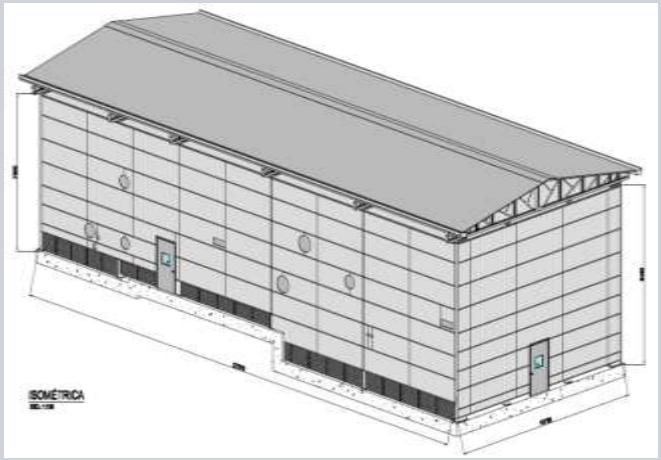


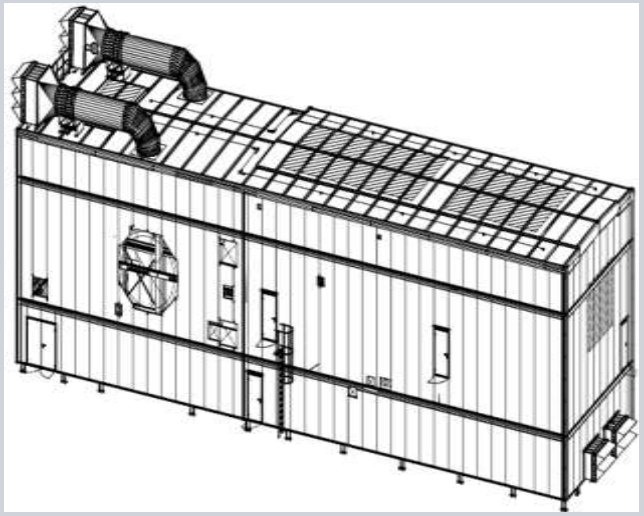
Copyright © Siemens Ltda. 2014. Todos direitos reservados.

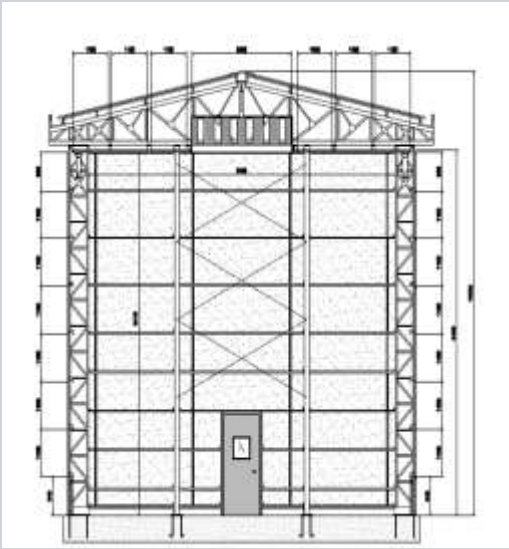
Instalação ao tempo - Outdoor



- Siemens possui diversas referências e experiências de instalação ao tempo;

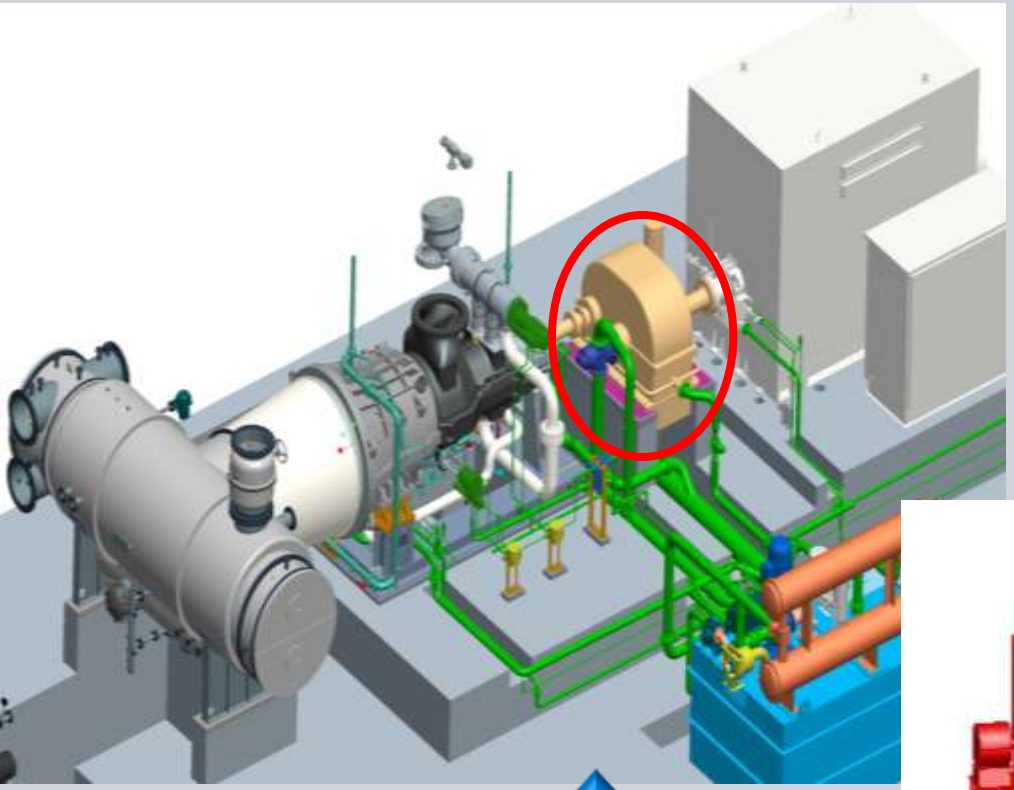




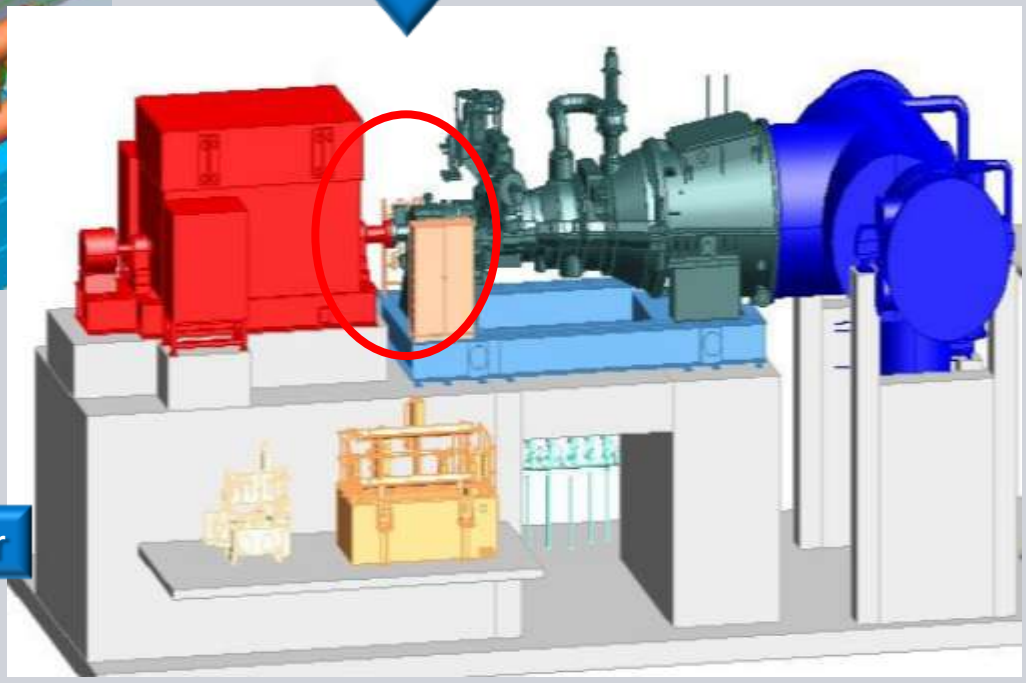


Copyright © Siemens Ltda. 2014. Todos direitos reservados.

Acionamento direto vs. Acionamento com redutor



Acionamento direto



Acionamento com redutor

TÚNEL DE BALANCEAMENTO



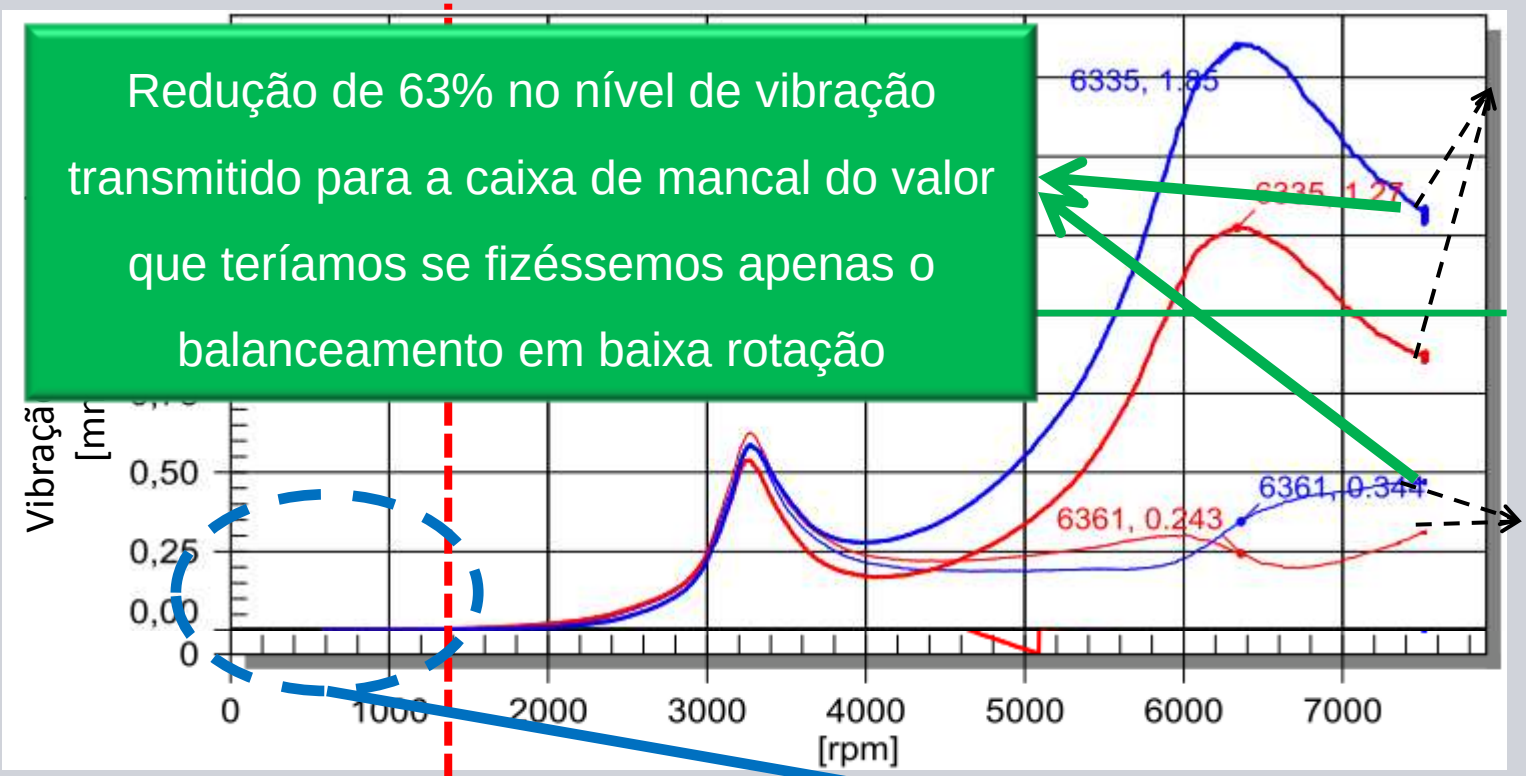
Copyright © Siemens Ltda. 2014. Todos direitos reservados.

ESTUDO DE CASO
Baixa Rotação vs. Alta Rotação

SIEMENS

CONFIDENCIAL

Redução de 63% no nível de vibração transmitido para a caixa de mancal do valor que teríamos se fizéssemos apenas o balanceamento em baixa rotação



Rotor balanceado em baixa rotação

Limite da norma

Mesmo rotor balanceado em alta rotação

Balanceamento em Baixa rotação

Balanceamento em Alta rotação

Os níveis de vibração não são percebidos em baixa rotação

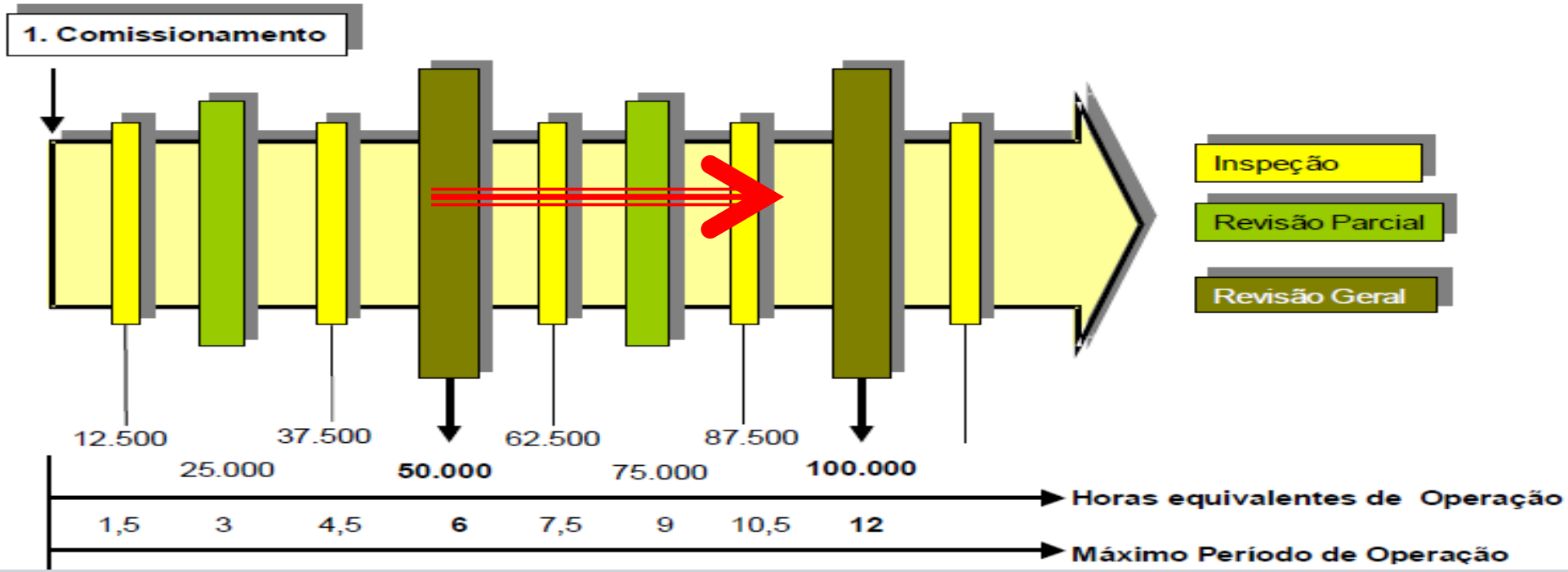
CONFIDENCIAL

Copyright © Siemens Ltda. 2014. Todos direitos reservados.

MANUTENÇÃO / ASSISTÊNCIA TÉCNICA

Maior confiabilidade = menos manutenção

Na prática = redução do OPEX



Copyright © Siemens Ltda. 2014. Todos direitos reservados.

Referencias

Order no.	Date	Owner	Location	Country	Turbine Model	Driven Machine	Speed (Max)	Output	Market	Inlet	Inlet	Extraction	Exhaust
6140	1997	CSN	Rio de Janeiro	Brazil	SST-600	Generator	3.60	117.500	Stee				
6141	1997	CSN	Rio de Janeiro	Brazil	SST-600	Generator	3.60	117.500	Stee				
6246	2000	Aracruz	Espirito Santo	Brazil	SST-600	Generator	3.60	84.280	Pulp				
925	2005	Bahia Sul - TG4	Bahia	Brazil	SST-600	Generator	3.60	61.000	Pulp				
926	2005	Bahia Sul - TG5	Bahia	Brazil	SST-600	Generator	3.60	61.000	Pulp				
929	2006	Usiminas	Minas Gerais	Brazil	SST-600	Generator	3.60	61.500	Stee				
930	2006	Klabin Monte Alegre	Paraná	Brazil	SST-600	Generator	3.60	72.000	Pulp				
43031	2008	Aracruz	Guaíba	Brazil	SST-600	Generator	3.60	80.400	Pulp				
43032	2008	Aracruz	Guaíba	Brazil	SST-600	Generator	3.60	86.500	Pulp				
43033	2008	Petrobras - UTE Luiz Carlos Prestes	Três Lagoas	Brazil	SST-600	Generator	3.60	62.400	Chr				
43034	2008	Petrobras - UTE Luiz Carlos Prestes	Três Lagoas	Brazil	SST-600	Generator	3.60	62.400	Chr				
43666	2010	UTE Sepe Tiaraju - Petrobras	Canoas	Brazil	SST-900	Generator		88.419	Chr				
76797	2010	Eldorado	Mato Grosso	Brazil	SST-800	Generator	3.60	105.000	Pulp				
76798	2010	Eldorado	Mato Grosso	Brazil	SST-800	Generator	3.60	108.000	Pulp				
43052	2010	Ingenio Magdalena S.A.	Guatemala	Guatemala	SST-600	Generator	3.60	62.400	Suga				
48030	2011	Suzano Maranhão	Maranhão	Brazil	SST-800	Generator	3.60	132.000	Pulp				
48029	2011	Suzano Maranhão	Maranhão	Brazil	SST-800	Generator	3.60	126.000	Pulp				
43063	2012	Cocal Energia	Narandiba	Brazil	SST-600	Generator	5.30	51.300	Suga				
43064	2012	Cocal Energia	Narandiba	Brazil	SST-600	Generator	5.30	51.300	Suga				
43067	2012	Ingenio Chaparrastique		El Salvador	SST-600	Generator	3.60	62.200	Suga				
43068	2012	Ingenio Santa Ana	Santa Lucía Escuintla	Guatemala	SST-600	Generator	3.60	62.400	Suga				
43073	2012	CMPC Guaíba	Guaíba	Brazil	SST-600	Generator	3.60	100.547	Pulp				
43074	2012	CMPC Guaíba	Guaíba	Brazil	SST-600	Generator	3.60	92.487	Pulp				
B0004065B0	2013	Klabin	Ortigueira	Brazil	SST-800	Generator	3.60	191.572	Pulp				
B0004065A0	2013	Klabin	Ortigueira	Brazil	SST-800	Generator	3.60	192.000	Pulp				

- +25 Referências com Potencia > 50MW
- Alta confiabilidade / disponibilidade
- Fabricação local (FINAME) de Turbinas em Jundiaí
- Turbinas para instalação outdoor – UTE Canoas (1 x 88MW), 3 Lagoas (2 x 62MW), Delta, etc
- Maiores máquinas já produzidas no Brasil: 100MW e 92MW CMPC Guaíba
- 1ª Turbina com acionamento direto de gerador no mercado sucroenergético – 73,5MW

SIEMENS

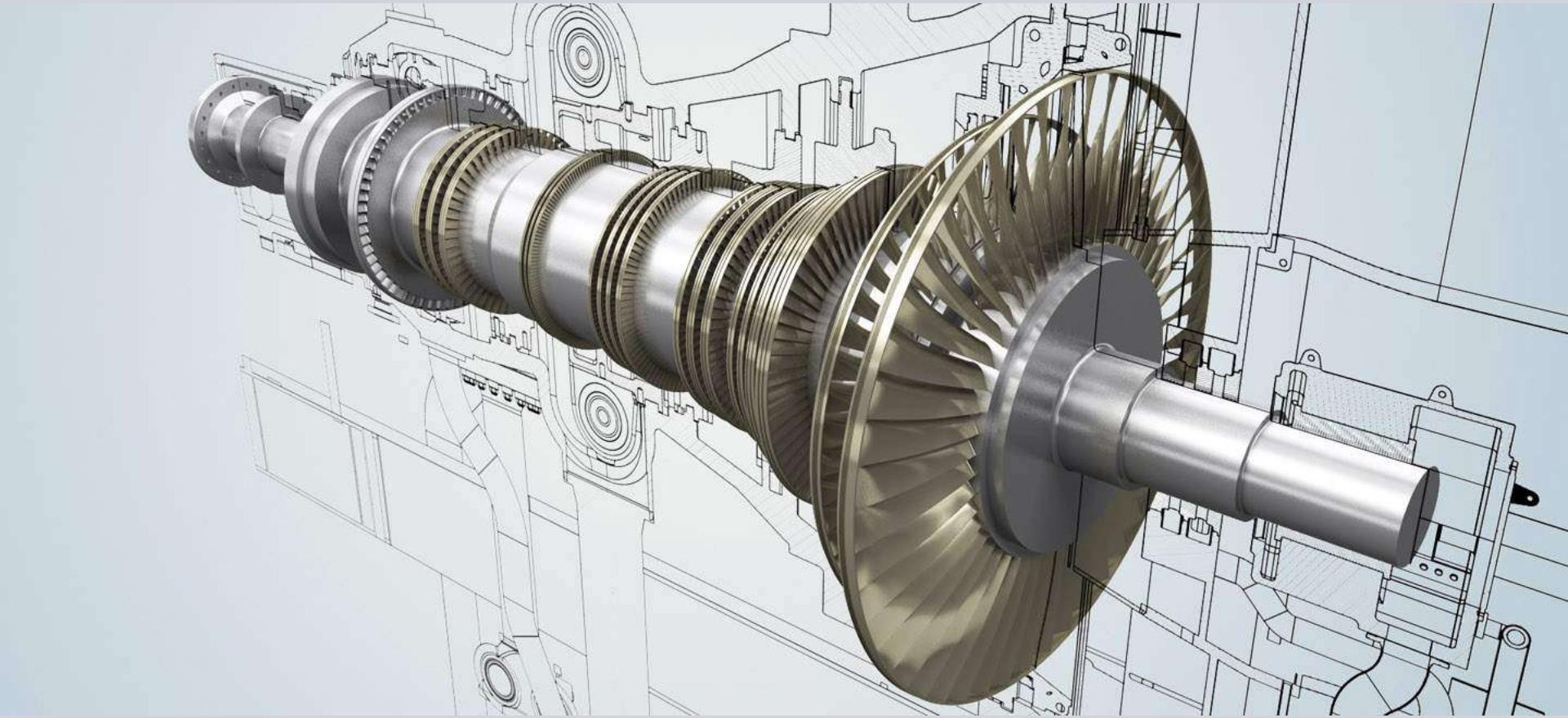
RECENTE REFERÊNCIAS NO MERCADO DE AÇÚCAR E ETANOL

Owner	Country	Turbine Model	Output	Market	Inlet data	Inlet data	Extraction data	Exhaust data
			kW		bar(a)	°C	bar(a)	bar(a)
Usina Quissamã	Brazil	SST-300	38.000	Sugar & Ethanol	65,0	480	2,70	0,130
Ingenio Tabacal 2	Argentina	SST-300	12.700	Sugar & Ethanol	21,0	330	-	2,50
Cocal Energia	Brazil	SST-600	51.300	Sugar & Ethanol	65,0	525	2,50	0,15
Cocal Energia	Brazil	SST-600	51.300	Sugar & Ethanol	65,0	525	2,50	0,15
Açúcar Guarani - Vertente	Brazil	SST-300	20.100	Sugar & Ethanol	64,8	517	2,50	0,125
Açúcar Guarani - Vertente	Brazil	SST-300	27.150	Sugar & Ethanol	64,8	517	-	2,50
Ingenio Chaparrastique	El Salvador	SST-600	62.200	Sugar & Ethanol	104,0	538	3,70	0,100
Ingenio Santa Ana	Guatemala	SST-600	62.400	Sugar & Ethanol	104,0	538	3,70	0,100
Usina Alto Alegre - Florestópolis	Brazil	SST-300	42.000	Sugar & Ethanol	65,0	510	21,6	2,5
Usina Santa Isabel - Unidade Mendonça	Brazil	SST-300	40.100	Sugar & Ethanol	63,0	475	-	2,500
San Pedro Bioenergy	Domincan Republic	SST-300	29.300	Sugar & Ethanol	80,0	515	3.1	0.070
Ingenio El Angel	El Salvador	SST-600	47.800	Sugar & Ethanol	99,0	540	21 / 13 / 8 / 5 (Bleeds)	2,480
Açúcar Guarani - Tanabi II	Brazil	SST-300	40.000	Sugar & Ethanol	64,8	517	2,50	0,145
Delta Sucroenergia	Brazil	SST-600	73.500	Sugar & Ethanol	65,0	515	11,4 (bleed) / 2,5	0,084
Iaco Agrícola	Brazil	SST-300	34.000	Sugar & Ethanol	65,0	515	26 (bleed) / 9 (bleed) / 2,5	0,125

eservados.

SIEMENS

OBRIGADO



Siemens – Cuidando da sua Energia!

Marcio Campos
Fone: +55 11 4585 5993
Celular: +55 11 9 7379 1977
E-mail: marcio.campos@siemens.com

Copyright © Siemens Ltda. 2014. Todos direitos reservados.