

Ciclos Híbridos Gás Natural/Biomassa para Elevação da Eficiência Termodinâmica das Usinas de Bagaço de Cana

APRESENTAÇÃO NA COPPE/UFRJ

Sergio Guerreiro Ribeiro

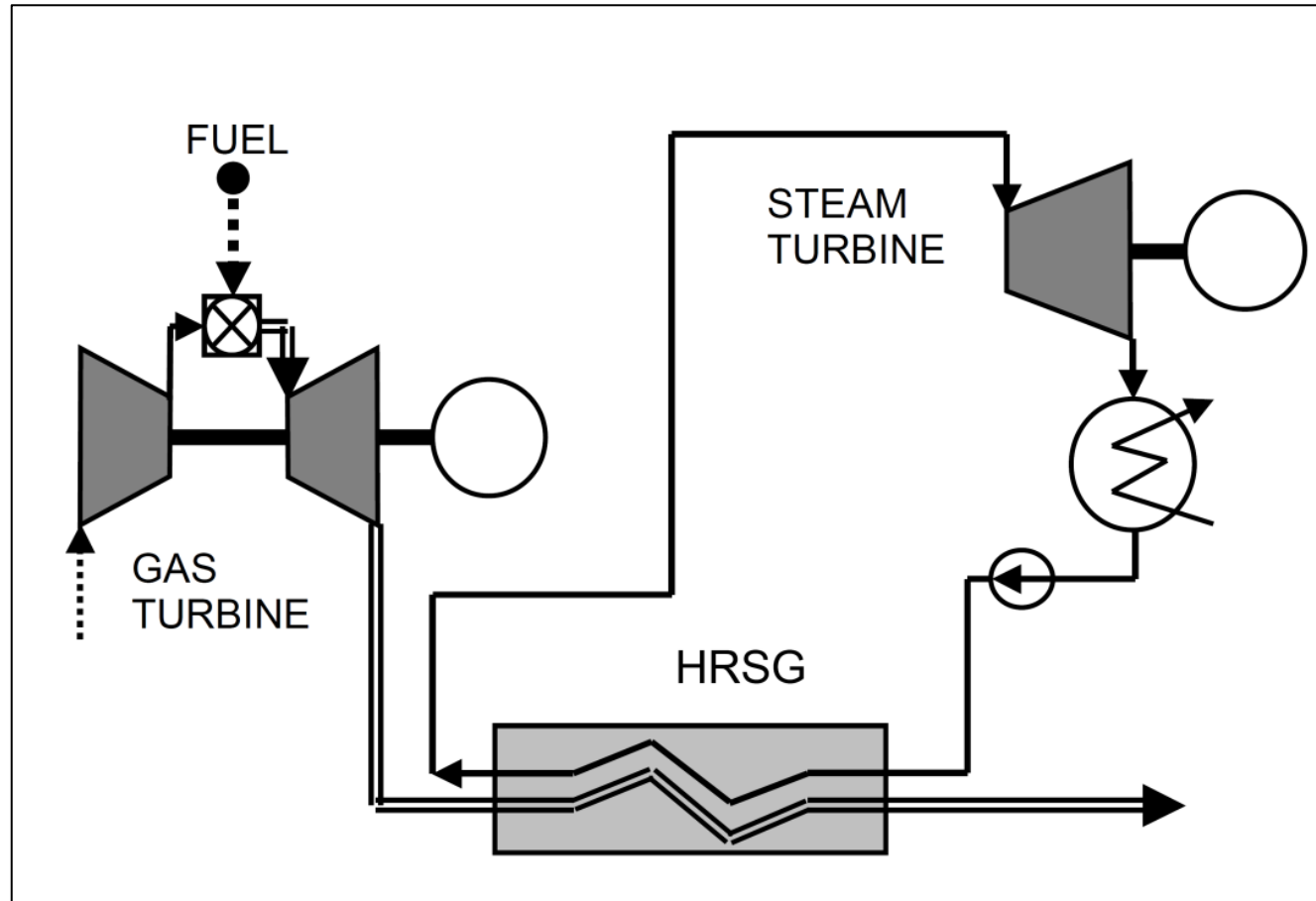
www.wtert.com.br

WTERT-BRASIL

23-10-2015



Ciclo combinado típico (combustível único, geralmente GN)

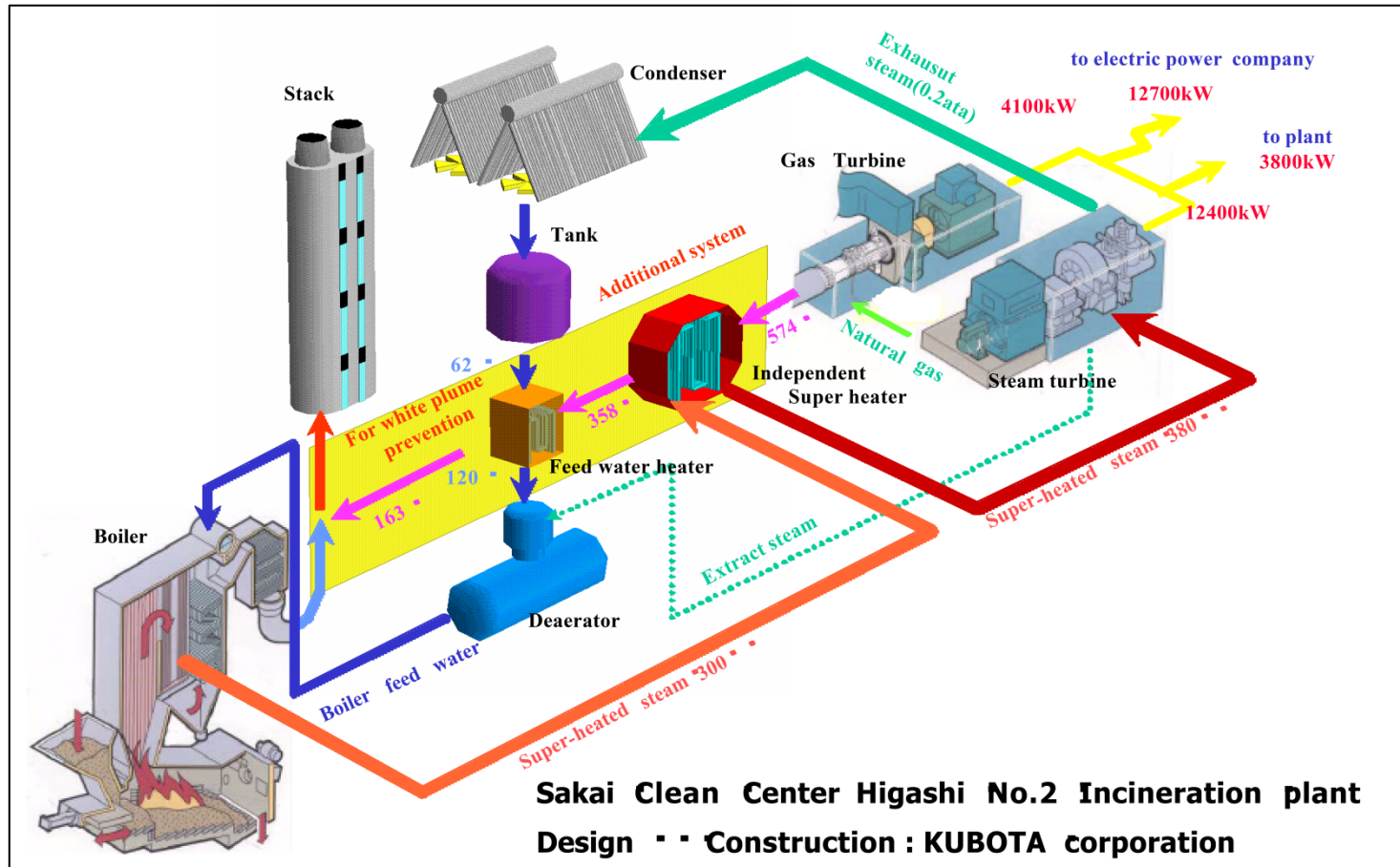


CICLOS HÍBRIDOS

- Ciclos híbridos são uma variante dos ciclos combinados, **empregando combustíveis diferentes em cada ciclo**, como bagaço de cana (ciclo básico) e GN (ciclo superior) e podem apresentar diversas configurações;
- Permitem aumentar a geração de eletricidade e o retorno financeiro;

Exemplo de Ciclo Híbrido no Japão

- Superaquecimento de vapor na saída da caldeira do ciclo básico com os gases de exaustão da turbina a GN





BIOMASS AND NATURAL GAS HYBRID COMBINED CYCLES

Miroslav P. Petrov

**Licentiate Thesis
2003**

Department of Energy Technology
Division of Heat and Power Technology
Royal Institute of Technology
10044 Stockholm, Sweden

NEW AND ADVANCED ENERGY CONVERSION TECHNOLOGIES. ANALYSIS OF COGENERATION, COMBINED AND INTEGRATED CYCLES

M.A. Korobitsyn

The research presented in this thesis was carried out at the Laboratory of Thermal Engineering of the University of Twente and at the Netherlands Energy Research Foundation ECN.

Cover by Anja Astapova, Amsterdam, © 1998
Printed by Febodruk BV, Enschede

Introduction

- 0.1 Advanced and combined cycles
- 0.2 The New Energy Conversion Technologies programme
- 0.3 Exergy
- 0.4 Scope of the thesis
- References

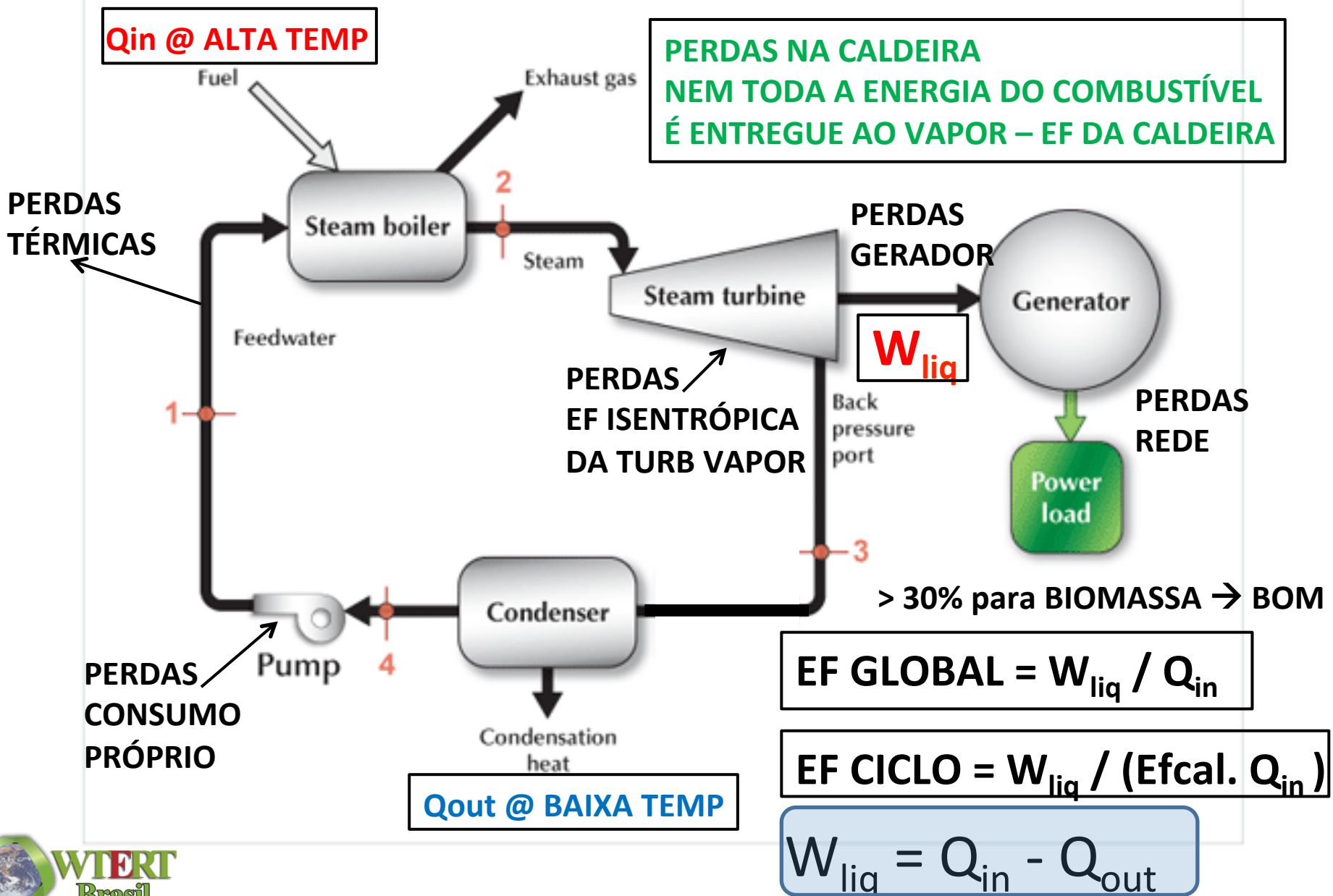
Chapter 1. Basic cycles

- 1.1 Carnot cycle
- 1.2 Rankine cycle
- 1.3 Kalina cycle
- 1.4 Joule-Brayton cycle
- 1.5 Otto and Diesel cycle
- 1.6 Stirling cycle
- 1.7 Ericsson cycle
- 1.8 Fuel cells
- 1.9 Heat pumps
- 1.10 Conclusions
- References

USINA TERMELÉTRICA A VAPOR

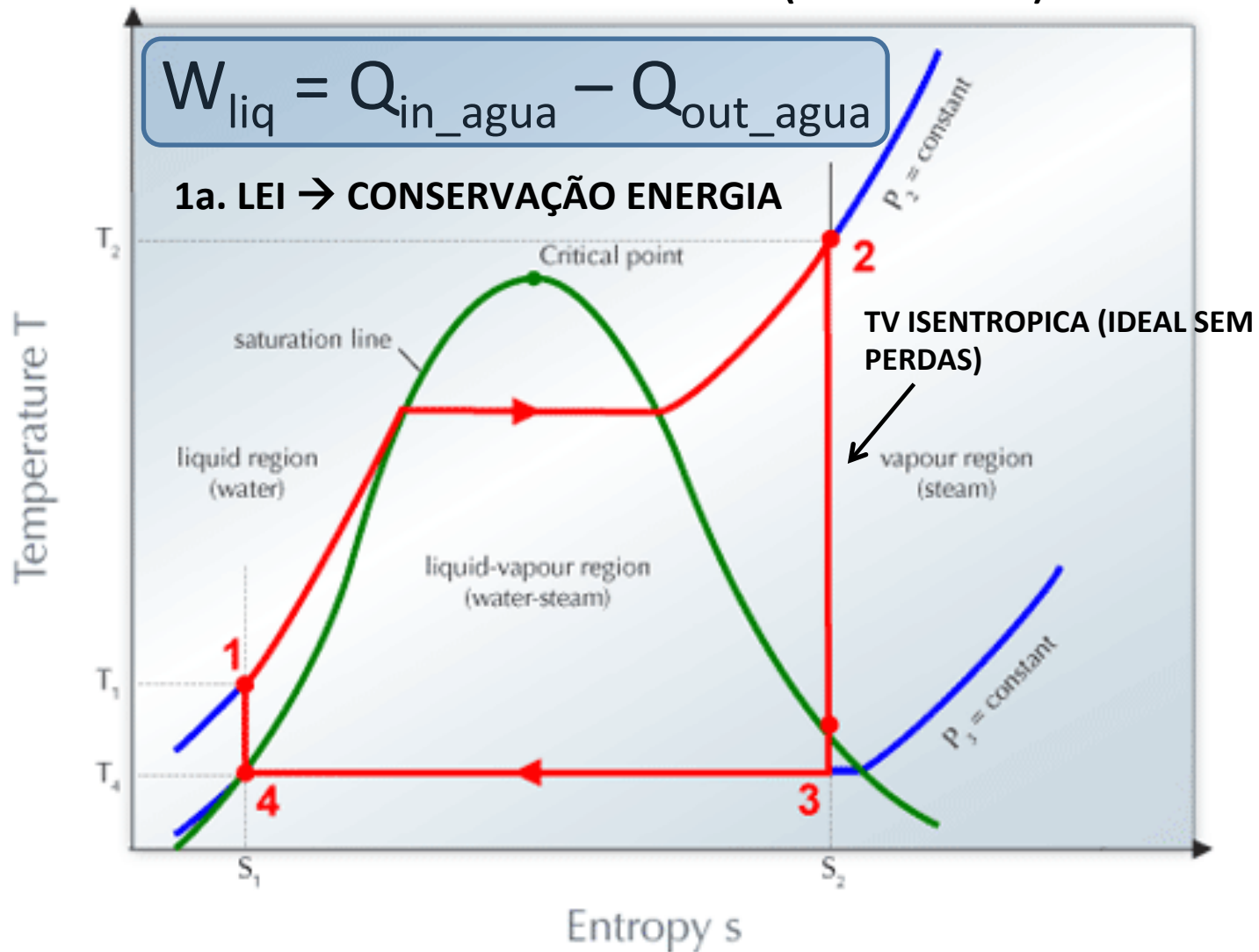
CICLO RANKINE

RETScreen



CICLO DE RANKINE REVERSIVEL (ISENTROPICO)

$$W_{\text{liq}} = Q_{\text{in_agua}} - Q_{\text{out_agua}}$$

1a. LEI → CONSERVAÇÃO ENERGIA

EFICIENCIA DO CICLO DE CARNOT →

$$EF = (Q_{in} - Q_{out}) / Q_{in} = (1 - T_c / T_h)$$

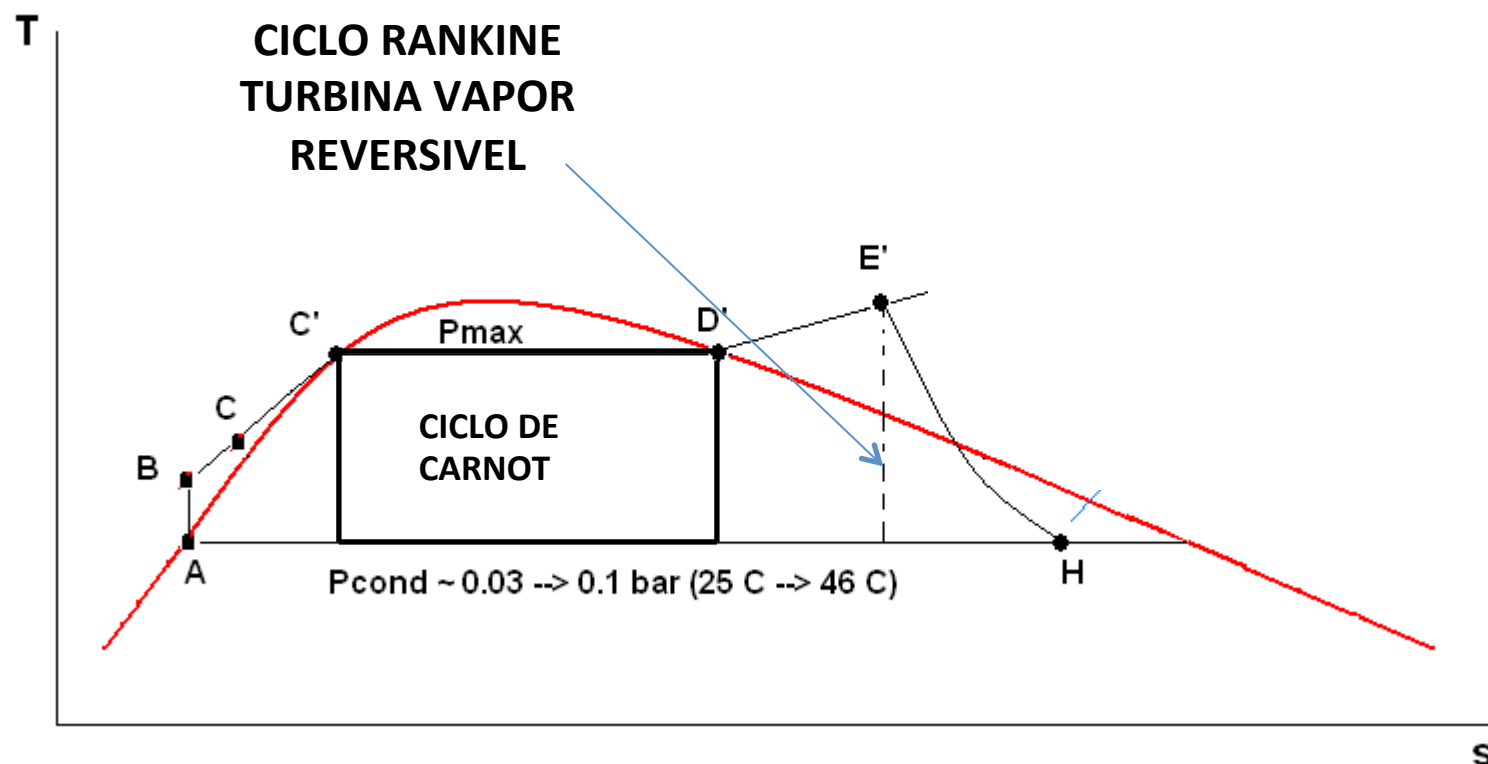
Q_{in} @ ALTA TEMP → T_h

Q_{out} @ BAIXA TEMP → T_c

DEFINIÇÃO DE ENTROPIA → $ds = dQ/T \rightarrow Q = T \cdot ds = T_{med} \cdot \Delta s$

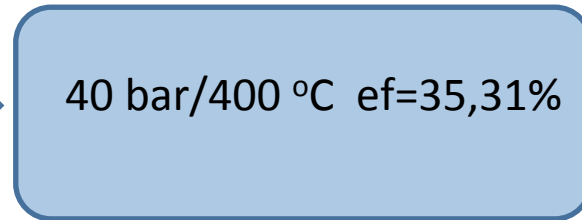
MAIOR EFIC → MAIOR TEMP MEDIA CALOR FORNECIDO A ÁGUA/VAPOR (FONTE QUENTE)
MENOR TEMP MEDIA CALOR REJEITADO PELA ÁGUA (FONTE FRIA)

EFICIENCIA DO CICLO DE RANKINE REVERSIVEL → $EF = (Q_{in} - Q_{out}) / Q_{in} = (1 - T_{cmed} / T_{hmed})$



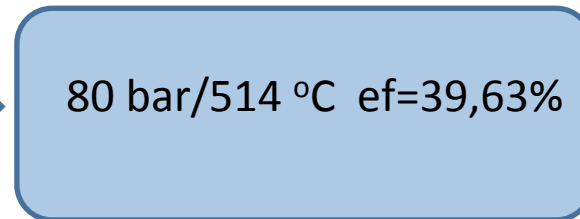
EM USINAS DE BAGAÇO A VAZÃO DE VAPOR DE PROCESSO É FIXA EM FUNÇÃO DA QUANTIDADE DE CANA PROCESSADA VISANDO A PRODUÇÃO DE ETANOL/AÇÚCAR. O AUMENTO DA PRESSÃO/TEMP REDUZ A PRODUÇÃO DE VAPOR

1000 KJ/s
Energia Térmica
Biomassa



353,1 KJ/s
Energia Mecânica

1000 KJ/s
Energia Térmica Biomassa
68 KJ/s
Energia Térmica Gás Nat



423,2 KJ/s
Energia Mecânica

Energia Mecânica adicional = 70,1 KJ/s obtida com a queima de 68 KJ/s de GN

Eficiência Aparente do GN = $70,1/68 = 103\%$

A maior parte da energia adicional produzida vem do aumento da eficiência do ciclo termodinâmico. Mas este **aumento de eficiência só é possível através da introdução do gás natural (biogás)**

1

NO INTERNAL COMBUSTION MACHINE

FUEL	MWth	SHARE	EFF
MSW	71	92.55%	31.53%
NG	5.71	7.45%	31.53%

610 ton/day 10 MJ/kg (LHV)

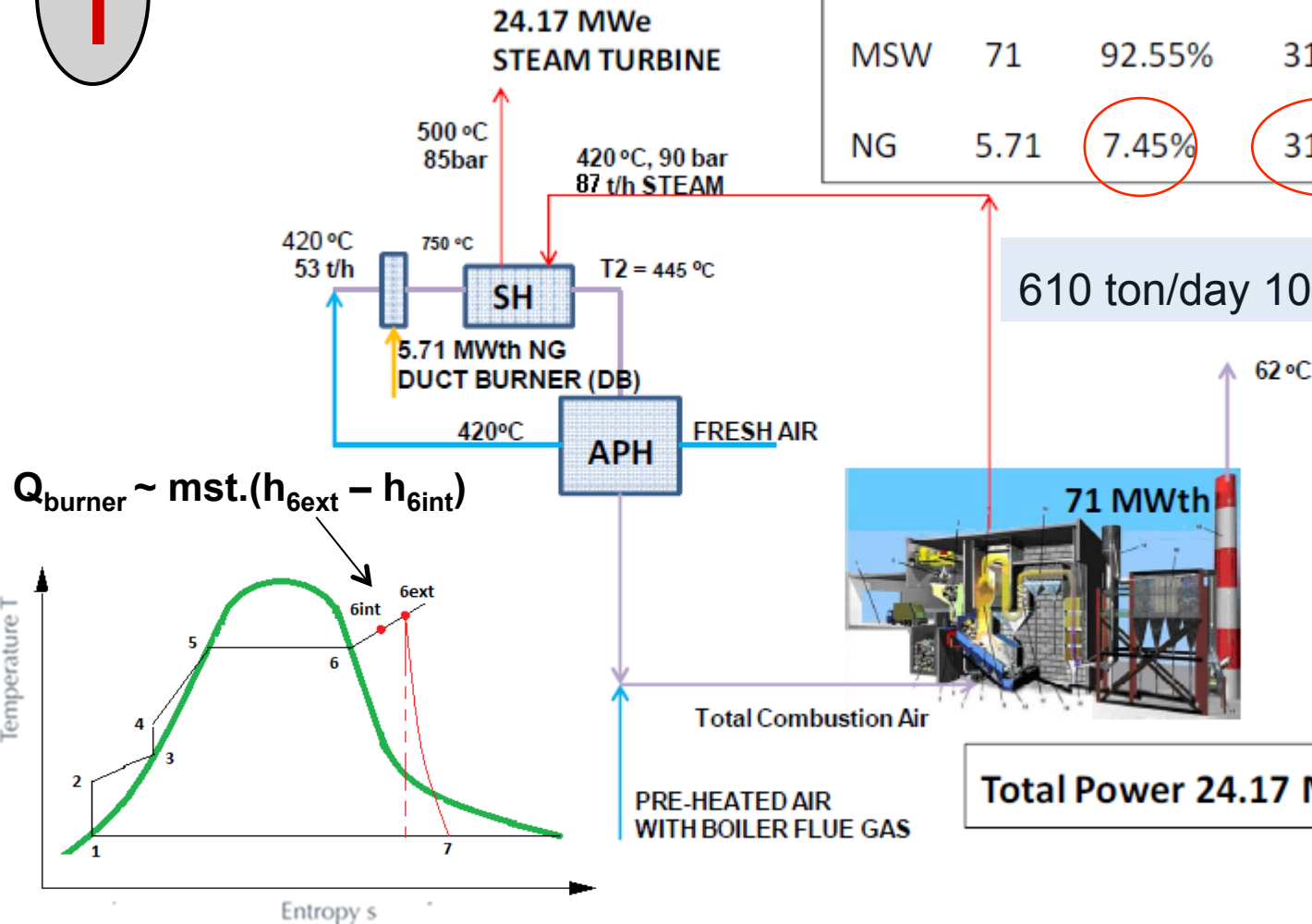


Figure 4 – OCC Scheme without Internal Combustion Machine



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial



INPI
INSTITUTO
NACIONAL
DA PROPRIEDADE
INDUSTRIAL
Assinado
Digitalmente

CARTA PATENTE N.º PI 0804980-7

Patente de Invenção

O INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL concede a presente PATENTE, que outorga ao seu titular a propriedade da invenção caracterizada neste título, em todo o território nacional, garantindo os direitos dela decorrentes, previstos na legislação em vigor.

PATENTE
INPI
PI0804980-7

(21) Número do Depósito : PI 0804980-7

(22) Data do Depósito : 19/11/2008

(43) Data da Publicação do Pedido : 27/07/2010

(51) Classificação Internacional : F01D 15/10; F01D 1/00; F03G 7/00

(54) Título : USINAS TERMELÉTRICAS A BAGAÇO DE CANA E BIOGÁS DE ALTA EFICIÊNCIA

(73) Titular : SERGIO VIEIRA GUERREIRO RIBEIRO, Engenheiro(a) Eletrotécnico(a), CGC/CPF: 26103770700.
Endereço: Av. Sernambetiba 4000 Apto 103 Bl 5, Barra da Tijuca, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil (BR/RJ), CEP: 22290-011.

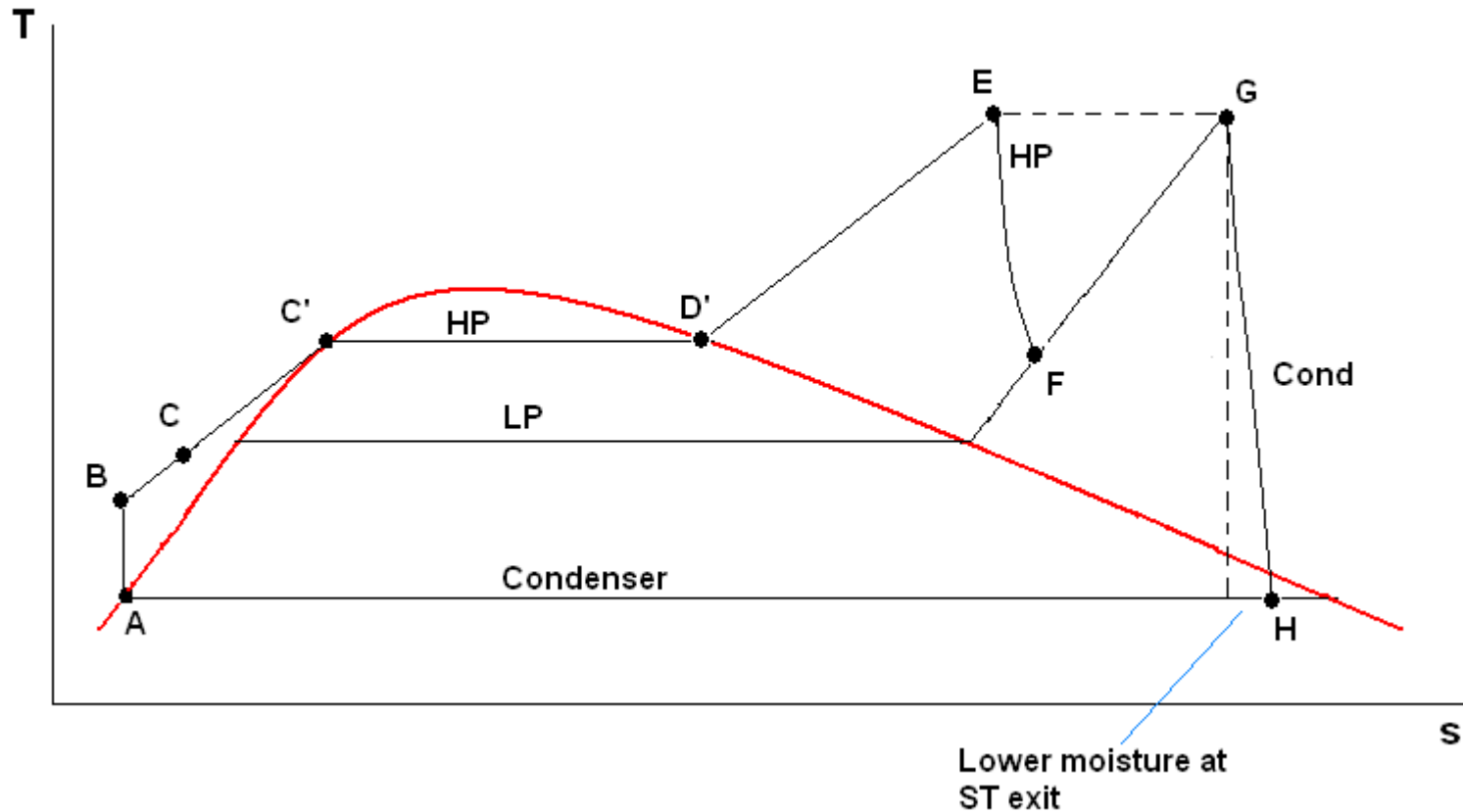
(72) Inventor : Sergio Vieira Guerreiro Ribeiro. Endereço: Av. Sernambetiba 4000 Apto 103 Bl 5, Barra da Tijuca, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil, CEP: 22290-011.

Prazo de Validade : 20 (vinte) anos contados a partir de 19/11/2008, observadas as condições legais.

Expedida em : 25 de Março de 2014.

Assinado digitalmente por
Júlio César Castelo Reis Moreira
Diretor de Patentes

CICLOS DE REAQUECIMENTO PERMITEM ELEVAR A PRESSÃO SEM A NECESSIDADE DE ELEVAR MUITO A TEMPERATURA MÁXIMA DE SUPERAQUECIMENTO PARA EVITAR UMIDADE EXCESSIVA NA SAÍDA DA TURBINA A VAPOR.



ATUALMENTE EXISTEM TV DE REAQUECIMENTO A PARTIR DE 20 MWe PARA USINAS DE BIOMASSA E LIXO.

PARA ELEVAR A EFICIÊNCIA GLOBAL DE UMA USINA A BAGAÇO DE CANA AS PRINCIPAIS MEDIDAS SÃO:

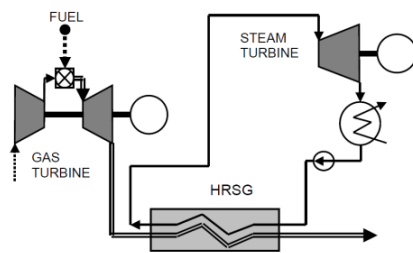
- 1. MELHORAR EFICIENCIA DO CICLO DE VAPOR (PRESSÃO, TEMPERATURA, CICLOS REGENERATIVOS, REAQUECIMENTO)**
- 2. MELHORAR EFICIÊNCIA DA CALDEIRA (PERDAS TÉRMICAS→ ISOLAMENTO DAS PAREDES, EXCESSO DE AR, TEMPERATURA DA CHAMINÉ - CHX)**
- 3. REDUÇÃO VAPOR DE PROCESSO**
- 4. REDUÇÃO DO CONSUMO PRÓPRIO DA USINA**

NO ENTANTO O OBJETIVO PRINCIPAL DEVE SER OTIMIZAR O RETORNO FINANCEIRO E NÃO MAXIMIZAR A EFICIÊNCIA TERMODINÂMICA → ENERGIA MAIS BARATA

A TEORIA DOS CICLOS COMBINADOS HÍBRIDOS FOI EXAUSTIVAMENTE DISCUTIDA NOS TRABALHOS DE M. A. KOROBITSYN (1998) E MIROSLAV P. PETROV (2003) DANDO ORIGEM A INÚMERAS PATENTES AO REDOR DO MUNDO RESULTANDO NA CONSTRUÇÃO DE MUITAS USINAS COM AS MAIS DIVERSAS CONFIGURAÇÕES.

CICLOS HÍBRIDOS PODEM TER INÚMERAS CONFIGURAÇÕES. EM GERAL COMPREENDEM UM CICLO “TOP” A GÁS E UM CICLO “BOTTOM” A VAPOR MOSTRADOS ABAIXO (PETROV).

TURBINA GÁS/ TURBINA VAPOR



TG TEM MAIOR TEMPERATURA E MAIOR TEOR DE O2 NOS GASES DO QUE OS MOTORES A GÁS. MENOR EFICIENCIA EM CICLO ABERTO

Fig. 1.4: Simplified chart of a straightforward (unfired) GTCC.

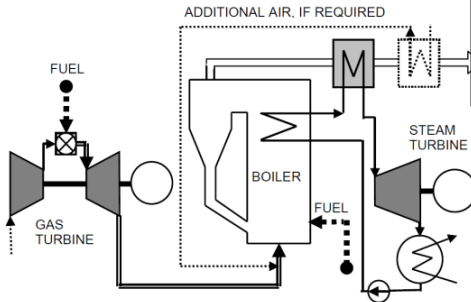


Fig. 1.5: Simplified chart of a fully-fired (windbox) HCC.

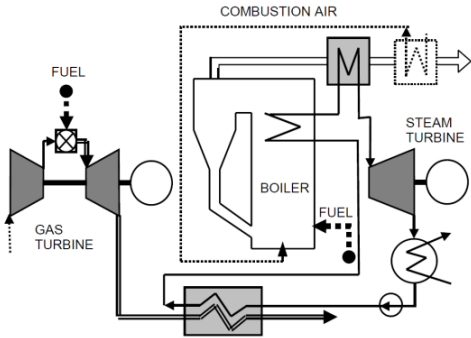


Fig. 1.6: Simplified chart of a parallel-powered HCC with feedwater preheating.

MOTOR GÁS/TURBINA VAPOR

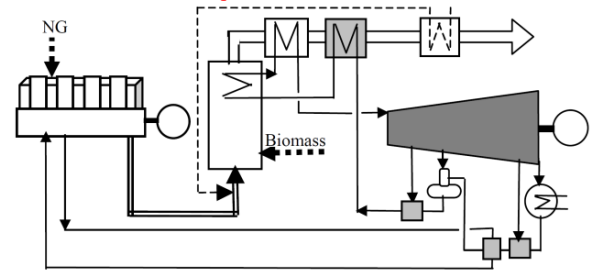


Fig. 1: Simplified schematic of the fully-fired (FF) hybrid combined cycle (hot-windbox type). The engine exhaust gases are directly fed to the biomass-fired boiler and used as combustion air.

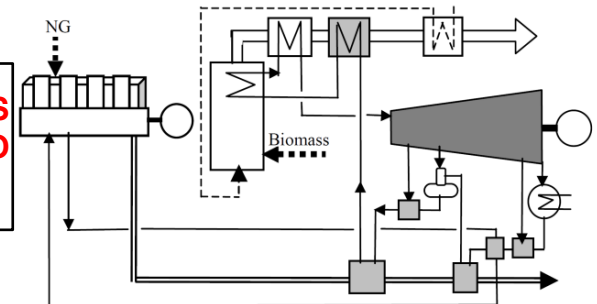


Fig. 2: Simplified schematic of a parallel-powered hybrid cycle with feedwater preheating by engine exhaust (PP-FP).

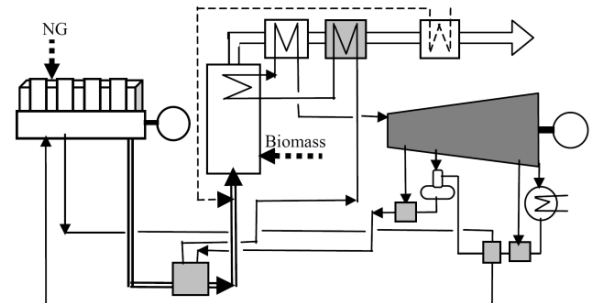


Fig. 3: Simplified schematic of a cold-windbox (mixed parallel-powered/fully-fired) hybrid combined cycle with feedwater preheating by engine exhaust plus using engine exhaust as combustion air in the biomass boiler (FF-PPFP).

**NEW AND ADVANCED ENERGY
CONVERSION TECHNOLOGIES.
ANALYSIS OF COGENERATION, COMBINED
AND INTEGRATED CYCLES**

M.A. Korobitsyn

ISBN 90 365 1107 0

Copyright © 1998 by M.A. Korobitsyn

Chapter 6

**Integration of a Gas Turbine and
a Municipal Solid Waste Incinerator**

Modern municipal waste incinerators not only considerably reduce waste volume, but also produce an appreciable amount of heat which can be recovered in a steam boiler. The aggressive nature of the flue gases does not allow the temperature of steam in the boiler to rise above $400\text{ }^{\circ}\text{C}$. An increase in steam temperature can be achieved by external superheating in a heat recovery steam generator positioned behind a gas turbine, so that steam of a higher energy content becomes available for electricity production, or process needs. This can be accomplished in a number of ways. In one case,

JAPÃO → CICLO COMBINADO GÁS/ LIXO MAIS SIMPLES. FUNCIONANDO DESDE 1997

RESULTOU DE UPGRADE EM USINA EXISTENTE

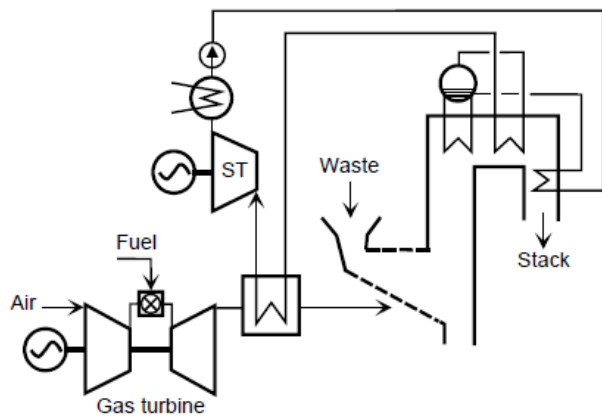
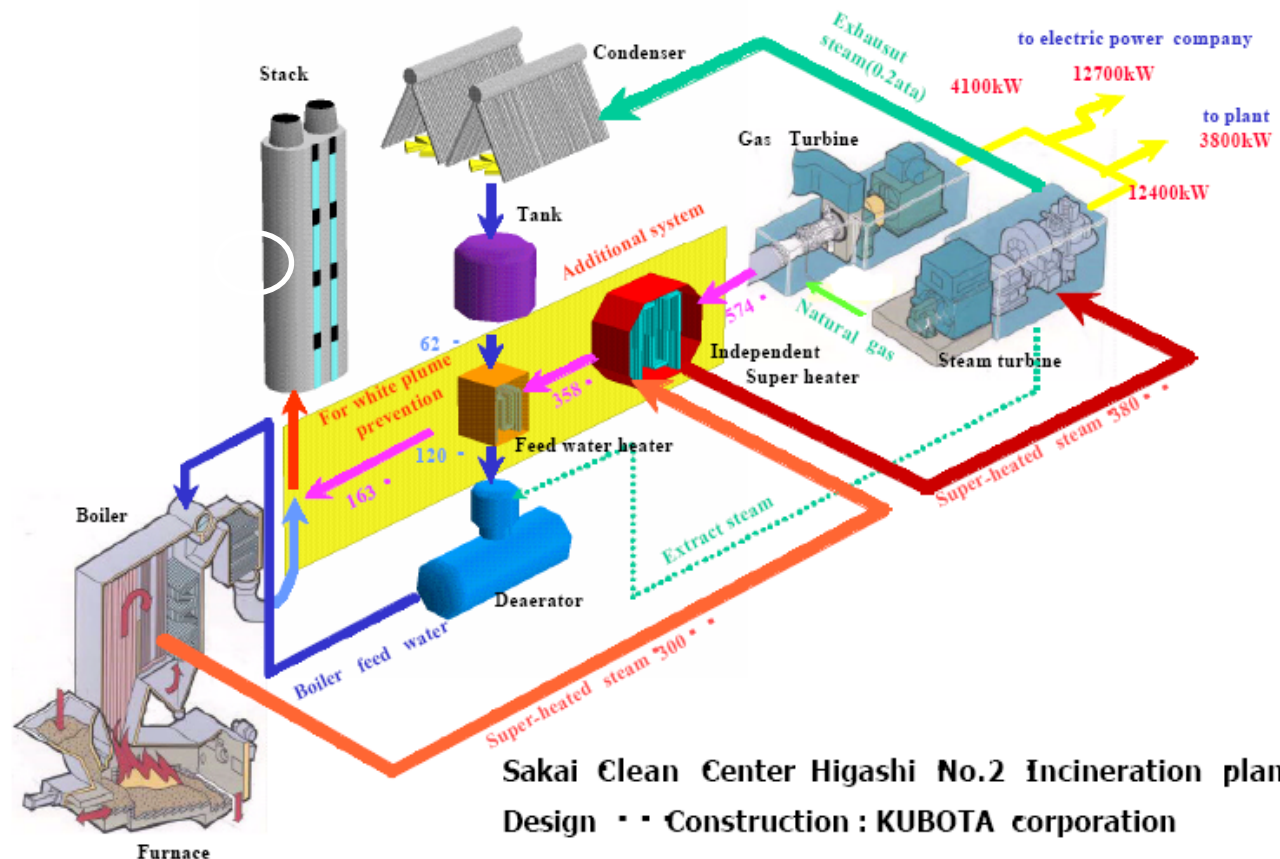


Fig. 6.3. The hot windbox configuration with superheating (Case 3).



USINA ZABALGARBI, BILBAO – CICLO COMBINADO - 78% DA ENERGIA TOTAL PROVENIENTE DO GN.

EFICIÊNCIA RSU = 31% (71 MWt)

EFICIÊNCIA GN = 51,3% (152 MWt)

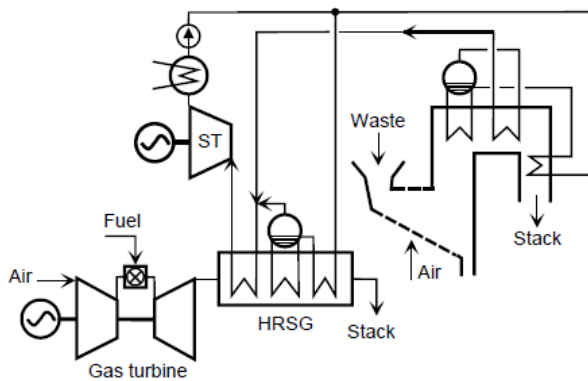
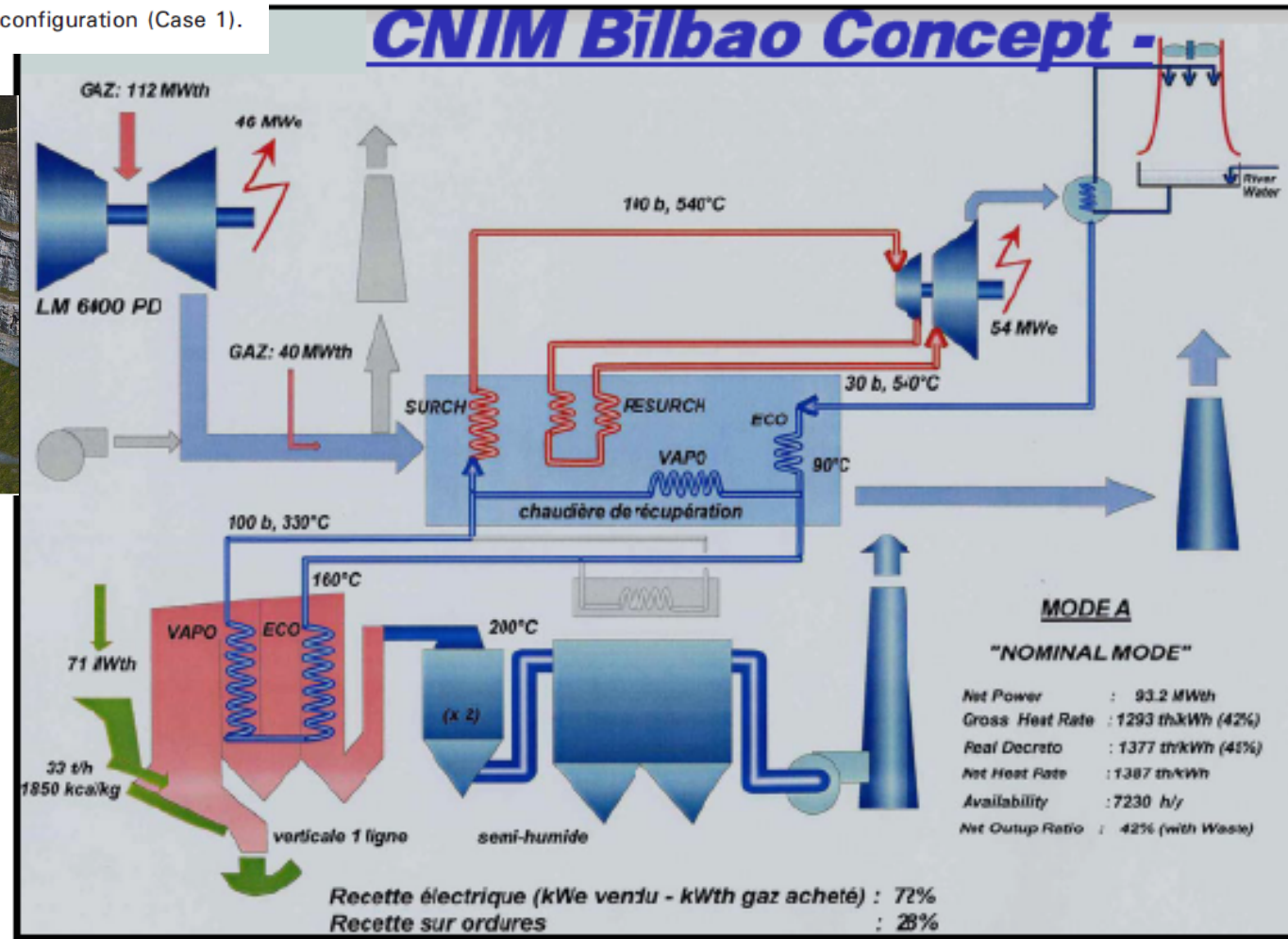
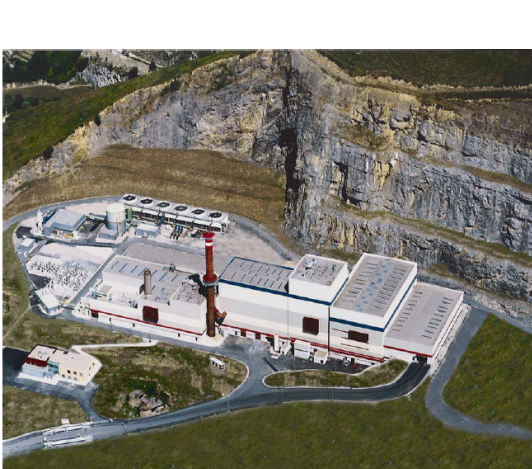


Fig. 6.2. HRSG-Incineration boiler parallel configuration (Case 1).



**INTRODUÇÃO DE
REAQUECIMENTO**



- Steam turbine:
- Electrical output: 50 MW

Client

Vantaan Energia Oy

Project

New installation of a Waste-to-Energy plant (JV1)
Capacity: 320,000 t/a

Consultant

Pöyry Finland Oy, Energy

Services

- EIA
- Pre-engineering
- Full scope EPCM, including:
project management, engineering,
procurement, construction management

Services Period

EIA: 2006 – 2007
Pre-engineering: 2008
EPCM: 2009 – 2014

Vantaan Energia Oy, JV1
Finland
Waste-to-energy plant

**ENTROU EM OPERAÇÃO
EM 2014**

Project description

Vantaan Energia Oy is building a new WtE power plant in the city of Vantaa, Finland. The new plant will be completed in 2014.

The power plant will consist of two combustion lines (with two independent grate boilers and associated systems such as flue gas cleaning) and an integrated GT+HRSG+ST. In order to increase the overall efficiency of the power plant, live steam produced in the grate boilers shall be superheated in the HRSG together with additional steam generated by the waste heat of GT exhaust gases.

Once completed, the new power plant will produce approx. 78 MW of electricity and 120 MW of district heat.

Technical data (preliminary)

Grate boilers:

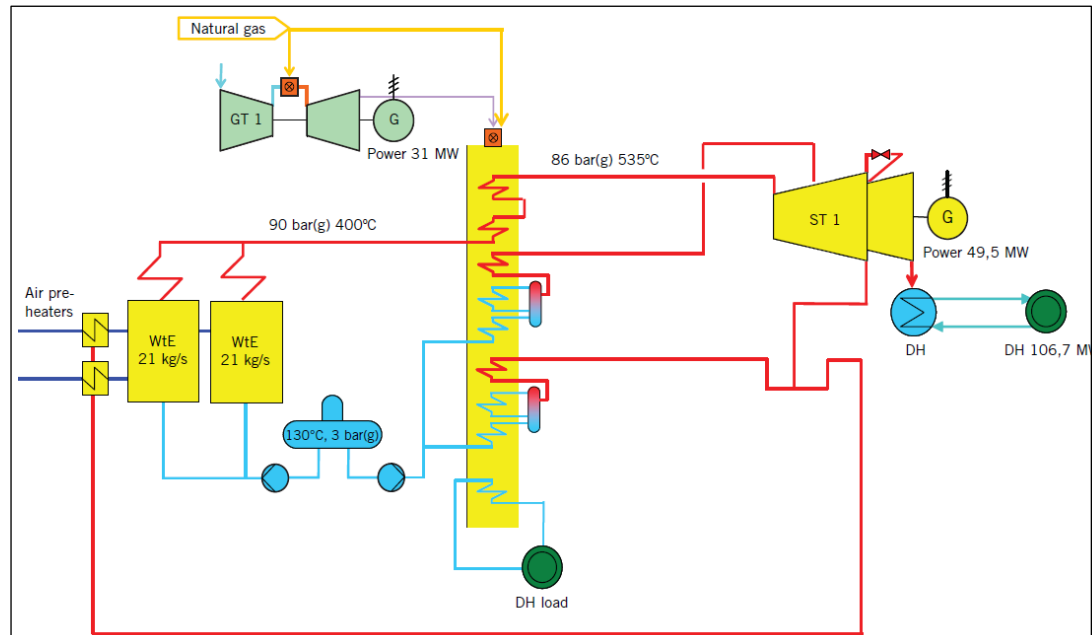
- Capacity: 2 x 160,000 t/a
- Live steam: 90 bar / 400 °C

Gas turbine:

- Fuel: Natural gas, approx. 86 MW
- Electrical output: 31 MW

Heat Recovery Steam Generator:

- Grate boilers' live steam will be superheated to 535 °C
- Additional steam produced at 32 bar / 370 °C and 6 bar



O PROBLEMA DESTAS CONFIGURAÇÕES HÍBRIDAS É QUE O CONSUMO DE GÁS NATURAL É ELEVADO POIS AS TURBINAS A GÁS UTILIZADAS SÃO DO MESMO PORTE DA TURBINA A VAPOR

NO SISTEMA ELÉTRICO BRASILEIRO, ONDE O GÁS SÓ É USADO NO PERÍODO SECO OU EM PERÍODOS DE ESCASSEZ ENERGÉTICA, ISTO É INACEITÁVEL

PRECISAMOS DE UM SISTEMA ONDE O CONSUMO DE GÁS SEJA REDUZIDO DE MODO A COMPENSAR SUA QUEIMA PERMANENTE DEVIDO AO ENORME GANHO DE EFICIENCIA TERMODINAMICA DO CICLO DE VAPOR

USINAS DE BAGAÇO SÃO IDEAIS PARA A APLICAÇÃO PRÁTICA DOS CICLOS HÍBRIDOS POIS:

- 1. NA VERDADE A USINA TRABALHA COM 2 CICLOS TERMODINÂMICOS→**
 - a) CONTRAPRESSÃO (VAPOR DE PROCESSO A 2,5 bar)**
 - b) CONDENSAÇÃO**
- 2. QUANDO AUMENTAMOS A PRESSÃO DA CALDEIRA DE 66 bar PARA 100 bar PARA AUMENTAR A EFICIÊNCIA REDUZIMOS A QUANTIDADE DE VAPOR PARA O CICLO DE CONDENSAÇÃO (de maior eficiência)**
- 3. O IDEAL SERIA AUMENTAR A PRESSÃO, SEM SUPERAQUECER MUITO O VAPOR DO CICLO DE CONTRAPRESSÃO NA CALDEIRA DE BAGAÇO, AJUSTANDO AS TEMPERATURAS FINAIS DO VAPOR DAS TURBINAS COM A EXAUSTÃO DE UMA PEQUENA/MÉDIA TURBINA A GÁS.**

SIEMENS SGT-100 - GAS TURBINE

2

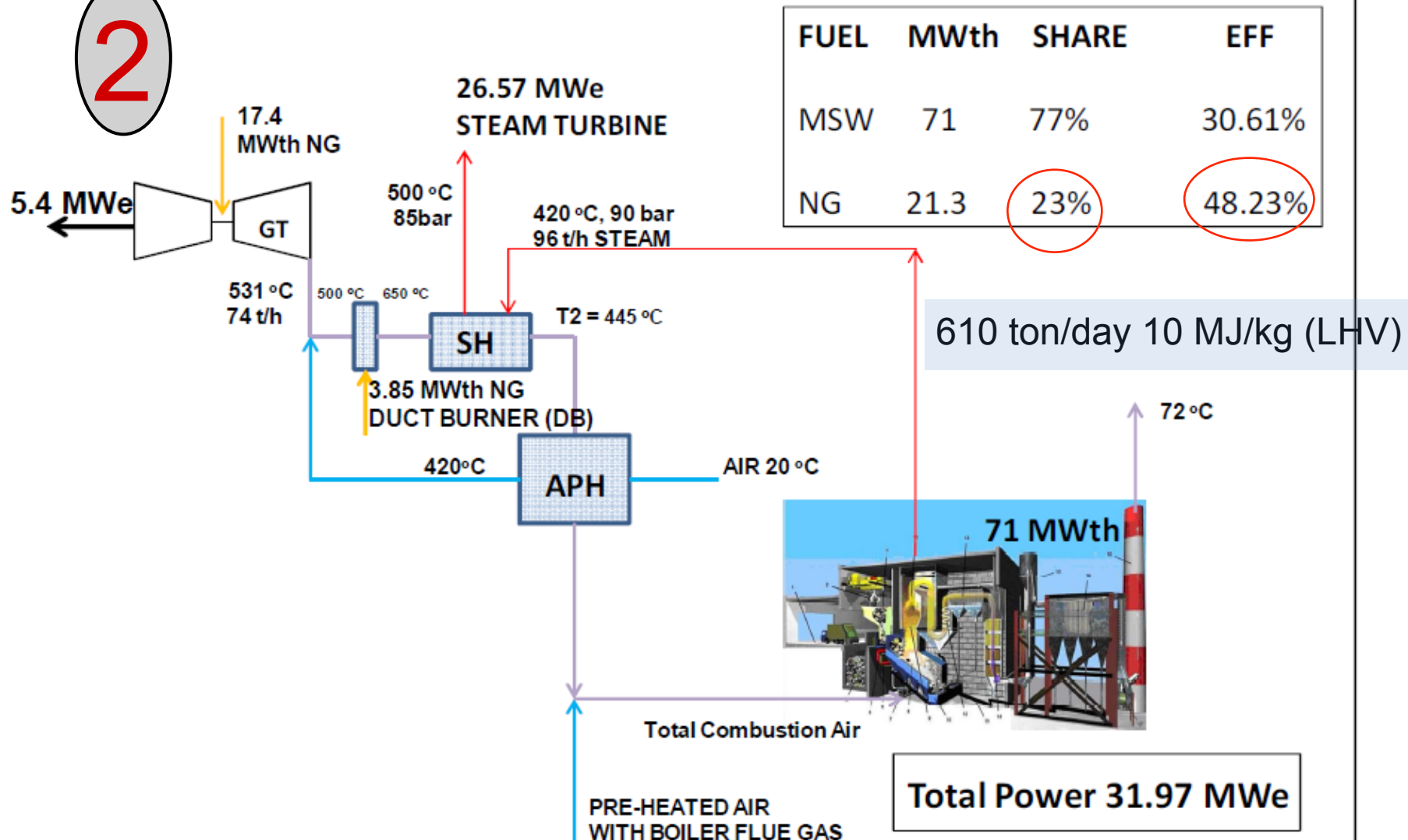


Figure 2 – OCC Scheme Using a Small Gas Turbine

CASO REAL EM UMA USINA NO ESTADO DE SÃO PAULO

CALDEIRA DE 22 bar DE PRESSÃO E 310 °C DE TEMPERATURA

**SISTEMA DE BAIXÍSSIMA EFICIENCIA COM ESPAÇO
PARA GRANDE AUMENTO DE PRODUÇÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA MANTENDO A PRODUÇÃO DE
VAPOR NECESSÁRIA A FABRICAÇÃO DE AÇUCAR E
ETANOL.**

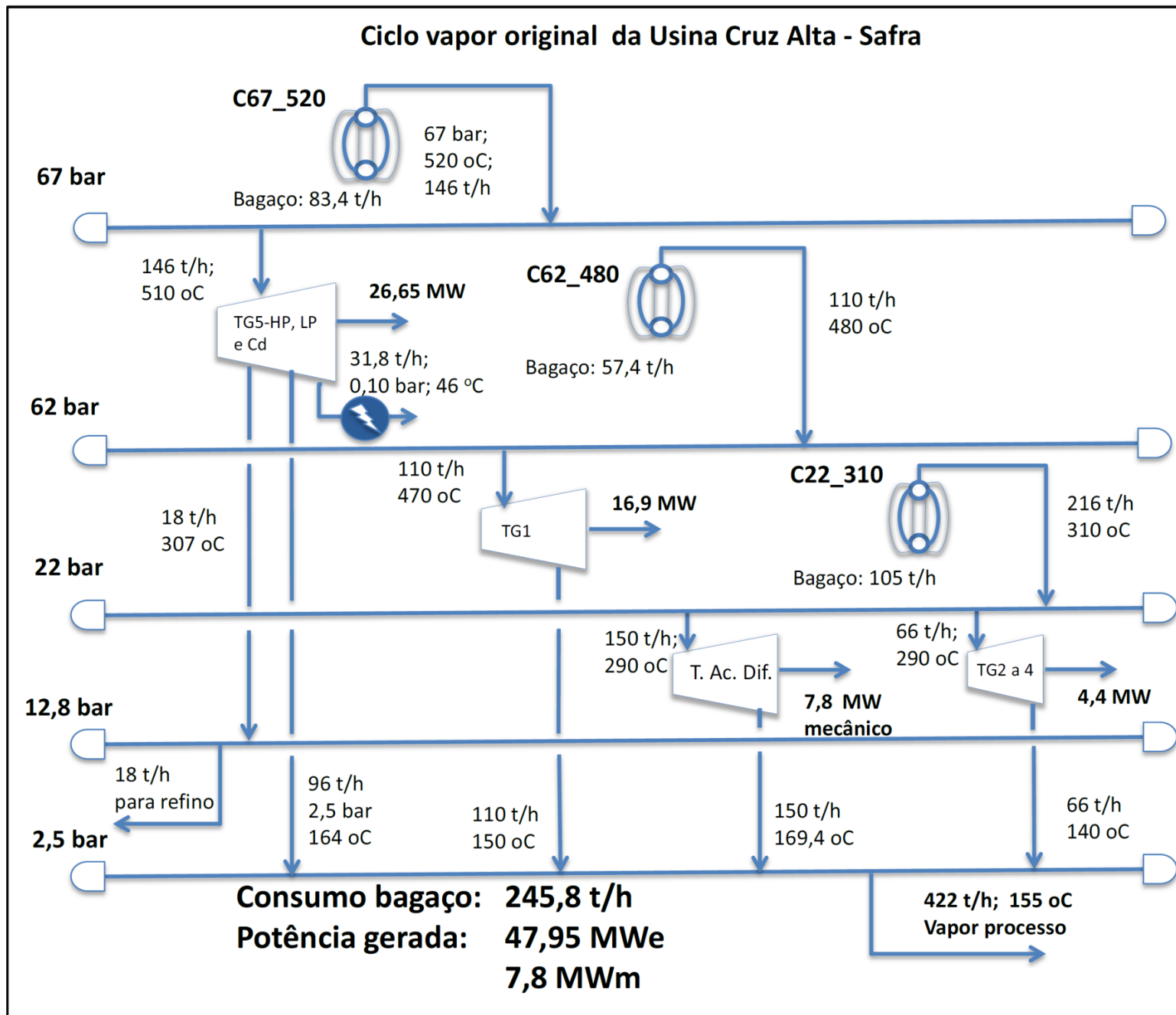


Figura 1 - Ciclo vapor original da Usina Cruz Alta na safra

Ciclo vapor atual da Usina Cruz Alta - Safra

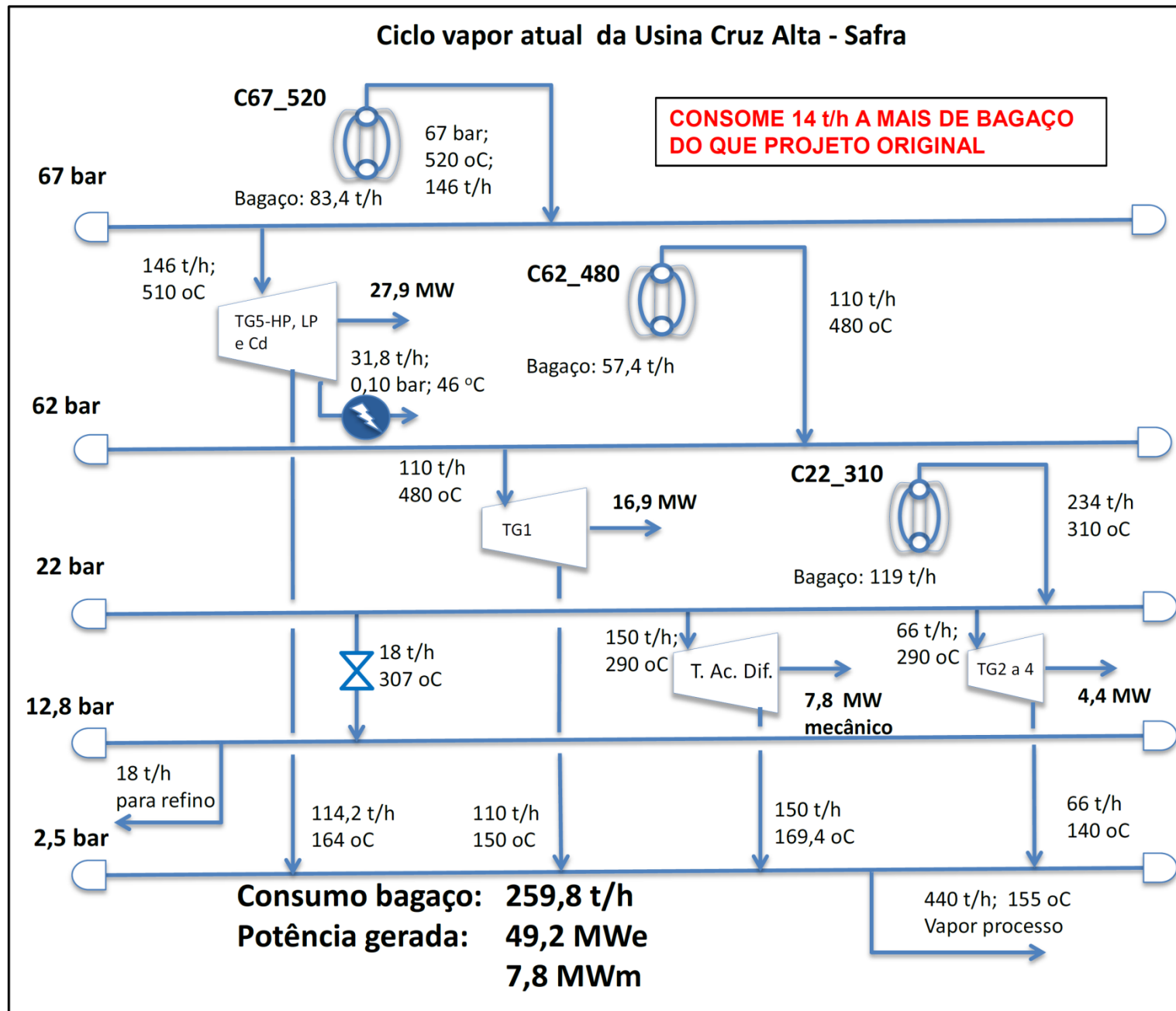
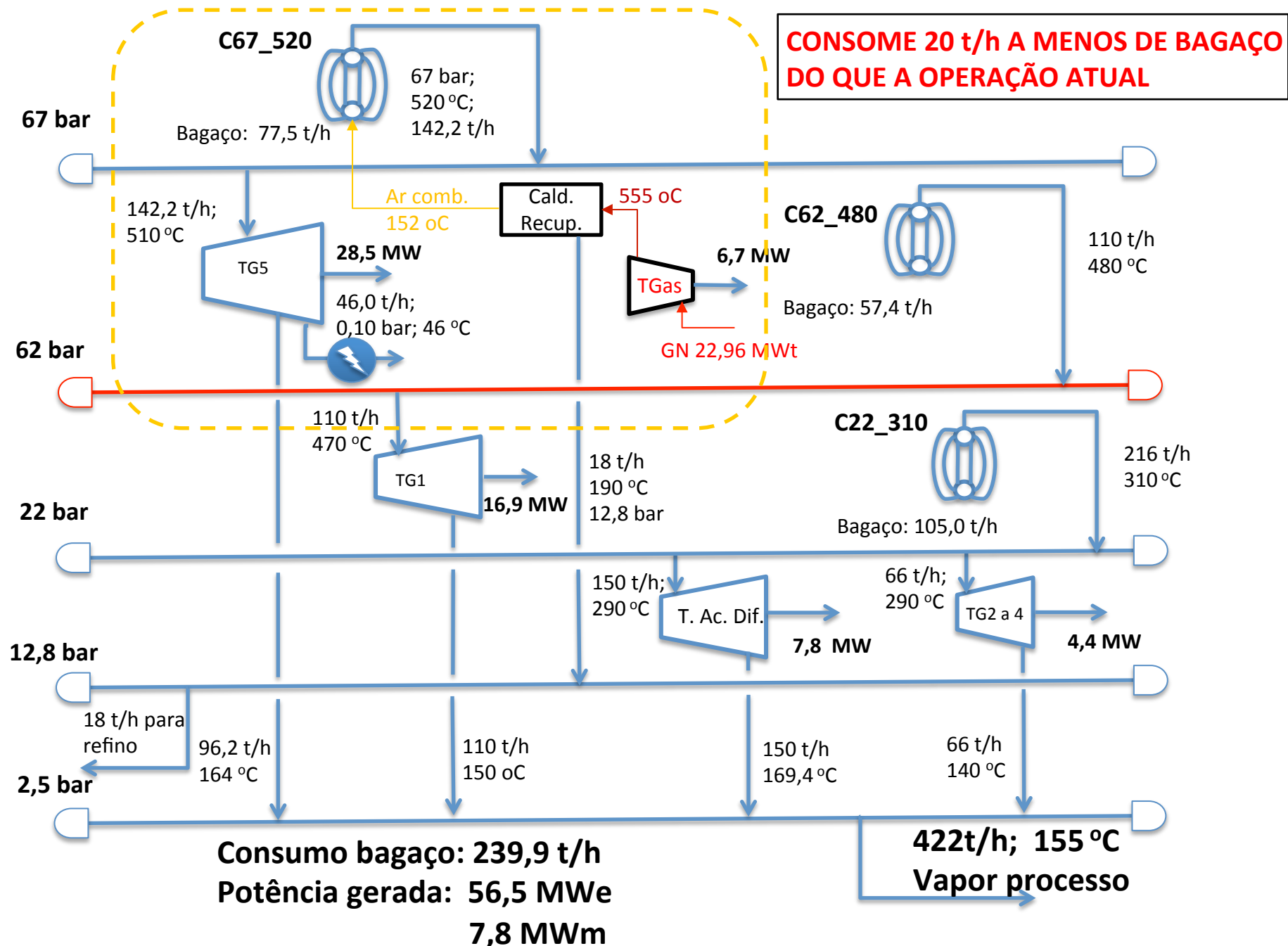


Figura 2 - Ciclo vapor atual da Usina Cruz Alta na safra

CALDEIRA 67_520 – Cruz Alta

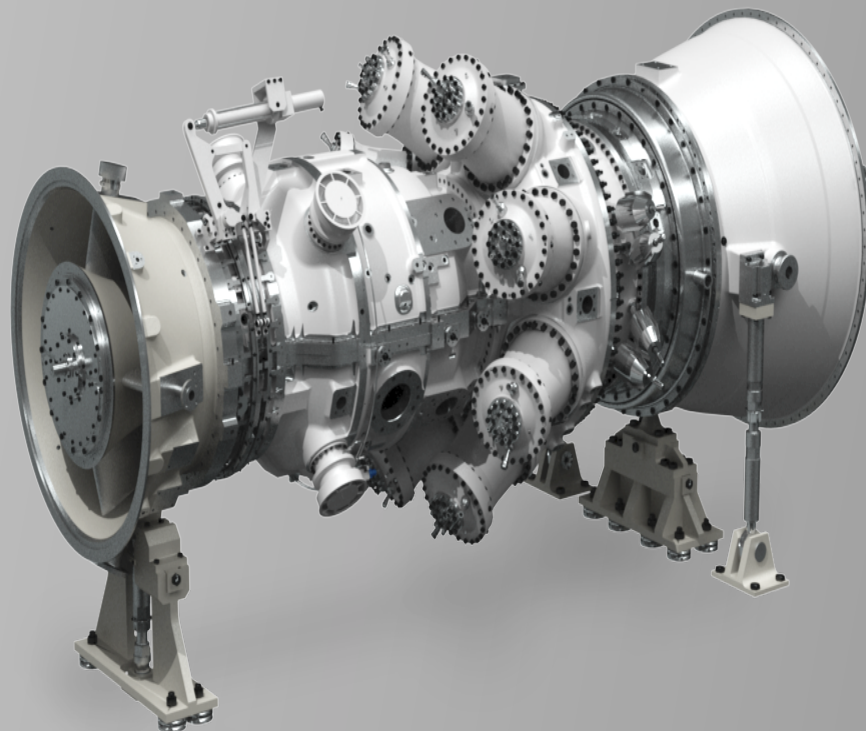
PROPOSTA: INTRODUÇÃO DE TG SIEMENS
SGT-300 E CALDEIRA DE
RECUPERAÇÃO GERANDO
18 T/H DE VAPOR A 12,8 bar
PARA SUPRIR REFINARIA DE
AÇÚCAR

Fluxo de vapor da Usina Cruz Alta com ciclo híbrido: caso 1 Safra



INTRODUÇÃO DE TG SIEMENS SGT-300

SIEMENS

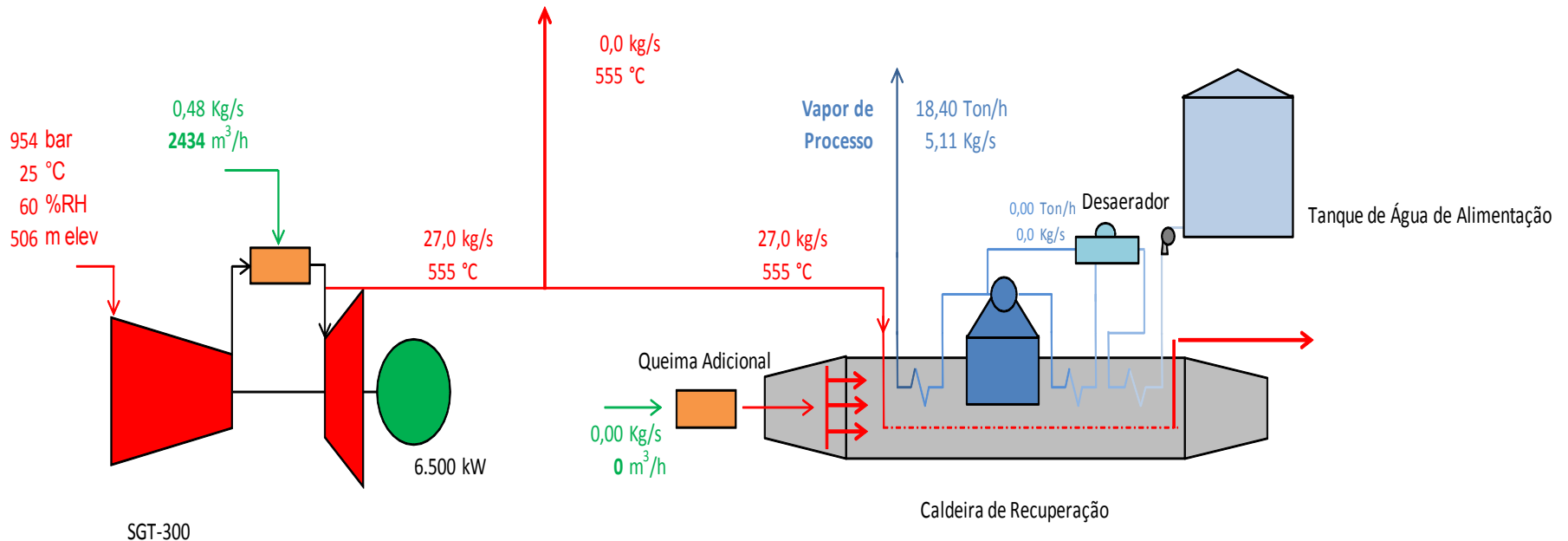


- USINA CRUZ ALTA– 30 de Julho de 2015

Projeto de Cogeração Refinaria

Estimativa com Cogeração SGT-300

A CALDEIRA DE RECUPERAÇÃO IRÁ GERAR 18 T/H DE VAPOR A 13 bar PARA A REFINARIA



Dados Gerais da Planta de Cogeração

Potência elétrica bruta	6.680 kWe
Potência elétrica líquida	6.500 kWe
Gases de Exaustão Turbina a Gás	27,0 Kg/s
Temperatura Gases de Exaustão	555 °C
Produção de Vapor para Processo	5,11 Kg/s
Produção de Vapor para Processo	18,40 m³/h



Project Usina Cruz Alta
User Carlos Matos, Siemens Energy
Siemens sales contact SIPEP Admin (sipep.energy@siemens.com)
Type SGT-300 Cogeneration (steam production)

Date 2015-Jul-28
Calculation ID 79240_1

PLANT CONFIGURATION AND DESIGN CONDITIONS¹

Frequency 60 Hz Elevation above M.S.L. 506 m

Gas turbine and HRSG system

GT burner type DLE
GT air inlet system 10.0 mbar @ GT rating conditions (ISO), standard
Feedwater tank no
Boiler type smoke tube boiler

NOMINAL PERFORMANCE DATA

		25°C
Steam pressure	bar	13.0
Steam flow	kg/s	5.11 ²
Steam temperature (saturated)	°C	191.6
Feedwater temperature	°C	80.0
Total plant efficiency	%	83.6
Total plant heat rate	kJ/kWh	4304
Heat duty	MJ/s	12.5
GT load	%	100
GT electric power	MW	6.68
GT efficiency	%	29.1
GT heat rate	kJ/kWh	12370

NO_x emissions @ 15% O₂ dry on request
CO emissions @ 15% O₂ dry on request

EXHAUST GAS

GT exhaust gas mass flow	kg/s	27.0
GT exhaust gas temperature	°C	555
Stack exhaust gas temperature	°C	137
Stack isobaric heat capacity	kJ/(kg K)	1.06
Gas constant	kJ/(kg K)	0.29

AMBIENT CONDITIONS

Air temperature	°C	25.0
Air humidity	%	60
Air pressure	mbar	954 ³

OPERATING DATA

Fuel type		std. gas ⁴
Fuel LHV	kJ/kg	47889
Fuel mass flow	kg/s	0.48
Water/Steam injection		n/a
GT speed	1/min	14010

See notes for details for each case: 2, 3, 4

NOTES

n/a = not applicable

¹ Performance is based on new & clean condition and IAPWS-IF97 water/steam properties and refers to lower heating value (LHV).

² The requested water / steam flow (20.00kg/s) is larger than the maximum achievable flow. The calculation was performed for the maximum achievable flow.

Please select "Duct firing available" as a design criteria and choose duct burner operating status "On" in an off-design calculation.

In case this is still not sufficient for achieving the desired water/steam flow please choose a larger gas turbine or contact sales to obtain a special design.

³ Ambient pressure calculated from site elevation

⁴ Vol-%: CH₄=94.2000%; C₂H₆=3.2000%; N₂=1.2000%; C₃H₈=0.6000%; CO₂=0.5000%; C₅H₁₂(iso-pentane)=0.1000%;

C₄H₁₀(iso-butane)=0.1000%; C₄H₁₀(n-butane)=0.1000%, Wobbe index = 47.5 MJ/m³ (T=273K), 45.0 MJ/m³ (T=288K)

13.0 bar
5.11² kg/s
191.6 °C

6.68 MW
29.1 %

CONSUMO GN 22,955MWt
~ 2.087 m3/h

SITUAÇÃO ATUAL CALDEIRA 67_520

SAFRA			200 DIAS				
RECEITAS (R\$ 1.000,00)			DESPESAS (R\$ 1.000,00)				
GERAÇÃO (MWe)	PREÇO VENDA	RECEITA	VAPOR EXTRAIDO	TON VAP/TON BAG	BAGAÇO	CUSTO UNIT	CUSTO
	(MWhe)		CALDEIRA 22_310 (T/h)		CONSUMIDO (T/h)	BAG P/TON	TOT BAG
27,942	R\$ 180,00	R\$ 24.141,89	18,0	1,2857	14,000	R\$ 0,00	R\$ 0,00
			ENERGIA UNIT NÃO GERADA POR	VAPOR EXTRAIDO	ENERGIA NÃO GERADA	PREÇO VENDA	CUSTO ENERGIA
			VAPOR EXTRAIDO (MWhe/tv)	CALDEIRA 22_310 (T/h)	(MWe)	(MWhe)	NÃO GERADA
			0,06617	0,0	0	R\$ 280,00	R\$ 0,00
RECEITA TOTAL SAFRA		R\$ 24.141,89	DESPESA TOTAL SAFRA				R\$ 0,00
RESULTADO LIQUIDO NA SAFRA =		R\$ 24.141,89					

FORA DA SAFRA			120 DIAS				
RECEITAS (R\$ 1.000,00)			DESPESAS (R\$ 1.000,00)				
GERAÇÃO (MWe)	PREÇO VENDA	RECEITA	VAPOR EXTRAIDO	TON VAP/TON BAG	BAGAÇO	CUSTO UNIT	CUSTO
	(MWhe)		CALDEIRA 22_310 (T/h)		CONSUMIDO (T/h)	BAG P/TON	TOT BAG
0	R\$ 200,00	R\$ 0,00	18,0	1,2857	14,000	R\$ 0,00	R\$ 0,00
			ENERGIA UNIT NÃO GERADA POR	VAPOR EXTRAIDO	ENERGIA NÃO GERADA	PREÇO VENDA	CUSTO ENERGIA
			VAPOR EXTRAIDO (MWhe/tv)	CALDEIRA 22_310 (T/h)	(MWe)	(MWhe)	NÃO GERADA
			0,06617	0,0	0	R\$ 280,00	R\$ 0,00
			CONSUMO ENERGIA FORA DA			CUSTO UNIT	CUSTO
			SAFRA (MWe)			(MWhe)	TOT BAG
			4,0			R\$ 400,00	R\$ 4.608,00
RECEITA TOTAL F/SAFRA		R\$ 0,00	DESPESA TOTAL FOR A SAFRA				R\$ 4.608,00
RESULTADO LIQUIDO FORA SAFRA =		-R\$ 4.608,00					

SITUAÇÃO PROPOSTA COM TG SIEMENS SGT-300

6,5 MWe

CONSUMO GN

22,96

CUSTO GN

R\$ 0,93

CUSTO GN

R\$ 84,45

SAFRA				200 DIAS		CUSTO GN				R\$ 84,45
RECEITAS (R\$ 1.000,00)				DESPESAS (R\$ 1.000,00)						
GERAÇÃO (MWe)	PREÇO VENDA		RECEITA	VAPOR EXTRAIDO	TON VAP/TON BAG	BAGAÇO	CUSTO UNIT	CUSTO		
	(MWhe)			CALDEIRA 22_310 (T/h)		CONSUMIDO (T/h)	BAG P/TON	TOT BAG		
	7,298	R\$ 280,00	R\$ 9.808,51		0,0	1,2857	0,000	R\$ 0,00	R\$ 0,00	
	27,942	R\$ 180,00	R\$ 24.141,89							
ECONOMIA	ECONOMIA	CUSTO UNIT		ENERGIA UNIT NÃO GERADA POR	VAPOR EXTRAIDO	ENERGIA NÃO GERADA	PREÇO VENDA	CUSTO ENERGIA		
BAGA TON/D	TOTAL (TON)	BAG P/TON		VAPOR EXTRAIDO (MWhe/tv)	CALDEIRA 22_310 (T/h)	(MWe)	(MWhe)	NÃO GERADA		
	480	96000,000	R\$ 100,00	R\$ 9.600,00	0,06617	0,0	0	R\$ 280,00	R\$ 0,00	
				CONSUMO GN (MWht)			CUSTO GN (R\$/MWht)	TOTAL GN		
					22,96			R\$ 84,45		
				CONSUMO GN (m3)			CUSTO GN (R\$/m3)			
					10.018.909			R\$ 0,93	R\$ 9.307,57	
RECEITA TOTAL SAFRA			R\$ 43.550,40	DESPESA TOTAL SAFRA					R\$ 9.307,57	
RESULTADO LIQUIDO NA SAFRA =			R\$ 34.242,83							

FORA DA SAFRA				120 DIAS				
RECEITAS (R\$ 1.000,00)				DESPESAS (R\$ 1.000,00)				
GERAÇÃO (MWe)	PREÇO VENDA (MWhe)	RECEITA		VAPOR EXTRAIDO CALDEIRA 22_310 (T/h)	TON VAP/TON BAG	BAGAÇO CONSUMIDO (T/h)	CUSTO UNIT BAG P/TON	CUSTO TOT BAG
	2,50	R\$ 280,00	R\$ 2.016,00		0,0	1,2857	0,000	R\$ 0,00
								R\$ 0,00
ECONOMIA	ECONOMIA	CUSTO UNIT		ENERGIA UNIT NÃO GERADA POR VAPOR EXTRAIDO (MWhe/tv)		ENERGIA NÃO GERADA (MWe)	PREÇO VENDA (MWhe)	CUSTO ENERGIA NÃO GERADA
BAGA TON/D	TOTAL (TON)	BAG P/TON			0,06617		0	R\$ 280,00
	336	40320,000	R\$ 100,00	R\$ 4.032,00				R\$ 0,00
				ENERGIA FORA DA SAFRA (MWe)	CONSUMO VAPOR 22_310 (tv/h)	BAGAÇO CONSUMIDO (T/h)	CUSTO UNIT BAG P/TON	CUSTO TOT BAG
					0,0	0,000	0,000	R\$ 100,00
								R\$ 0,00
				CONSUMO GN (MWht)			CUSTO GN (R\$/MWht)	TOTAL GN
					22,96			R\$ 84,45
				CONSUMO GN (m3)			CUSTO GN (R\$/m3)	
					6.011.345			R\$ 0,93
								R\$ 5.584,54
RECEITA TOTAL F/SAFRA			R\$ 6.048,00	DESPESA TOTAL FOR A SAFRA				R\$ 5.584,54
RESULTADO LIQUIDO FORA DA SAFRA =			R\$ 463,46					
RECEITA ANUAL TOTAL LIQ =			R\$ 34.706,29					

DIFERENÇA ANUAL COM A SOLUÇÃO COM TG R\$ 15.172,41

CUSTO TG + CALDEIRA RECUPERAÇÃO R\$ 28.000,00

SEM IMPOSTOS

TIR DO PROJETO	1,00000	53,44%
10 ANOS		

COM IMPOSTOS E O&M

TIR DO PROJETO		50,45%
10 ANOS		

CALCULO DA TIR COM IMPOSTOS

EQUITY	50,00%
TAXA JUROS FIN	10,00%
ANOS	10
PIS/COFINS	9,25%
CSLL	9,00%
OEM ANUAL	R\$ 1.500
IR	25,00%

CAPEX (R\$ 1.000)		R\$ 28.000		Equity=		50,00%		ANOS		10				
ANISALDO	JUROS	DEPRE	sal dev finan	FINAN	CUSTO	CSLL	PIS/COF	IR		RECEITA	FLUXO DE	CALCULO TIR	ACUMULADO	
DEVEDOR	FINAN				O&M		(\$1000)	(\$1000)		BRUTA	CAIXA			
FINAN					(\$ 1.000)	9,00%	9,25%	25,00%		(\$ 1.000)	LIVRE			
0	R\$ 14.000	R\$ 0		-R\$ 14.000	R\$ 14.000	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 0	-R\$ 14.000	R\$ 0	
1	R\$ 13.122	R\$ 1.400	R\$ 2.800	-R\$ 13.122	-R\$ 2.278	-R\$ 1.500	R\$ 726	-R\$ 1.403	R\$ 2.017	-R\$ 2.017	R\$ 15.172	R\$ 7.247	R\$ 7.247	R\$ 7.247
2	R\$ 12.155	R\$ 1.312	R\$ 2.800	-R\$ 12.155	-R\$ 2.278	-R\$ 1.500	R\$ 734	-R\$ 1.403	R\$ 2.039	-R\$ 2.039	R\$ 15.172	R\$ 7.217	R\$ 7.217	R\$ 14.464
3	R\$ 11.092	R\$ 1.216	R\$ 2.800	-R\$ 11.092	-R\$ 2.278	-R\$ 1.500	R\$ 743	-R\$ 1.403	R\$ 2.063	-R\$ 2.063	R\$ 15.172	R\$ 7.184	R\$ 7.184	R\$ 21.649
4	R\$ 9.923	R\$ 1.109	R\$ 2.800	-R\$ 9.923	-R\$ 2.278	-R\$ 1.500	R\$ 752	-R\$ 1.403	R\$ 2.090	-R\$ 2.090	R\$ 15.172	R\$ 7.148	R\$ 7.148	R\$ 28.797
5	R\$ 8.637	R\$ 992	R\$ 2.800	-R\$ 8.637	-R\$ 2.278	-R\$ 1.500	R\$ 763	-R\$ 1.403	R\$ 2.119	-R\$ 2.119	R\$ 15.172	R\$ 7.108	R\$ 7.108	R\$ 35.905
6	R\$ 7.222	R\$ 864	R\$ 2.800	-R\$ 7.222	-R\$ 2.278	-R\$ 1.500	R\$ 774	-R\$ 1.403	R\$ 2.151	-R\$ 2.151	R\$ 15.172	R\$ 7.065	R\$ 7.065	R\$ 42.970
7	R\$ 5.666	R\$ 722	R\$ 2.800	-R\$ 5.666	-R\$ 2.278	-R\$ 1.500	R\$ 787	-R\$ 1.403	R\$ 2.187	-R\$ 2.187	R\$ 15.172	R\$ 7.017	R\$ 7.017	R\$ 49.987
8	R\$ 3.954	R\$ 567	R\$ 2.800	-R\$ 3.954	-R\$ 2.278	-R\$ 1.500	R\$ 801	-R\$ 1.403	R\$ 2.226	-R\$ 2.226	R\$ 15.172	R\$ 6.964	R\$ 6.964	R\$ 56.950
9	R\$ 2.071	R\$ 395	R\$ 2.800	-R\$ 2.071	-R\$ 2.278	-R\$ 1.500	R\$ 817	-R\$ 1.403	R\$ 2.268	-R\$ 2.268	R\$ 15.172	R\$ 6.906	R\$ 6.906	R\$ 63.856
10	R\$ 0	R\$ 207	R\$ 2.800	R\$ 0	-R\$ 2.278	-R\$ 1.500	R\$ 834	-R\$ 1.403	R\$ 2.315	-R\$ 2.315	R\$ 15.172	R\$ 6.842	R\$ 6.842	R\$ 70.697
R\$ 878		10,00%								TIR		50,45%		

PAYBACK EM MENOS DE 2 ANOS

CALDEIRA 22_310 – Cruz Alta

SOLUÇÃO02:CALDEIRA NOVA – 120bar/
480C

ELEVAÇÃO DA PRESSÃO PARA
120 bar E INTRODUÇÃO DE TG
SIEMENS SGT-300 COM
REAQUECIMENTO EXTERNO
DO VAPOR A 13 bar (VAPOR
USADO NA SAFRA PARA
REFINARIA- FOR A DA SAFRA

Ciclo vapor atual da Usina Cruz Alta - Safra

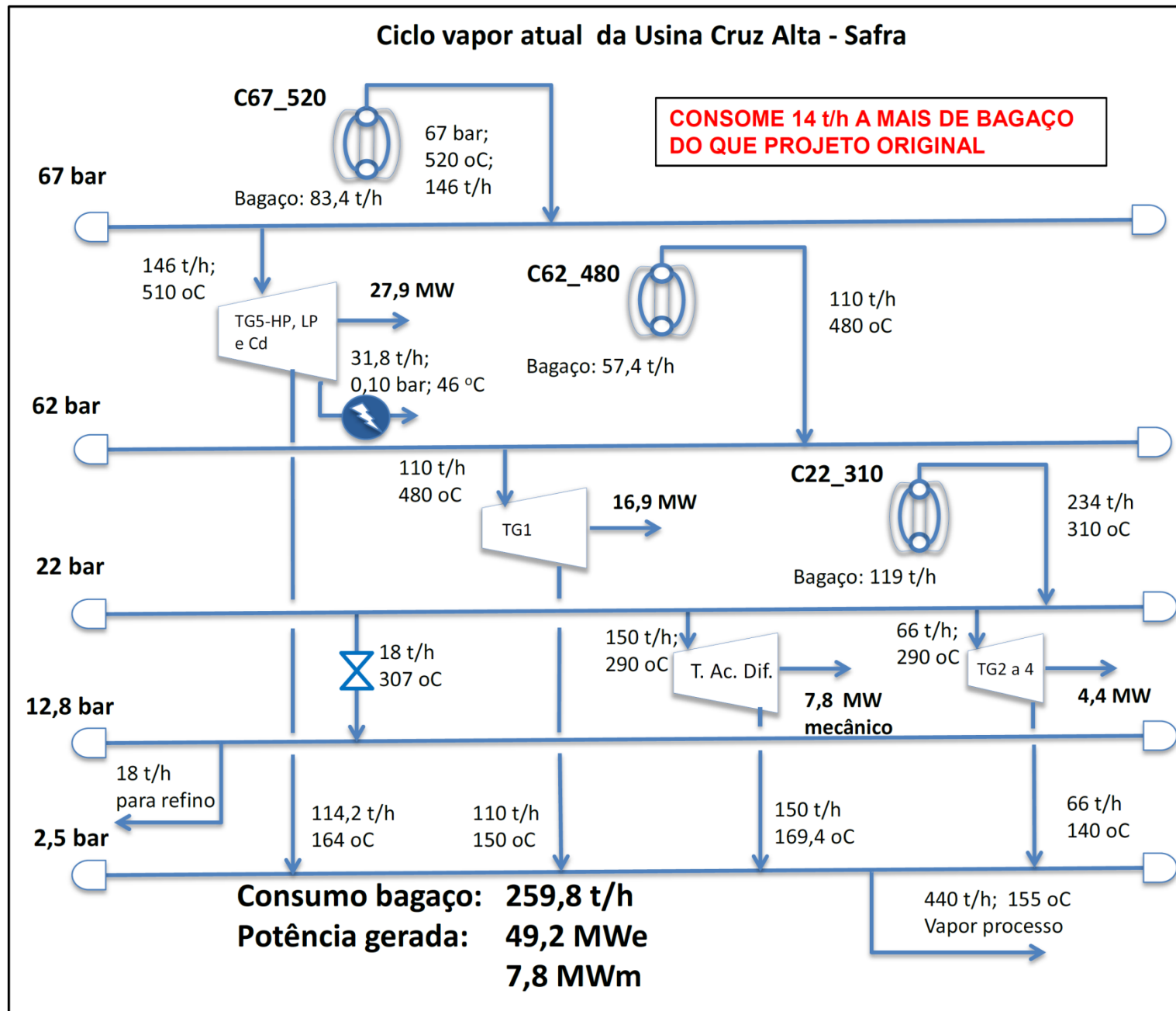
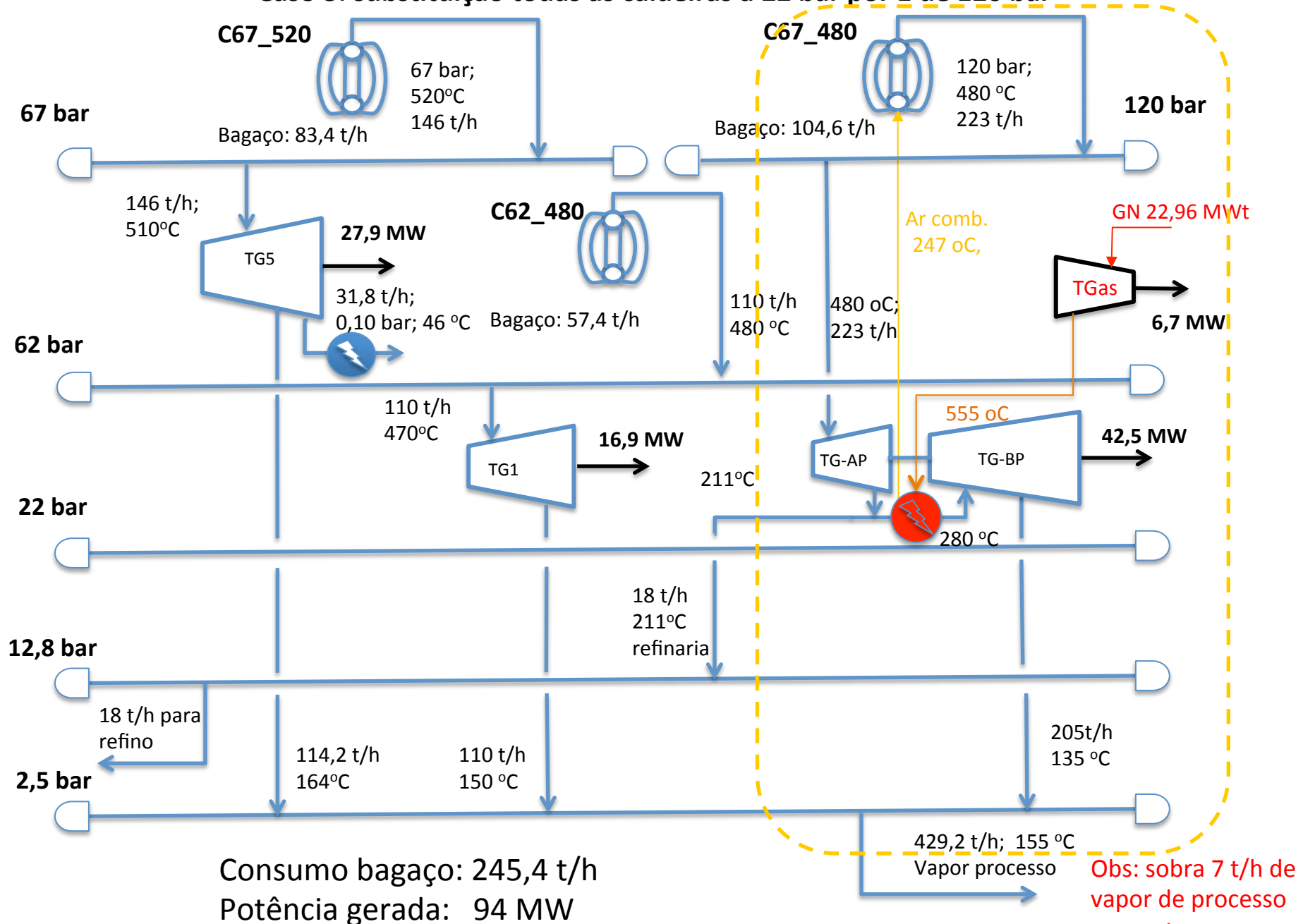


Figura 2 - Ciclo vapor atual da Usina Cruz Alta na safra

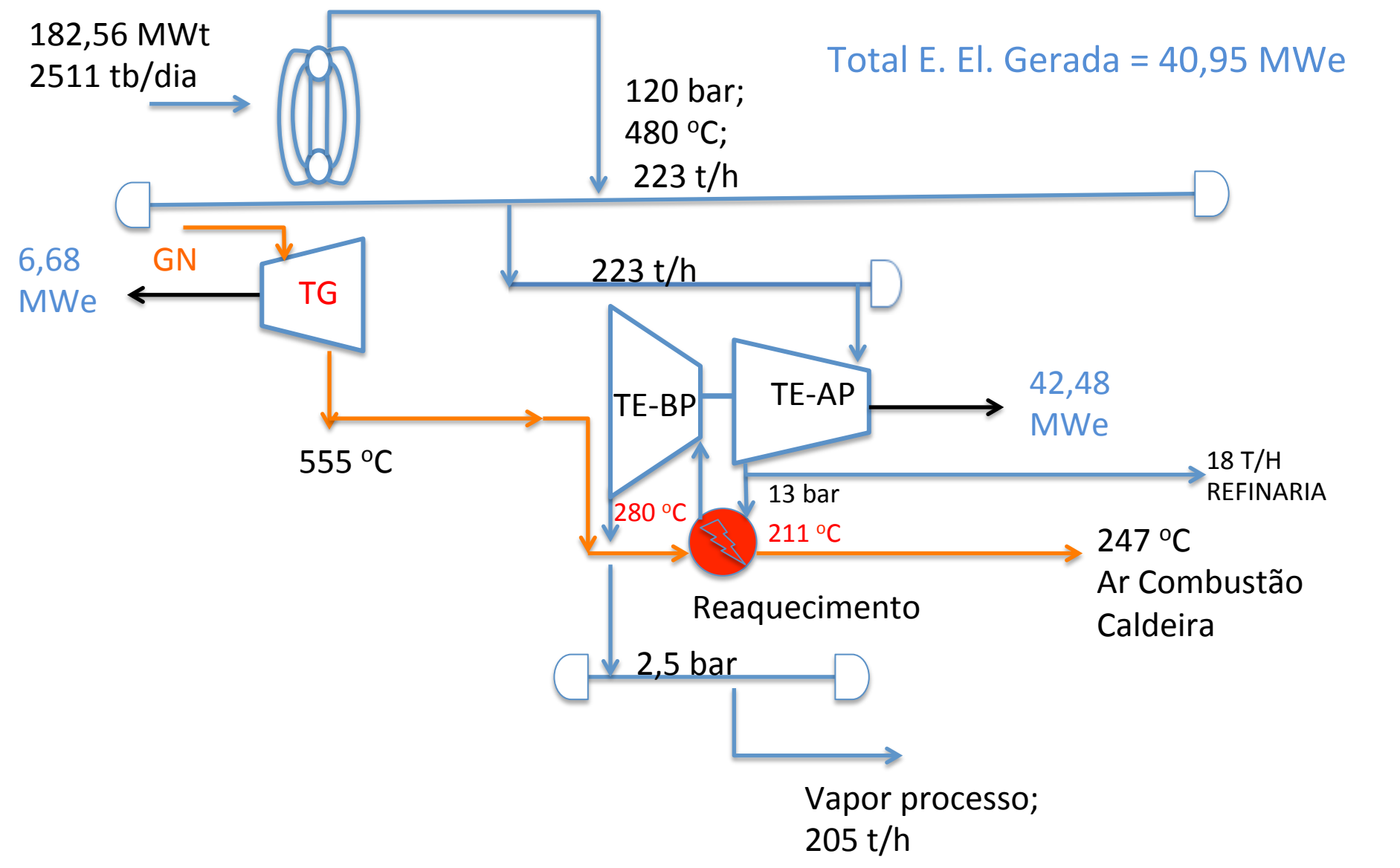
Fluxo de vapor da Usina Cruz Alta Safra com ciclo híbrido

Caso 3: substituição todas as caldeiras a 22 bar por 1 de 120 bar



Resumo Solução2 Caldeira 22_310 – TG SIEMENS SGT-300

OPERAÇÃO NA SAFRA → ESCAPE TG PARA REAQUECIMENTO



USINA CANA OCC= 1
SIEMENS SGT-300

MOAGEM 8619,94 TON/D
RESERVA 2,00%
%BAGACO 29,73%
BAGAÇO 2511,59 TON/D 182,56 MWt PCI 6280,0 KJ/kg

AIR

GAS MIXTURE

STEAM

LIQUID WATER

NATURAL GAS

X =

S =

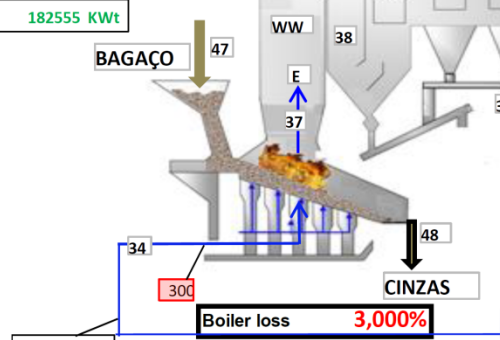
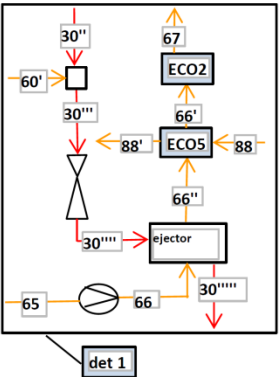
V =

0,000

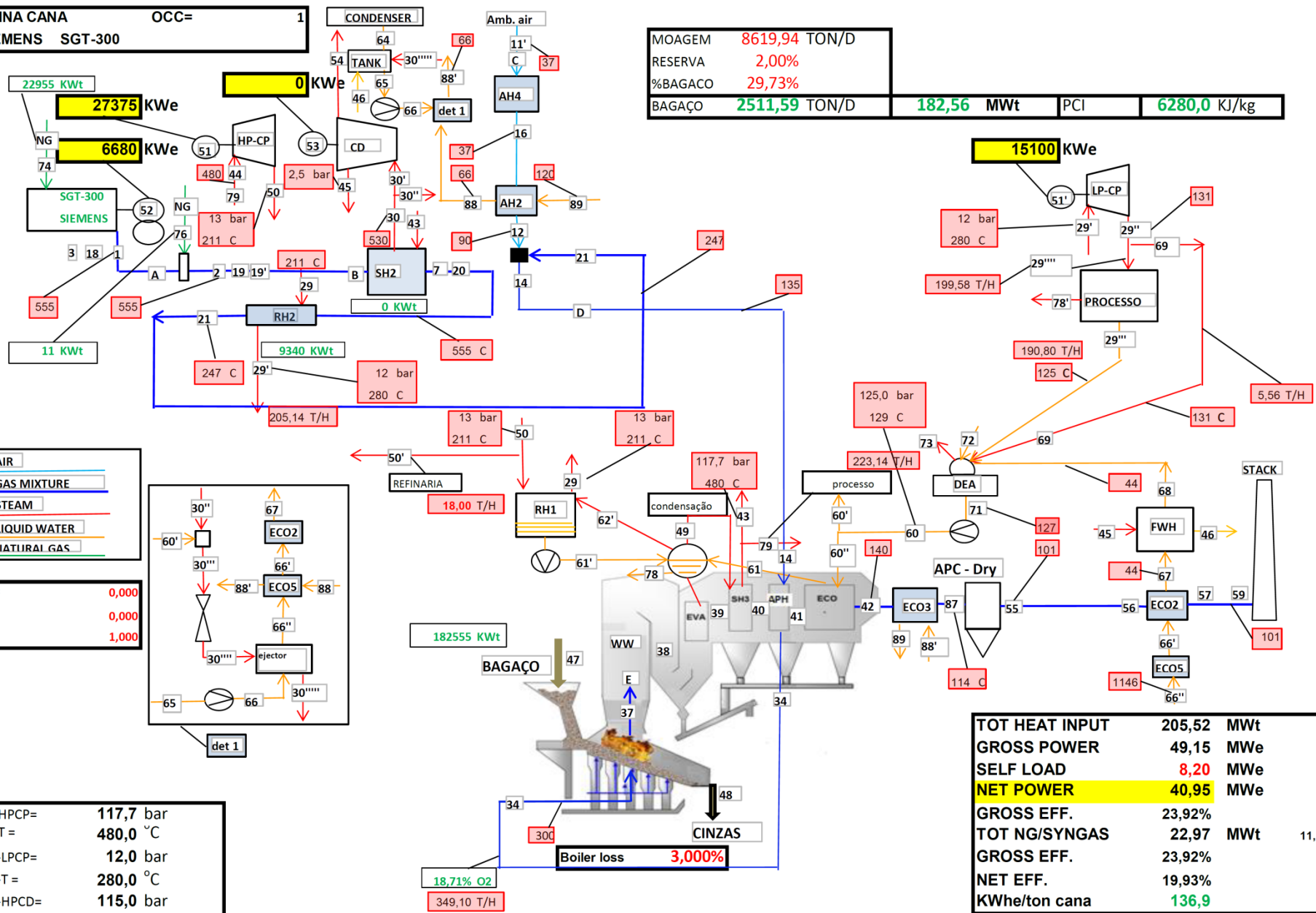
0,000

1,000

44-HPCP= 117,7 bar
44-T = 480,0 °C
29'-LPCP= 12,0 bar
29'-T = 280,0 °C
30'-HPCD= 115,0 bar
30'-T = 530,0 °C

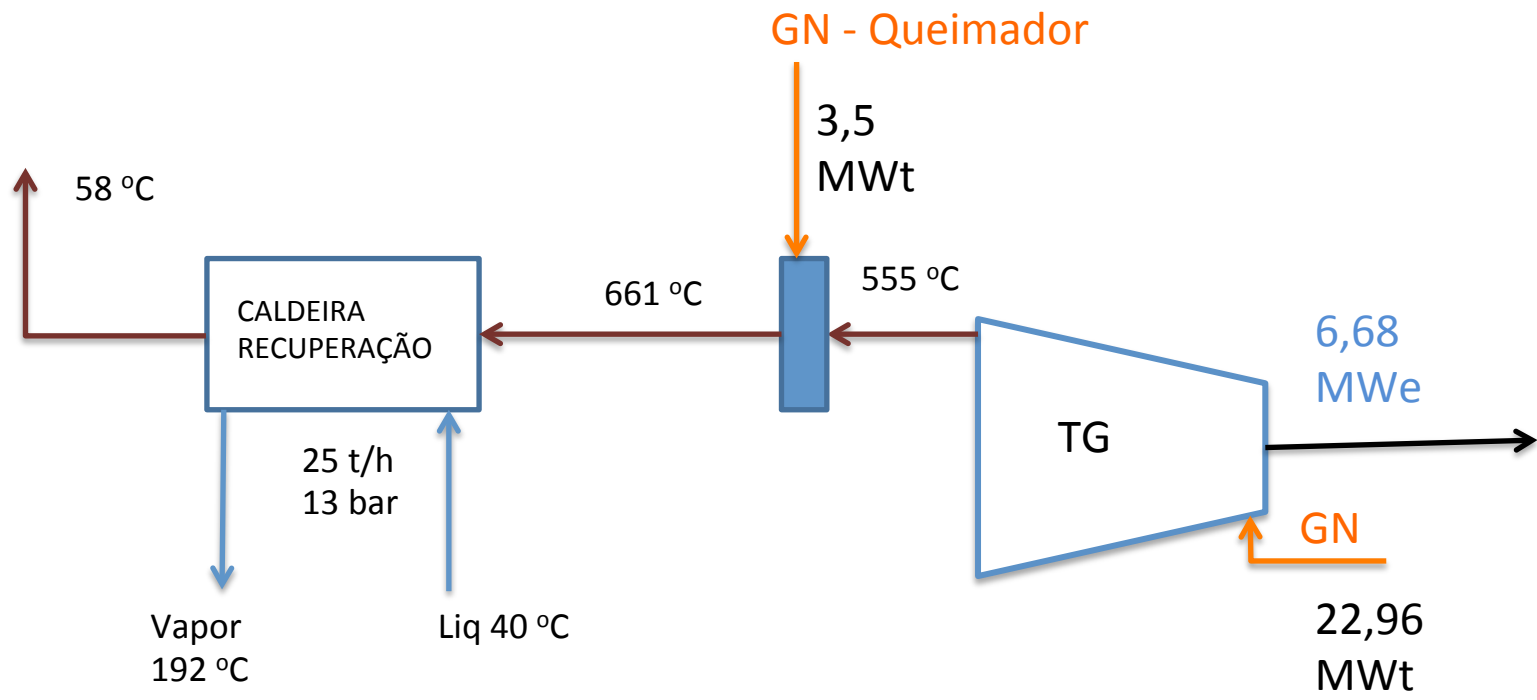


TOT HEAT INPUT	205,52	MWt
GROSS POWER	49,15	MWe
SELF LOAD	8,20	MWe
NET POWER	40,95	MWe
GROSS EFF.	23,92%	
TOT NG/SYNGAS	22,97	MWt 11,17%
GROSS EFF.	23,92%	
NET EFF.	19,93%	
KWhe/ton cana	136,9	



Resumo Solução2 Caldeira 22_310 – TG SIEMENS SGT-300

OPERAÇÃO FORA SAFRA → ESCAPE TG PARA VAPOR REFINARIA 13 bar



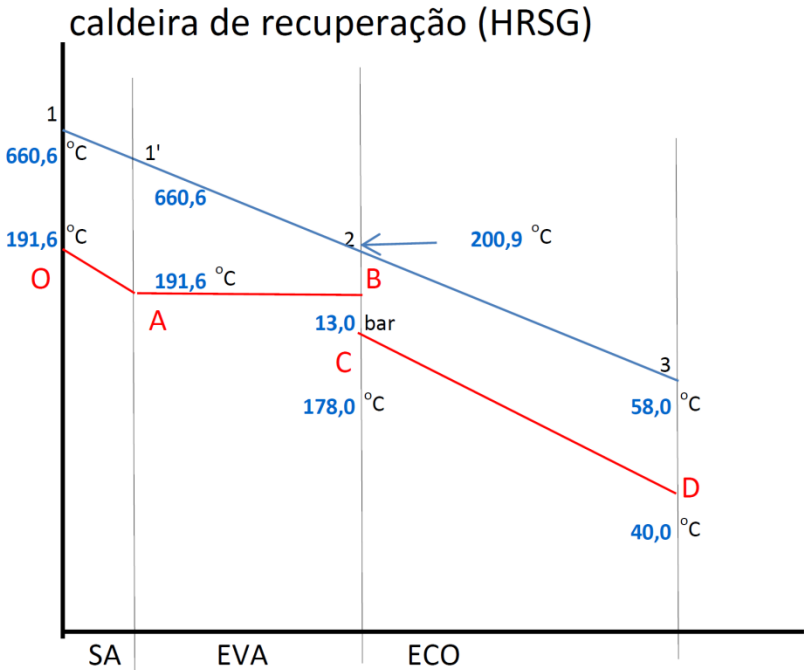
Vazão vapor Refinaria (T/H)	Consumo GN no Queimador (MWt)
18	0
20	0,6
25	3,5

CALDEIRA DE RECUPERAÇÃO BALANÇO DE MASSA E ENERGIA

	condiçao	T - C	P - bar	h-KJ/kg	s-KJ/(kg.K)	X	
O	SA	191,64	13,00	2787,0396	6,4945	0,0001	SA= 0,00 KWt
A	SAT-vap	191,64	13,00	2787,0393	6,4945	1	EVA= 14113,43 KWt
B	SAT-liq	191,64	13,00	814,9277	2,2515	0	
C	SUB	178,00	15,00	754,7050	2,1195		ECO= 4067,43 KWt
D	SUB	40,04	15,00	168,9955	0,5722		
	SUB	40	1,01	167,5863	0,5722	0	
	mv =	25 t/h		6,9444 kg/s			

energia transferida na HRSG = 18180,86 KWt

Total18180,9 KWt



TURBINA SGT-300

Pot	6,68000 MWe	
Ef TG	29,10%	
Consumo	22,95533 MWt	
vazao escape	27,00000 kg/s	97,20000 t/h
		egn (KWt)
1	660,63	7,086346E+02
1'	660,63	7,086345E+02
2	200,93	1,859148E+02
3	58,03	3,526933E+01

caldeiras de 22 bar na situação atual

SAFRA			200 DIAS				
RECEITAS (R\$ 1.000,00)			DESPESAS (R\$ 1.000,00)				
GERAÇÃO (MWe)	PREÇO VENDA (MWhe)	RECEITA	VAPOR EXTRAIDO CALDEIRA 22_310 (T/h)	TON VAP/TON BAG	BAGAÇO CONSUMIDO (T/h)	CUSTO UNIT BAG P/TON	CUSTO TOT BAG
4,364	R\$ 180,00	R\$ 3.770,50	18,0	1,2857	14,000	R\$ 0,00	R\$ 0,00
RECEITA TOTAL SAFRA			ENERGIA UNIT NÃO GERADA POR VAPOR EXTRAIDO (MWhe/tv)	VAPOR EXTRAIDO CALDEIRA 22_310 (T/h)	ENERGIA NÃO GERADA (MWe)	PREÇO VENDA (MWhe)	CUSTO ENERGIA NÃO GERADA
R\$ 3.770,50			0,06617	0,0	0	R\$ 280,00	R\$ 0,00
RESULTADO LIQUIDO NA SAFRA =			DESPESA TOTAL SAFRA				
R\$ 3.770,50			R\$ 0,00				

FORA DA SAFRA			120 DIAS				
RECEITAS (R\$ 1.000,00)			DESPESAS (R\$ 1.000,00)				
GERAÇÃO (MWe)	PREÇO VENDA (MWhe)	RECEITA	VAPOR EXTRAIDO CALDEIRA 22_310 (T/h)	TON VAP/TON BAG	BAGAÇO CONSUMIDO (T/h)	CUSTO UNIT BAG P/TON	CUSTO TOT BAG
0	R\$ 200,00	R\$ 0,00	18,0	1,2857	14,000	R\$ 0,00	R\$ 0,00
RECEITA TOTAL F/SAFRA			ENERGIA UNIT NÃO GERADA POR VAPOR EXTRAIDO (MWhe/tv)	VAPOR EXTRAIDO CALDEIRA 22_310 (T/h)	ENERGIA NÃO GERADA (MWe)	PREÇO VENDA (MWhe)	CUSTO ENERGIA NÃO GERADA
R\$ 0,00			0,06617	0,0	0	R\$ 280,00	R\$ 0,00
RESULTADO LIQUIDO FORA SAFRA =			CONSUMO ENERGIA FORA DA SAFRA (MWe)				
-R\$ 4.608,00			4,0	R\$ 400,00 R\$ 4.608,00			

RECEITA ANUAL TOTAL LIQ = -R\$ 837,50

SITUAÇÃO PROPOSTA COM TG SIEMENS SGT-300

6,5 MWe

CONSUMO GN

22,96

CUSTO GN

R\$ 0,93

CUSTO GN

R\$ 84,45

SAFRA				200 DIAS		CUSTO GN				R\$ 84,45			
RECEITAS (R\$ 1.000,00)					DESPESAS (R\$ 1.000,00)								
GERAÇÃO (MWe)	PREÇO VENDA (MWhe)		RECEITA	VAPOR EXTRAIDO CALDEIRA 22_310 (T/h)	TON VAP/TON BAG	BAGAÇO CONSUMIDO (T/h)	CUSTO UNIT BAG P/TON	CUSTO TOT BAG	ENERGIA UNIT NÃO GERADA POR VAPOR EXTRAIDO (MWhe/tv)	VAPOR EXTRAIDO CALDEIRA 22_310 (T/h)	ENERGIA NÃO GERADA (MWe)	PREÇO VENDA (MWhe)	CUSTO ENERGIA NÃO GERADA
	8,00	R\$ 220,00	R\$ 8.448,00		0,0	1,2857	0,000	R\$ 100,00	R\$ 0,00				
	32,955	R\$ 280,00	R\$ 44.291,52										
ECONOMIA BAGA TON/D	ECONOMIA	CUSTO UNIT											
	TOTAL (TON)	BAG P/TON											
	336	67200,000	R\$ 100,00	R\$ 6.720,00	0,06617	0,0	0	R\$ 280,00	R\$ 0,00				
				CONSUMO GN (MWt)			CUSTO GN (R\$/MWht)	TOTAL GN					
				22,96			R\$ 84,45						
				CONSUMO GN (m3)			CUSTO GN (R\$/m3)						
				10.018.909			R\$ 0,93	R\$ 9.307,57					
RECEITA TOTAL SAFRA			R\$ 59.459,52	DESPESA TOTAL SAFRA				R\$ 9.307,57					
RESULTADO LIQUIDO NA SAFRA =			R\$ 50.151,95										

FORA DA SAFRA				120 DIAS					
RECEITAS (R\$ 1.000,00)				DESPESAS (R\$ 1.000,00)					
GERAÇÃO (MWe)		PREÇO VENDA (MWhe)	RECEITA	VAPOR EXTRAIDO CALDEIRA 22_310 (T/h)	TON VAP/TON BAG	BAGAÇO CONSUMIDO (T/h)	CUSTO UNIT BAG P/TON	CUSTO TOT BAG	
		2,50	R\$ 280,00	R\$ 2.016,00	0,0	1,2857	0,000	R\$ 100,00	R\$ 0,00
ECONOMIA	ECONOMIA	CUSTO UNIT		ENERGIA UNIT NÃO GERADA POR VAPOR EXTRAIDO (MWhe/tv)		ENERGIA NÃO GERADA (MWe)	PREÇO VENDA (MWhe)	CUSTO ENERGIA NÃO GERADA	
BAGA TON/D	TOTAL (TON)	BAG P/TON		0,06617		0	R\$ 280,00	R\$ 0,00	
336	40320,000	R\$ 100,00	R\$ 4.032,00	ENERGIA FORA DA SAFRA (MWe)	CONSUMO VAPOR 22_310 (tv/h)	BAGAÇO CONSUMIDO (T/h)	CUSTO UNIT BAG P/TON	CUSTO TOT BAG	
				0,0	0,000	0,000	R\$ 100,00	R\$ 0,00	
				CONSUMO GN (MWt)			CUSTO GN (R\$/MWht)	TOTAL GN	
				22,96			R\$ 84,45		
				CONSUMO GN (m3)			CUSTO GN (R\$/m3)		
				6.011.345			R\$ 0,93	R\$ 5.584,54	
RECEITA TOTAL F/SAFRA			R\$ 6.048,00	DESPESA TOTAL FOR A SAFRA					R\$ 5.584,54
RESULTADO LIQUIDO FORA DA SAFRA =			R\$ 463,46						
RECEITA ANUAL TOTAL LIQ =			R\$ 50.615,41						

DIFERENÇA ANUAL COM A SOLUÇÃO COM TG R\$ 51.452,92

CAPEX(TG + CALD RECU+CALD/TV+MOTORIZACAO) R\$ 125.000,00

SEM IMPOSTOS

TIR DO PROJETO	1,00000	39,71%
10 ANOS		

COM IMPOSTOS E O&M

TIR DO PROJETO		39,64%
10 ANOS		

CALCULO DA TIR COM IMPOSTOS

EQUITY	50,00%
TAXA JUROS FINA	10,00%
ANOS	10
PIS/COFINS	9,25%
CSLL	9,00%
OEM ANUAL	R\$ 1.500
IR	25,00%

CAPEX (R\$ 1.000)		R\$ 125.000		Equity=		50,00%		ANOS		10				
ANO	SALDO DEVEDOR	JUROS FINAN	DEPRE	SALDO DEVEDOR	FINAN	CUSTO O&M (\$ 1.000)	CSLL	PIS/COF (\$1000)	IR (\$1000)		RECEITA BRUTA (\$ 1.000)	FLUXO DE CAIXA LIVRE	CALCULO TIR	ACUMULADO
	FINAN			FINAN			9,00%	9,25%	25,00%					
0	R\$ 62.500	R\$ 0		-R\$ 62.500	R\$ 62.500	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 0	-R\$ 62.500	R\$ 0
1	R\$ 58.578	R\$ 6.250	R\$ 12.500	-R\$ 58.578	-R\$ 10.172	-R\$ 1.500	R\$ 2.380	-R\$ 4.759	R\$ 6.611	-R\$ 6.611	R\$ 51.453	R\$ 26.031	R\$ 26.031	R\$ 26.031
2	R\$ 54.265	R\$ 5.858	R\$ 12.500	-R\$ 54.265	-R\$ 10.172	-R\$ 1.500	R\$ 2.415	-R\$ 4.759	R\$ 6.709	-R\$ 6.709	R\$ 51.453	R\$ 25.898	R\$ 25.898	R\$ 51.929
3	R\$ 49.520	R\$ 5.426	R\$ 12.500	-R\$ 49.520	-R\$ 10.172	-R\$ 1.500	R\$ 2.454	-R\$ 4.759	R\$ 6.817	-R\$ 6.817	R\$ 51.453	R\$ 25.751	R\$ 25.751	R\$ 77.680
4	R\$ 44.300	R\$ 4.952	R\$ 12.500	-R\$ 44.300	-R\$ 10.172	-R\$ 1.500	R\$ 2.497	-R\$ 4.759	R\$ 6.935	-R\$ 6.935	R\$ 51.453	R\$ 25.590	R\$ 25.590	R\$ 103.270
5	R\$ 38.558	R\$ 4.430	R\$ 12.500	-R\$ 38.558	-R\$ 10.172	-R\$ 1.500	R\$ 2.544	-R\$ 4.759	R\$ 7.066	-R\$ 7.066	R\$ 51.453	R\$ 25.412	R\$ 25.412	R\$ 128.682
6	R\$ 32.243	R\$ 3.856	R\$ 12.500	-R\$ 32.243	-R\$ 10.172	-R\$ 1.500	R\$ 2.595	-R\$ 4.759	R\$ 7.209	-R\$ 7.209	R\$ 51.453	R\$ 25.217	R\$ 25.217	R\$ 153.899
7	R\$ 25.295	R\$ 3.224	R\$ 12.500	-R\$ 25.295	-R\$ 10.172	-R\$ 1.500	R\$ 2.652	-R\$ 4.759	R\$ 7.367	-R\$ 7.367	R\$ 51.453	R\$ 25.002	R\$ 25.002	R\$ 178.902
8	R\$ 17.653	R\$ 2.530	R\$ 12.500	-R\$ 17.653	-R\$ 10.172	-R\$ 1.500	R\$ 2.715	-R\$ 4.759	R\$ 7.541	-R\$ 7.541	R\$ 51.453	R\$ 24.766	R\$ 24.766	R\$ 203.668
9	R\$ 9.247	R\$ 1.765	R\$ 12.500	-R\$ 9.247	-R\$ 10.172	-R\$ 1.500	R\$ 2.784	-R\$ 4.759	R\$ 7.732	-R\$ 7.732	R\$ 51.453	R\$ 24.506	R\$ 24.506	R\$ 228.174
10	R\$ 0	R\$ 925	R\$ 12.500	R\$ 0	-R\$ 10.172	-R\$ 1.500	R\$ 2.859	-R\$ 4.759	R\$ 7.942	-R\$ 7.942	R\$ 51.453	R\$ 24.221	R\$ 24.221	R\$ 252.395
		R\$ 3.922			10,00%							TIR	39,64%	

PAYBACK EM MENOS DE 3 ANOS

ASPECTOS AMBIENTAIS → EMISSÕES GEE

ORIGINAL BAGAÇO 453,2 MWth → 57 MWe

CCO BAGAÇO 428,1+ GN 23 = 451,1 MWth → 94 MWe

EF. APARENTE GN= $(94-57)/23 = 37/23 = 161\%$

1 MWht de GN → 198 kg de CO₂ (teorico)

1 MWhe CC (50% ef) → 396 kg de CO₂

CH₄ (1 kg) + 2 O₂ → CO₂ (2,75 kg) + 2 H₂O + 0,0138983 MWht

Comparação da emissão de gases de efeito estufa (GEE) na geração nuclear de eletricidade no Brasil com as de outras fontes

Equipe Ecen Consultoria Ltda.
Carlos Feu Alvim, Omar Campos Ferreira,
Olga Mafra Guidicini, Frida Eidelman,
Paulo Achtschin Ferreira, Marco Aurélio Santos Bernardes

Tabela 2 - Emissões diretas e indiretas na geração de eletricidade - gCO₂/kWh_{el}

Etapas agregadas	Nuclear	Carvão	GNc.c FC 20%	GNc.c FC 80%	Bagaço	O. diesel	O. comb.	Eólica	F.voltaica
Montante	19,1	7,4	26,3	20,2	49	76,3	66,1	15,4	105
Geração	0,8	1262	465	465		755	725	5,4	0
Jusante	7,8	0,2	0,6	0,2		0,4	1,3		
Fugitivas	0,1	76,3	31,5	31,5	0	0	0	0	0
Total	27,8	1346	523	517	49	832	792	21	105
Sub-total sem geração	27,0	83,9	58,4	51,8	49,0	77,3	67,4	15,4	105,0

^a A emissão de CO₂ por combustíveis da biomassa não é contabilizada nos inventários de emissões de GEE

Na Tabela 2 estão assinaladas as emissões à montante (antes da geração), na geração e após a geração (desativação das instalações). Também são indicadas as emissões fugitivas assim chamadas porque resultam da fuga de gases de efeito estufa (principalmente metano) nas diferentes etapas do ciclo de geração. Chama-se a atenção no baixo fator de capacidade da usina de GN que, para o Brasil, foi tomada em 20% que é o que indicam o histórico de uso e as projeções da EPE para anos normais. O valor para 80% de fator de capacidade corresponderia ao uso corrente no exterior.

EMIÇÃO CCO → 23 X (465/2) / 37 = 144,5 kg.CO₂/MWhe = 144,5 g.CO₂/kWh_e

SIMILAR A F. voltaica - 6 vezes menor que Oleo – 3 vezes menor que GN CC PURO

CONCLUSÕES

- **CICLOS HÍBRIDOS OTIMIZADOS GN/BAGAÇO PODEM AUMENTAR A GERAÇÃO DE ENERGIA TERMELÉTRICA RENOVÁVEL NO BRASIL EM MAIS DE 100%**
- **AS EMISSÕES DE GEE PELA FRAÇÃO FÓSSIL MUITO PEQUENAS E COMPARÁVEIS A SOLAR FOTOVOLTAICA PRODUZINDO ENERGIA FIRME SUBSTITUINDO OUTRAS TERMELÉTRICAS A ÓLEO E GN COM GRANDE VANTAGEM**
- **COMO O CONSUMO DE GN É MUITO REDUZIDO (ESSENCIA DO CCO) PODEMOS SUBSTITUI-LO, TOTAL OU PARCIALMENTE, PELO BIOGÁS DA BIODIGESTÃO DA VINHAÇA**