

UNICAMP

Produção de eletricidade a partir da biomassa da cana de açúcar

Arnaldo Walter

Adriano Ensinas

DE-FEM / NIPE

Unicamp

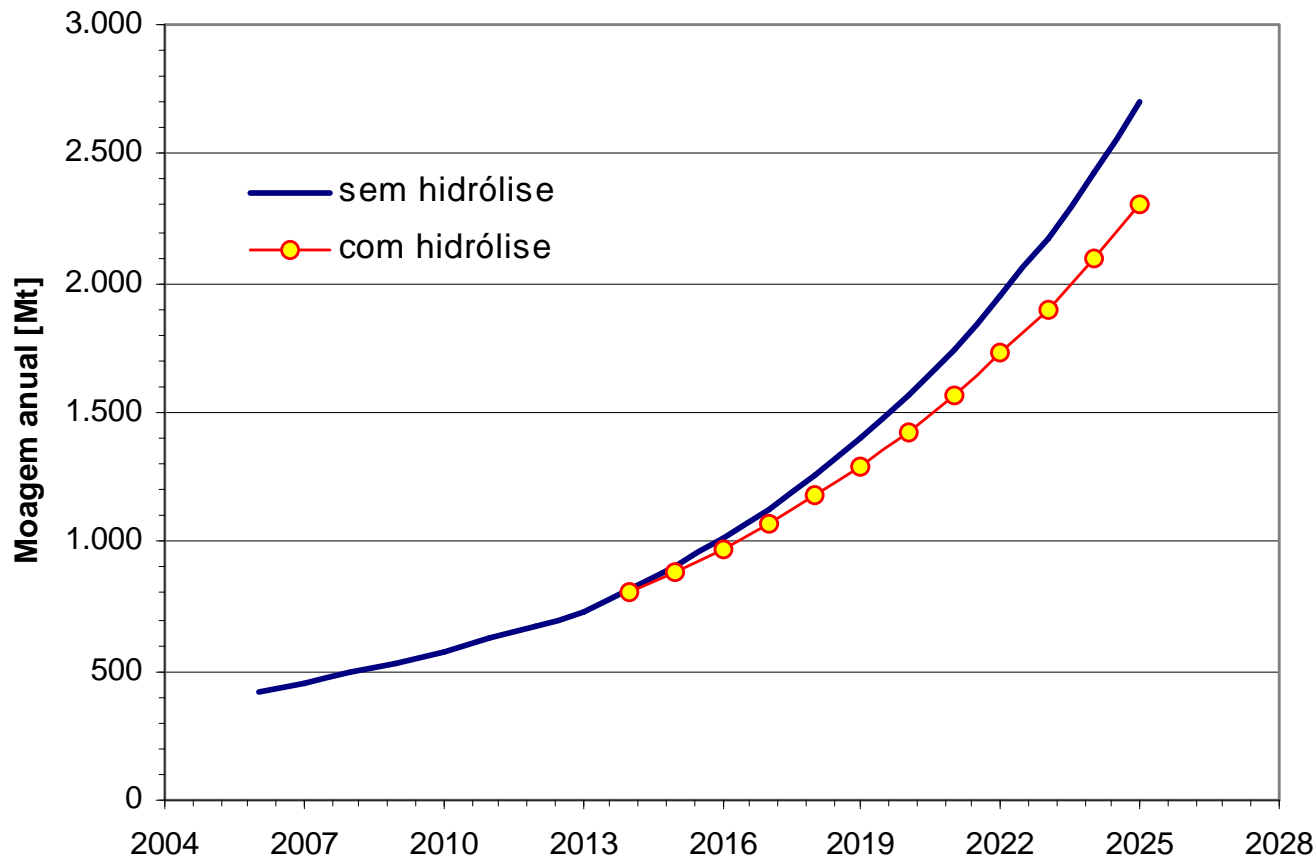
awalter@fem.unicamp.br

Escopo da apresentação



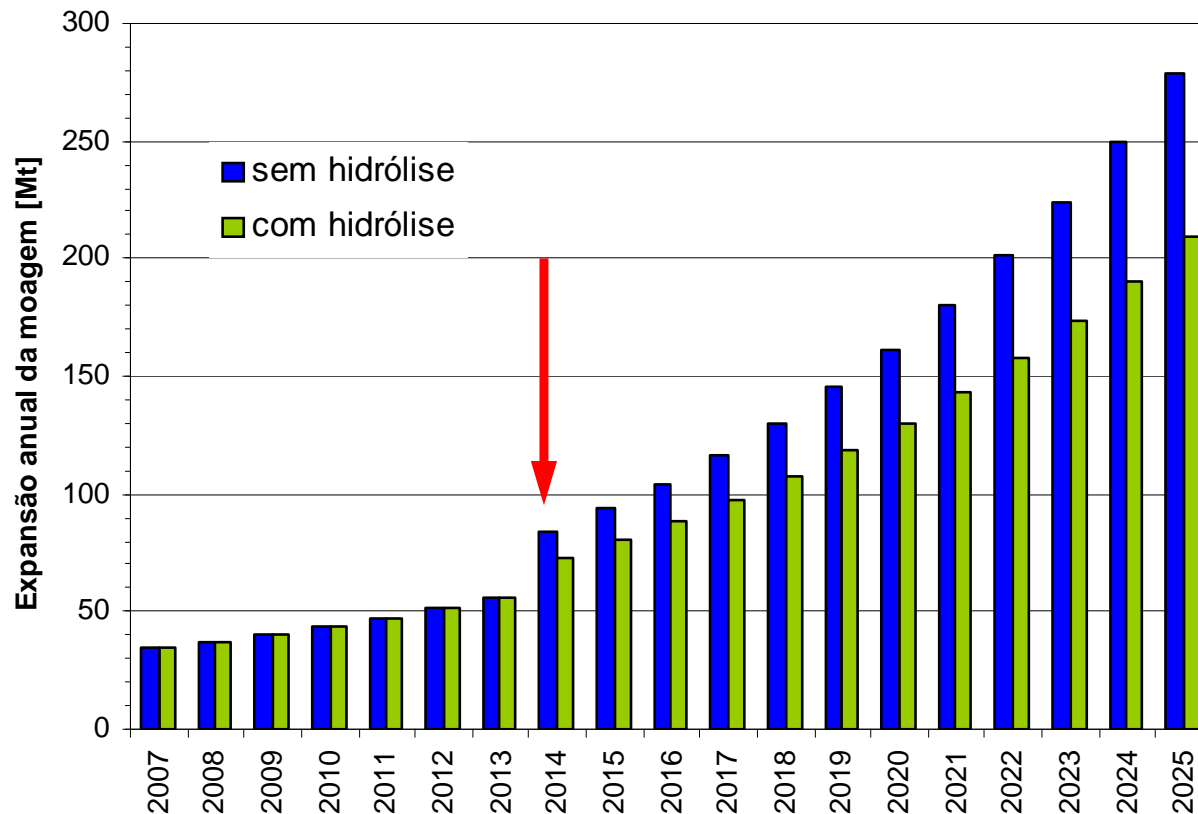
- **Evolução da moagem de cana até 2013 e 2025.**
- **Hipóteses para cálculo do potencial de geração de eletricidade com biomassa residual da cana, e resultados.**
- **Evolução de encomendas.**
- **Desafios tecnológicos.**

Evolução da moagem de cana até 2025



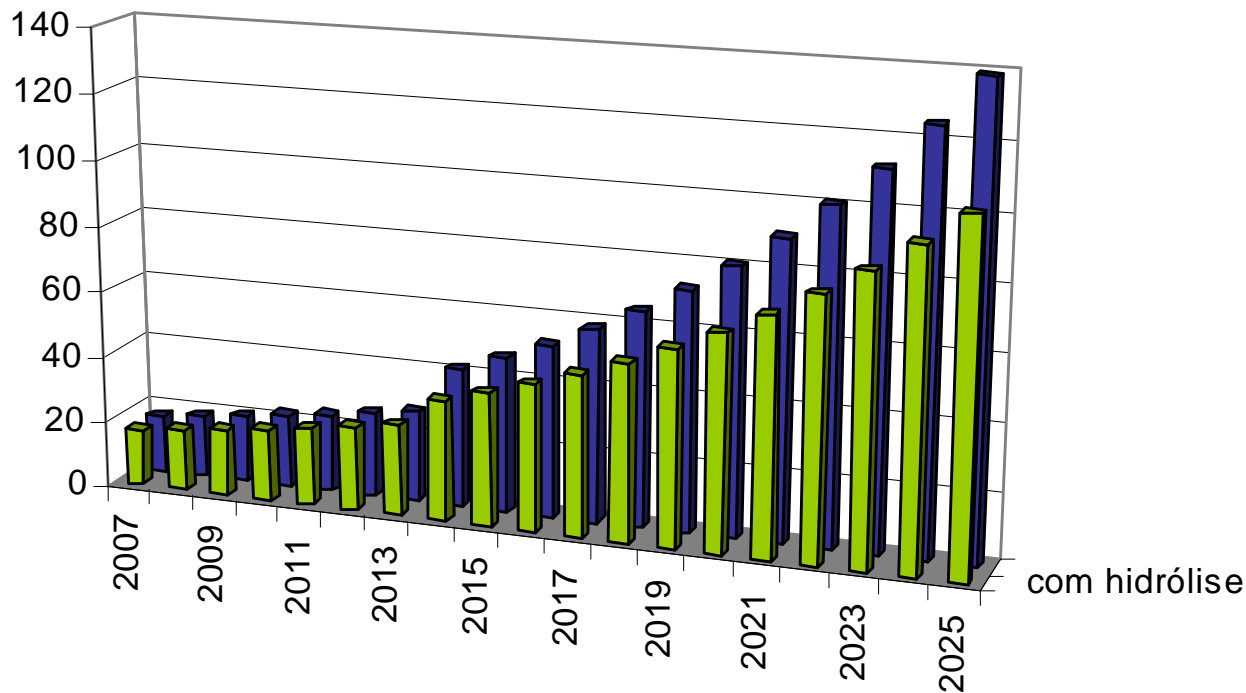
- Hipóteses sobre moagem
- Em 2006 = 420 Mtc
- Em 2013 = 730 Mtc
- Em 2025 chegaria a 2.300 Mtc, com produção de etanol a partir de hidrólise de todo o bagaço (22% da produção alvo de 200 Gt em 2025);
- Ou em 2025 chegaria a 2.700 Mtc, sem produção de etanol a partir de hidrólise do bagaço.

Evolução da moagem de cana até 2025



- Hipóteses sobre moagem
- Taxas de crescimento foram calculadas para os períodos 2006-2013 e 2013-2025 (dois cenários, dependendo da hidrólise ou não);
- A hipótese “hidrólise” implica o início da produção comercial em 2014, o que é improvável.

Necessidade de novas usinas até 2025



- Até 2013 seriam necessárias 155 usinas com moagem efetiva de 2 Mtc/safra;
- Entre 2013 e 2025 haveria necessidade de 785 novas usinas, com moagem efetiva de 2 Mtc/safra, com produção de etanol por hidrólise;
- Caso não haja hidrólise, seriam necessárias 985 novas usinas com moagem efetiva de 2 Mtc/safra.

Hipóteses, potencial em 2013

- Entre 2006 e 2013 a expansão da geração de eletricidade ocorrerá com a introdução de sistemas de cogeração de 65 bar/480°C;
- Com redução do vapor de processo para 350 kg/tc;
- Sem eletrificação do acionamento ora mecânico;
- Com 25% de recuperação de palha (na média) para uso como combustível;
- Com 50% dos sistemas operando apenas durante a safra e 50% dos sistemas operando todo o ano (turbinas de extração-condensação);
- Usina considerada 2 Mtc/safra.
- A capacidade instalada variaria entre 48 MW e 70 MW (para operação em todo o ano, ou só durante a safra). Na média, a capacidade por usina seria 58,3 MW.
- Supondo 155 novas instalações industriais no período 2006-2013, o potencial associado seria 9.040 MW, ou 41,6 TWh.

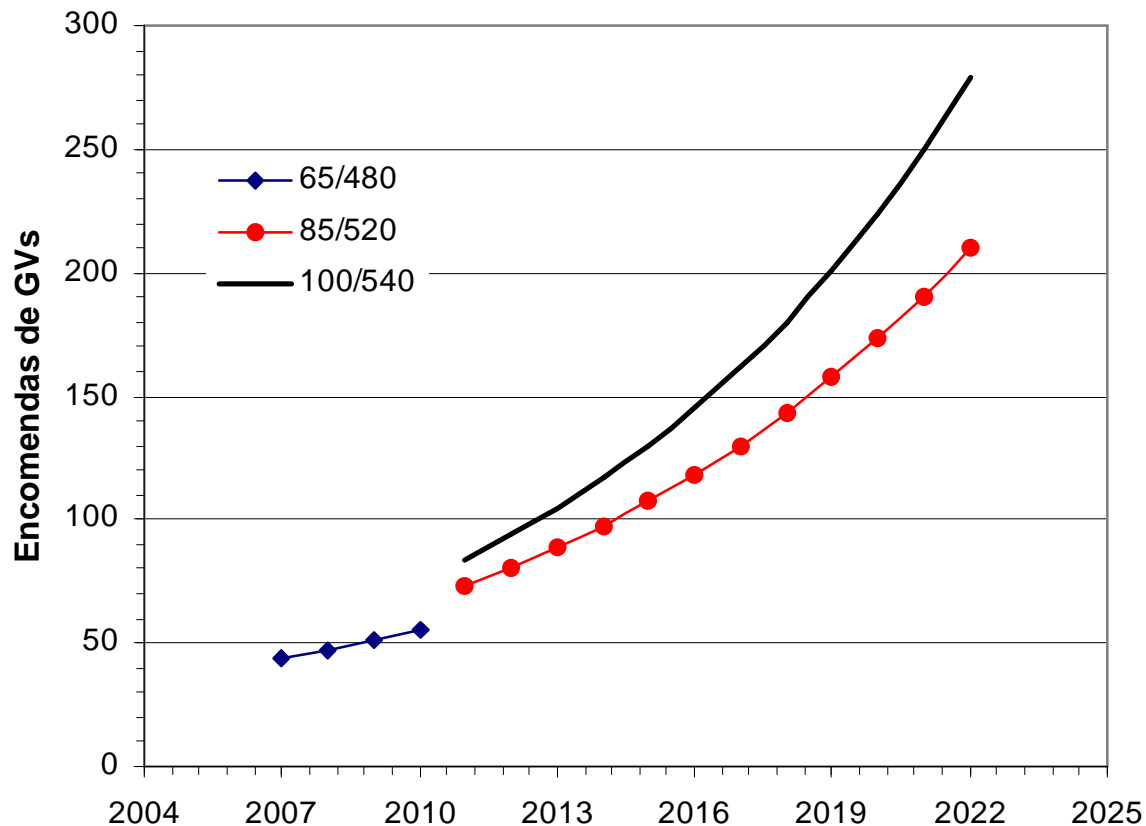
Hipóteses, potencial em 2025

- Entre 2013 e 2025 a expansão da geração de eletricidade ocorrerá com a introdução de sistemas de cogeração de 85 bar/520°C, caso haja produção de etanol por hidrólise;
- A geração de vapor ocorreria apenas com uso da palha;
- Recuperação de 60% da palha;
- Redução do vapor de processo para 350 kg/tc;
- Total eletrificação dos acionamentos;
- Apenas turbinas de contra-pressão e operação apenas durante a safra;
- Usina considerada 2 Mtc/safra.
- A capacidade instalada por usina seria de 34 MW.
- Supondo 785 novas instalações industriais no período 2014-2025, o potencial associado seria 26.540 MW, ou 106,2 TWh.

Hipóteses, potencial em 2025

- Entre 2013 e 2025 a expansão da geração de eletricidade ocorrerá com a introdução de sistemas de cogeração de 100 bar/540°C, caso não haja produção de etanol por hidrólise;
- A geração de vapor ocorreria com emprego de bagaço e palha;
- Recuperação de 60% da palha;
- Redução do vapor de processo para 350 kg/tc;
- Total eletrificação dos acionamentos;
- Turbinas de extração-condensação;
- Usina considerada 2 Mtc/safra.
- A capacidade instalada por usina seria de 64 MW.
- Supondo 985 novas instalações industriais no período 2014-2025, o potencial associado seria 62.860 MW, ou 431,3 TWh.

Evolução de encomendas



- Hipótese: 2 módulos, com GVs, TVs e alternadores.
- Considerando o número de encomendas, as de TVs e alternadores são iguais, em número, às de GVs.
- As eventuais encomendas em 2007 viabilizarão capacidade instalada em 2010. Assim, a capacidade a começar a operar em 2025 estará associada à encomendas até 2022.

Evolução de encomendas – GVs

Geradores de vapor – número de encomendas por ano

	GV (65 bar, 480°C), 145-185 t/h	GV (100 bar, 540°C), 140 t/h	GV (82 bar, 520°C), 90-100 t/h
2006			
2007	44		
2008	47		
2009	51		
2010	55		
2011		84	73
2012		94	81
2013		105	89
2014		117	98
2015		130	107
2016		145	118
2017		162	130
2018		180	143
2019		201	157
2020		224	173
2021		250	191
2022		279	210
Total	198	1.970	1.570

Evolução de encomendas – TVs

Turbinas a vapor – número de encomendas por ano

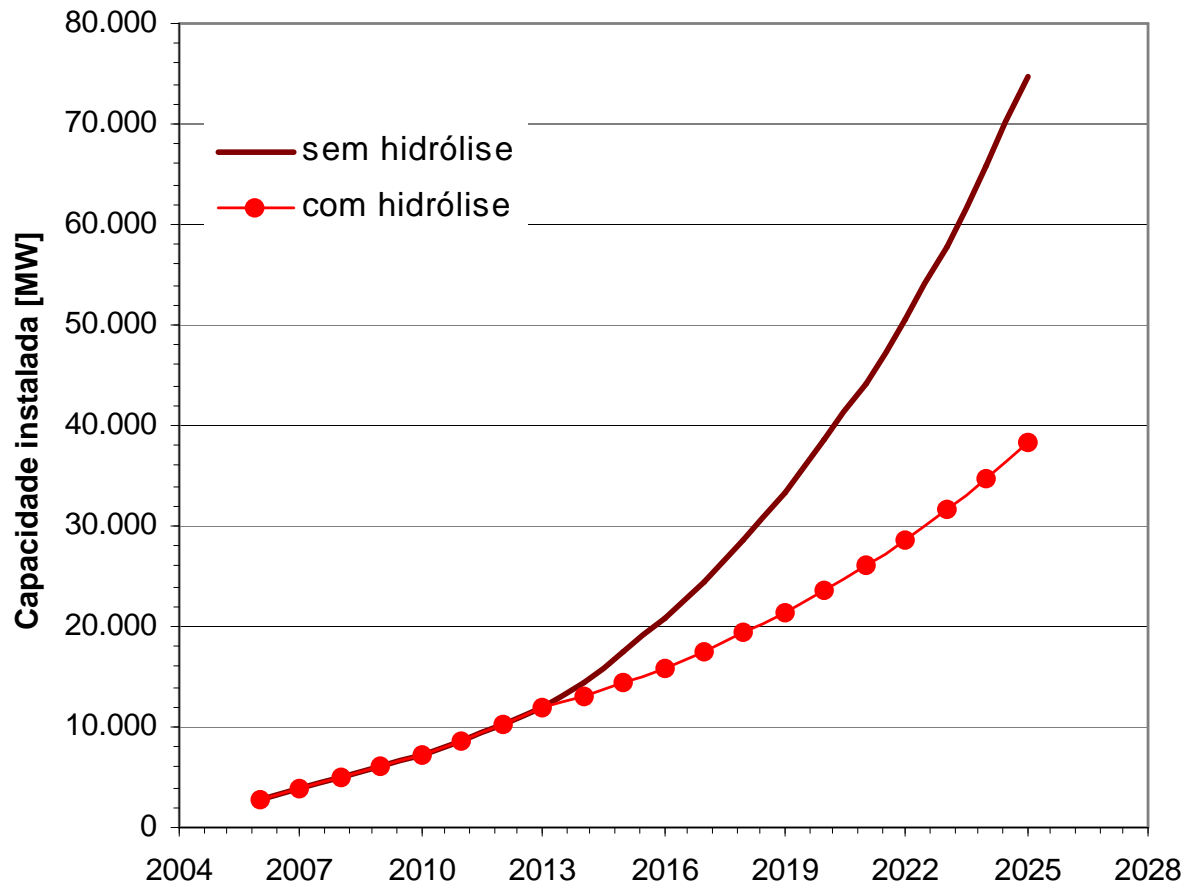
	TV (alimentação a 65 bar, 480°C), 25-35 MW, máquinas de extração-condensação	TV (alimentação a 100 bar, 540°C), 30-35 MW, máquinas de extração-condensação	TV (alimentação a 85 bar, 520°C), 18-20 MW, máquinas de contra-pressão
2006			
2007	44		
2008	47		
2009	51		
2010	55		
2011		84	73
2012		94	81
2013		105	89
2014		117	98
2015		130	107
2016		145	118
2017		162	130
2018		180	143
2019		201	157
2020		224	173
2021		250	191
2022		279	210
Total	198	1.970	1.570

Evolução de encomendas – alternadores

Alternadores – número de encomendas por ano

	34-50 kVA, operação todo o ano	40-50 kVA, operação todo o ano	25 kVA, operação só na safra
2006			
2007	44		
2008	47		
2009	51		
2010	55		
2011		84	73
2012		94	81
2013		105	89
2014		117	98
2015		130	107
2016		145	118
2017		162	130
2018		180	143
2019		201	157
2020		224	173
2021		250	191
2022		279	210
Total	198	1.970	1.570

Capacidade (potencial) instalada



- Poderia chegar a quase 12 GW em 2013.
- Em 2025, a capacidade instalada poderia chegar a 38,4 GW (com hidrólise) ou 74,7 GW (sem hidrólise).
- Em 2025 a geração elétrica a partir da biomassa residual da cana poderia alcançar 106-431 TWh (em 2005 a geração no Brasil foi 402,9 TWh).
- Em um cenário tendencial, a contribuição da biomassa da cana poderia representar até 50% da geração total.

Desafios tecnológicos



- Condição de contorno: a colheita mecanizada para que a palha possa ser recuperada.
- Necessidade de sistemas de limpeza/recepção da cana com palha.
- Queima exclusiva de palha para gerar vapor a 85 bar, 520°C.
- Geração de vapor a 100 bar, 540°C, com bagaço e palha (a experiência da Índia quanto à pressão).
- Redução da demanda de vapor de processo para o equivalente a 350 kg/tc. É economicamente viável ir adiante?
- Eletrificação total dos processos no período 2014-2025.
- A produção de eletricidade a partir da gaseificação da biomassa residual da cana (ciclos BIG-CC). Qual o papel que a indústria brasileira pode desempenhar?

Desafios tecnológicos – queima da palha



Table 1. Ultimate analysis (% dry fuel)

% Weight	Bagasse ¹	Trash ²	MSW ³
Carbon	48.64	46.00	42.74
Hydrogen	5.87	6.20	5.85
Oxygen	42.82	43.00	24.39
Nitrogen	0.16	0.60	1.31
Sulfur	0.04	0.10	0.23
Chlorine	0.03	0.20	1.30
Ash	2.44	3.90	24.04

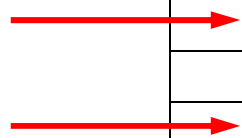
← N < 0.6; S < 0.1;
← Cl < 0.1

Obernberger (1998)

Table 3: Ash compositions for sugarcane residues – dry basis (%)

Oxide	Bagasse	Trash
SiO ₂	46.61	57.38
Al ₂ O ₃	17.69	-----
TiO ₂	2.63	-----
Fe ₂ O ₃	14.14	1.74
CaO	4.47	13.05
MgO	3.33	4.30
Na ₂ O	0.79	0.27
K ₂ O	4.15	13.39
SO ₃	2.08	7.31
P ₂ O ₅	2.72	2.27
Undetermined	1.39	0.29

Mg < 2.5; K < 7.0

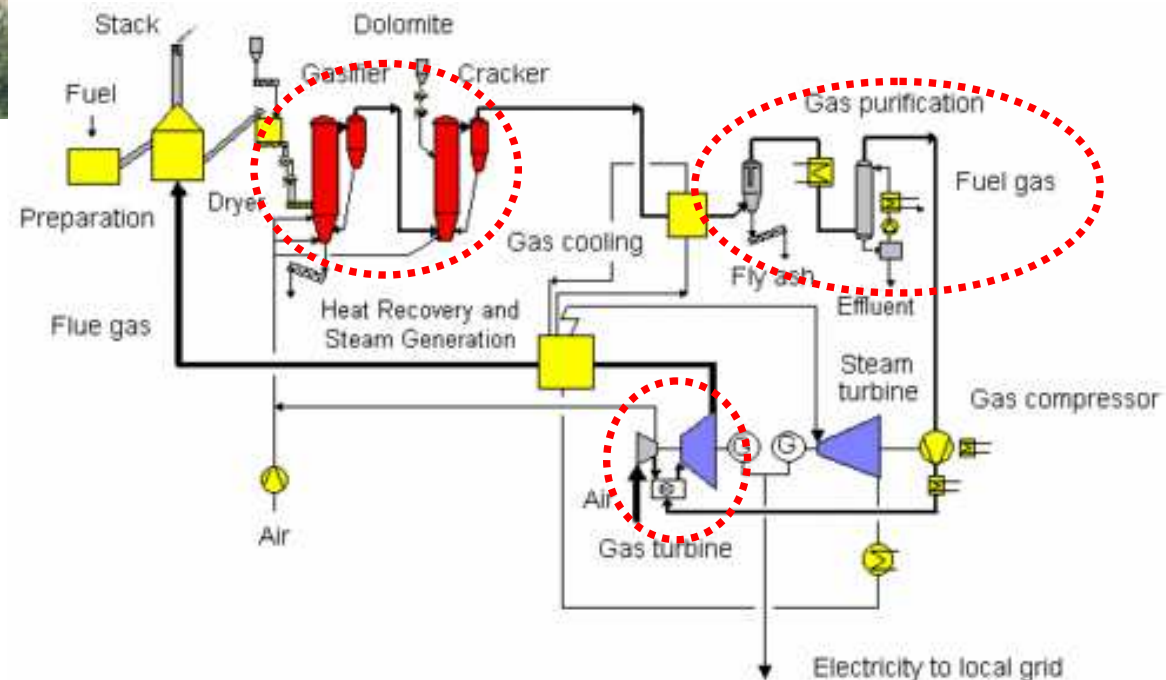


Desafios tecnológicos – ciclo BIG-CC



- Supplier: Bioflow (Foster-Wheeler, Sydkraft)
- Fuel 18 MW
- Electr. Gen. 6 MW
- Heat gen. 9 MW
- 18 bar pressure
- Mothballed in 2000 after tests of more than 3 600 hours of GT op.

A tecnologia, se integrada à uma usina, possibilitaria o aumento da geração em 40-50% em relação à alternativa mais favorável.



Questões importantes - planejamento

- A indústria está em condições de atender as estimativas de encomendas acima apresentadas? Entre 2007 e 2013? E entre 2014 e 2025? Quais têm sido as dificuldades nos últimos dois anos?
- Qual a capacidade [t/h] de geradores de vapor que podem ser feitos no Brasil, em larga escala? Qual é a tendência? O mesmo quanto ao nível de pressão e temperatura do vapor. Observação: é importante saber sobre o momento atual e sobre as perspectivas em 10 e 20 anos.
- Quanto às turbinas a vapor, qual a capacidade máxima (em potência elétrica) e por tipo de turbina (contra-pressão e extração-condensação)? O mesmo quanto à tendência. Observação: é importante saber sobre o momento atual e sobre as perspectivas em 10 e 20 anos.

Questões importantes - planejamento

- Quanto aos alternadores, qual a capacidade máxima e a tendência? Observação: é importante saber sobre o momento atual e sobre as perspectivas em 10 e 20 anos.
- Há outros equipamentos que sejam de grande importância do ponto de vista da definição da estratégia de atuação (e.g., equipamentos eletrônicos de controle, subestações, motores elétricos de grande porte, etc.)?
- Qual tendência das encomendas feitas nos últimos dois anos: pressão, temperatura e capacidade de geração de vapor, tipo de turbina a vapor e potência, eletrificação dos acionamentos, etc.
- Qual a tendência quanto ao uso da palha como combustível? Pode ser usada só palha, e em que condições? E bagaço e palha?

Questões importantes - planejamento

- Quais os problemas operacionais associados ao uso da palha como combustível?
- Quais as tendências quanto às reduções da demanda de vapor de processo? Qual o menor consumo economicamente viável no presente e perspectivas para 10 e 20 anos?
- A indústria de equipamentos no Brasil conhece a tecnologia BIG-CC? A indústria nacional poderia ser fornecedora de quais equipamentos/sistemas?