

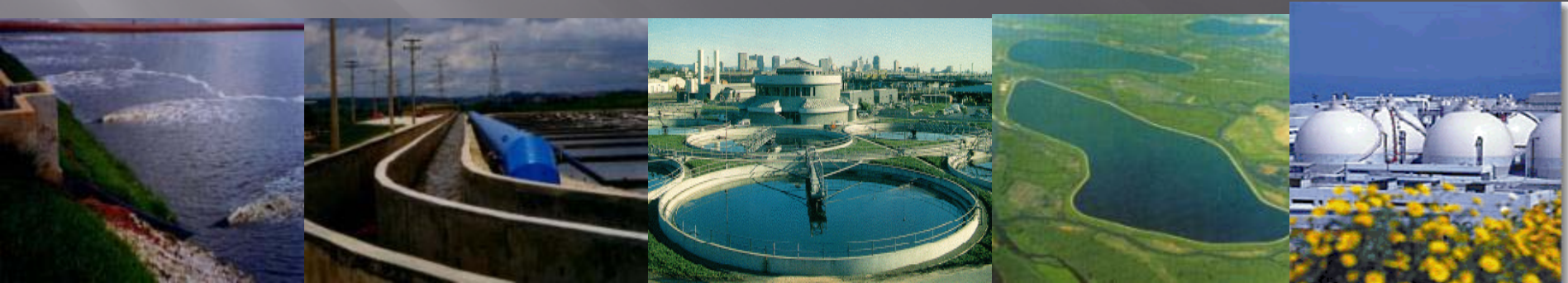


Universidade Federal do Rio de Janeiro
Escola Politécnica, Depto. de Recursos Hídricos e Meio Ambiente

TRATAMENTO DE ESGOTOS E GERAÇÃO DE ENERGIA

Eduardo Pacheco Jordão, Dr. Eng.

GMI, FLORIANÓPOLIS
2014



O Desafio Urbano

Pessoas

Alimentos

Energia

Água

Produtos
químicos



Esgotos

Emissões
CO₂ NO_x SO_x

Resíduos
Sólidos



O Desafio Urbano

Pessoas

Alimentos

Energia

Água

Produtos
químicos



Esgotos

Emissões
CO₂ NO_x SO_x

Resíduos
Sólidos


TRATAMENTO



O Desafio Urbano

Pessoas

Alimentos

Energia

Água

Produtos
químicos



Esgotos

Emissões
CO₂ NO_x SO_x

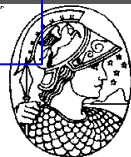
Resíduos
Sólidos

**TRATAMENTO E
SUSTENTABILIDADE**

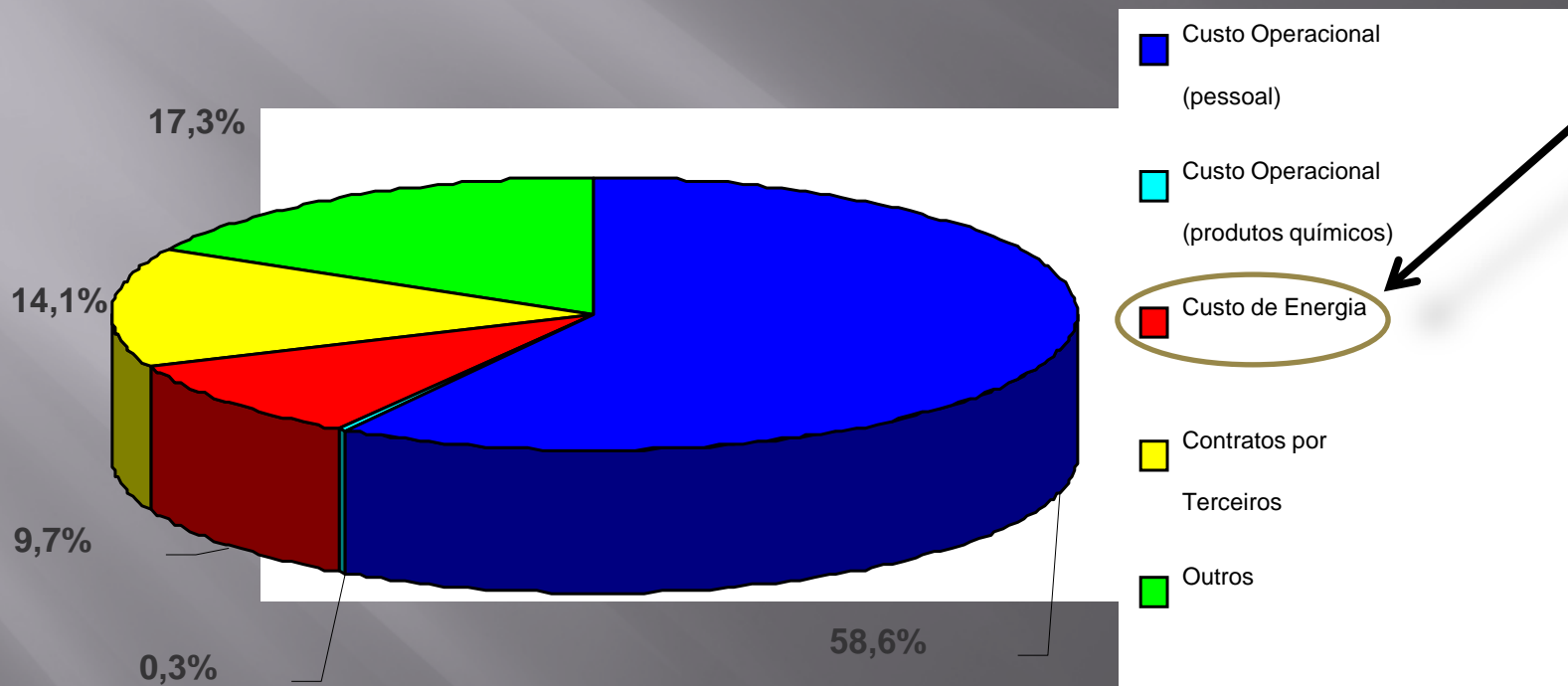


Sustentabilidade e Preocupações Ambientais

- ▣ Poluição das águas → tratamento; reúso
- ▣ Destino final dos lodos → biosólidos/ uso agrícola
- ▣ Poluição do ar → redução da emissão de gases de efeito estufa
- ▣ *Energia: geração de energia na ETE - térmica e elétrica*



Custos nas Empresas de Saneamento



Vamos gerar recursos?

- ▣ Os esgotos, o lodo, e o gás gerado em uma ETE podem se transformar em fonte de recursos
- ▣ Exemplos de Suécia, Japão, Estados Unidos, Inglaterra, Alemanha, China ...
- ▣ Tecnologias estabelecidas e emergentes
- ▣ **A visão da ETE como um empreendimento industrial**



Usos Benéficos na ETE

Produto	Uso benéfico
Biogás	Energia elétrica, térmica, combustível
Óleos e graxas	Biodiesel
Nitrogênio	Fertilizantes
Fósforo	Fertilizantes, estruvita
Mat. Inorgânico	Materiais construção
Comp. Orgânicos	Ácidos orgânicos
Lodo	Biosólidos



DIGESTORES ANAERÓBIOS E UASBS

É possível recuperar Energia
a partir do Biogás gerado

*Que tal aumentar a produção
de biogás no digestor?*



Aumentando a geração de gás

- ▣ Objetivo: maximizar a produção de biogás
- ▣ Métodos: quebra dos sólidos no lodo cru para facilitar a transformação em metano

- ▣ Processos: térmicos, mecânicos e químicos
- ▣ Hidrólise térmica: Cambi® , BioThelis®
- ▣ Físico-químicos: ultrassom, MicroSludge®, Crown®, lysis celular (mecânico/centrífuga)



Geração de Energia Térmica

- ▣ Caldeiras: produção de vapor ou de água quente

- ▣ Oxidação térmica (incineração)
 - Presecagem do lodo a 15 a 35%
 - Evaporação da fase líquida
 - Combustão dos sólidos voláteis
 - Controle da poluição atmosférica
 - Manejo das cinzas



Incineração

- ▣ Fornos de múltiplas bandejas (“Multiple hearth furnaces – MHF”)
- ▣ Fornos de leito fluidizado (“Fluidized bed furnaces – FBF”)
- ▣ Codisposição lodo-lixo (Viena)

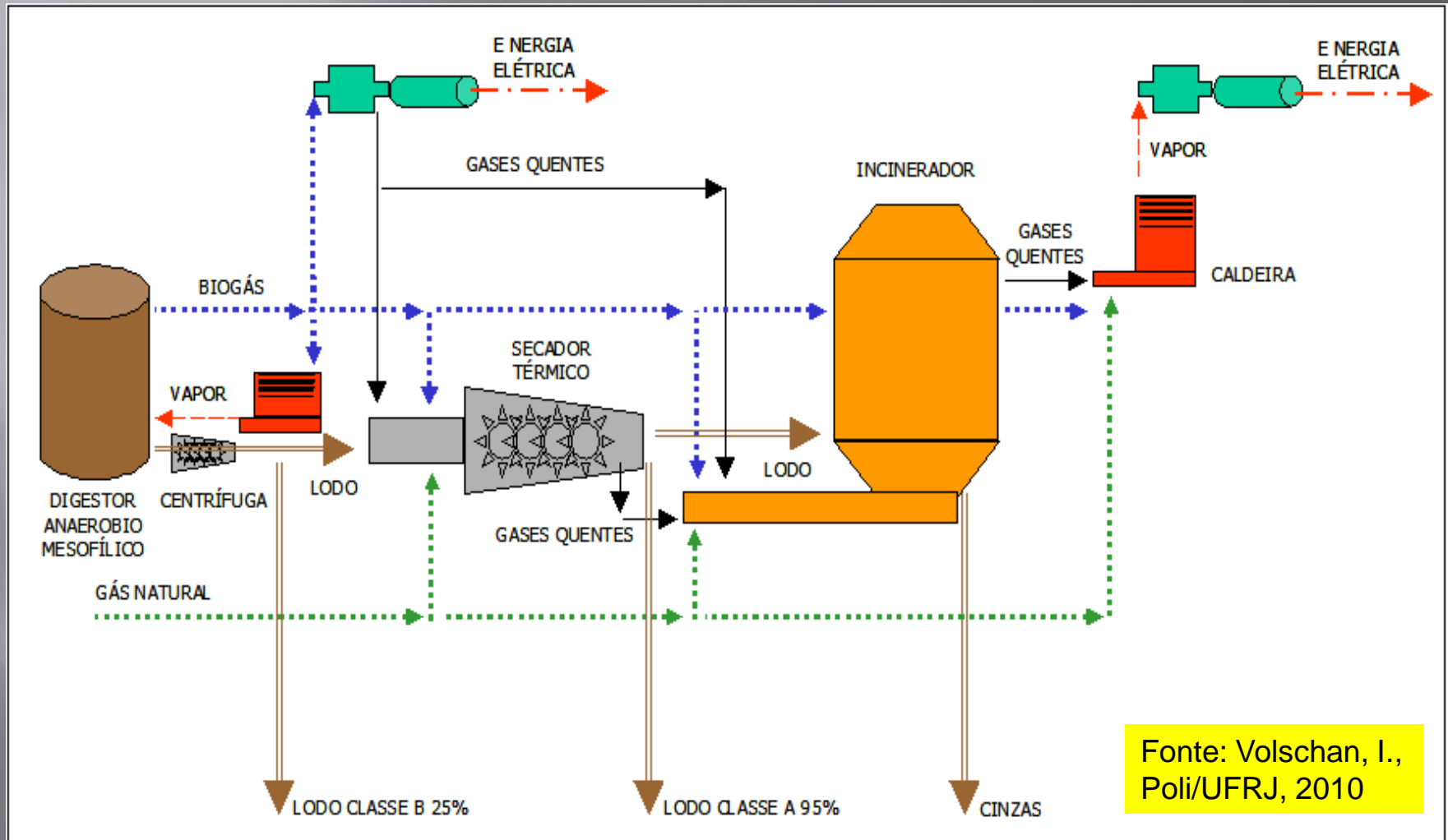


Geração de Energia Elétrica

- ▣ Cogeração: grupos geradores de combustão interna (tipo Otto)
- ▣ Turbinas a gás (ciclo Brayton)
- ▣ Microturbinas: 50 – 100 kW
- ▣ Células combustíveis: 200 kW – 1MW
- ▣ Remoção de contaminantes no biogás: umidade, gás sulfídrico e siloxanos



Estabilização - Secagem Térmica - Incineração

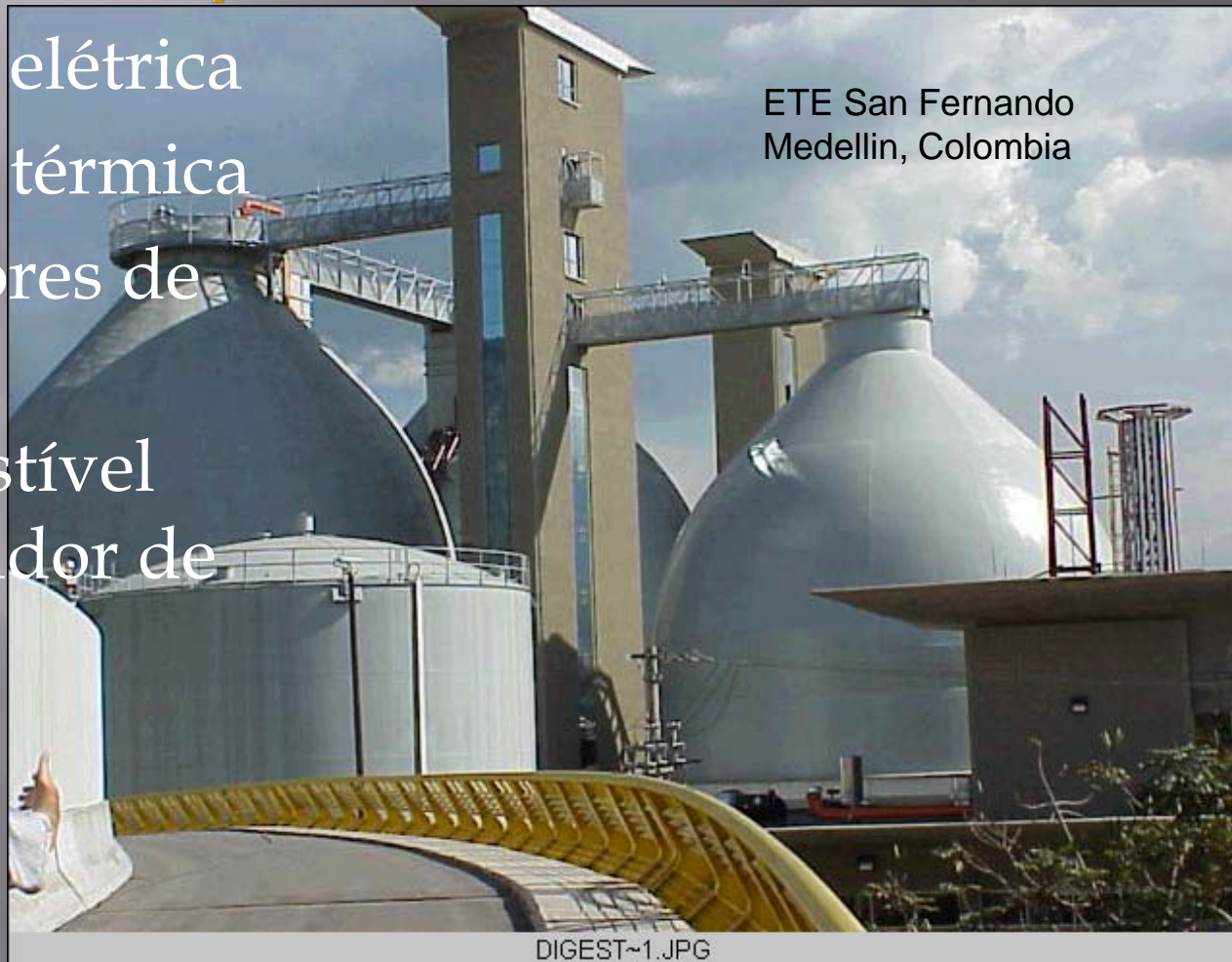


ETE San Fernando, Medellín



Recuperação de Energia: ótima experiência na Colômbia

- Energia elétrica
- Energia térmica
- Trocadores de calor
- Combustível para secador de lodo



ETE San Fernando
Medellin, Colombia

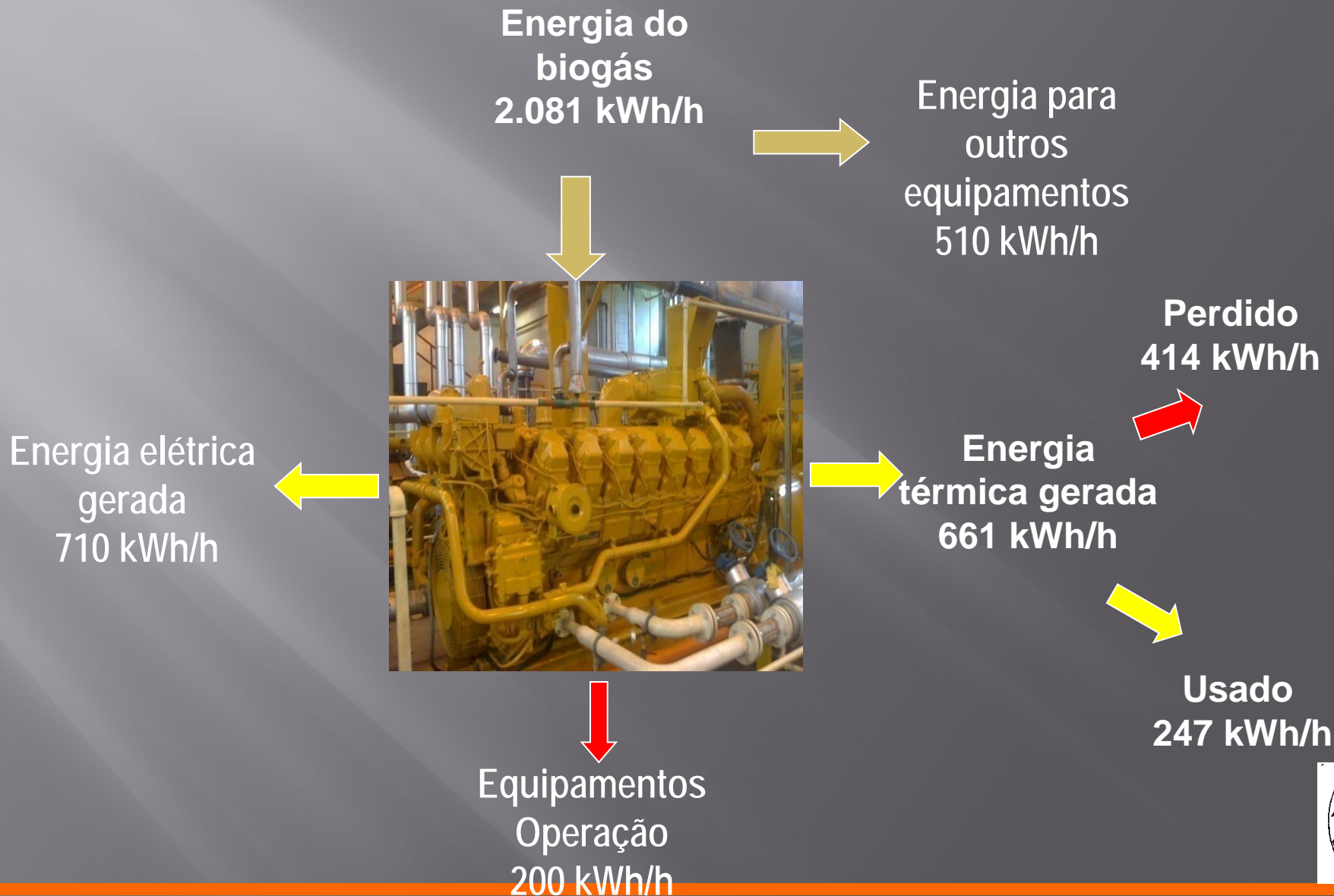




ETE San Fernando,
Medellín

Unidade de
aproveitamento de
energia

ETE San Fernando, Medellín, recuperação de energia

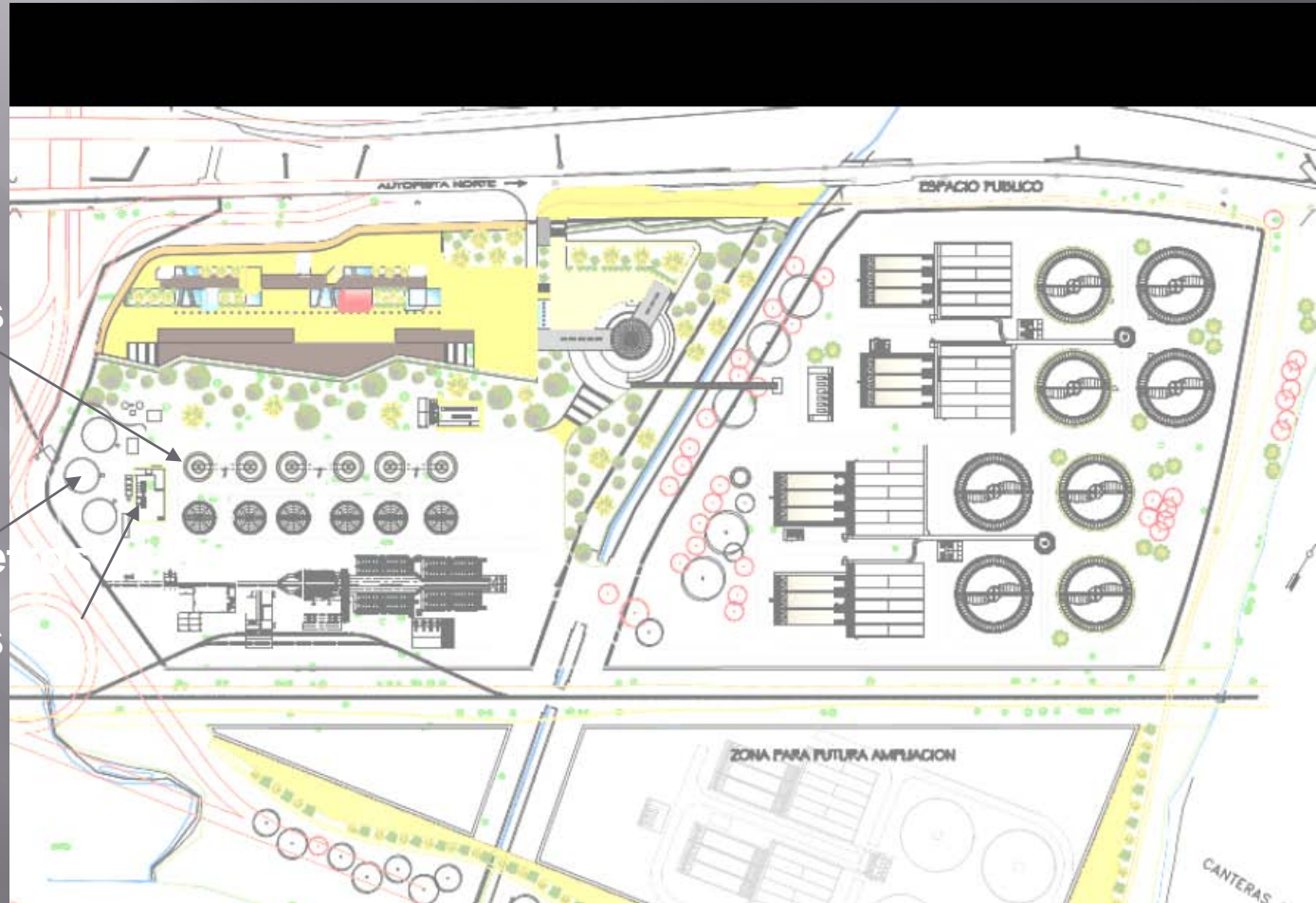


ETE Bello, Medellin, Colombia

Digestores

Gasôme

Motores



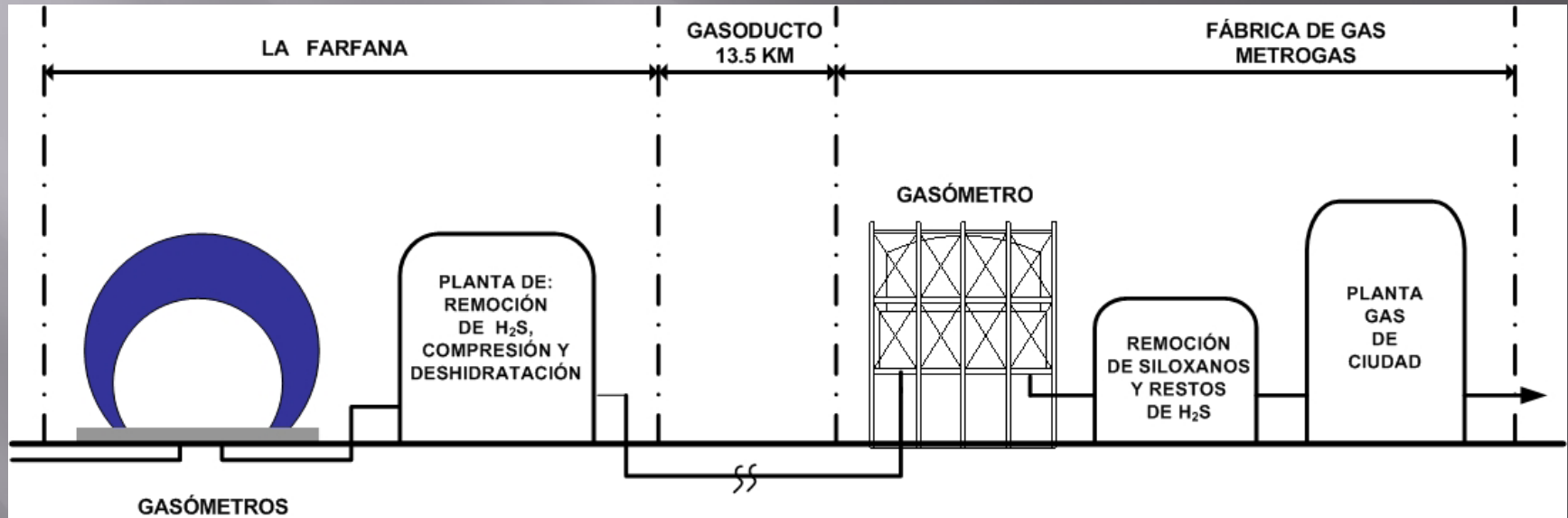
Enorme experiência no Chile



- ▣ La Farfana , 9 m³/s
- ▣ Santiago, Chile
- ▣ 30 – 40 MM³/ano
- ▣ Energia para a ETE
- ▣ Calor para os digestores
- ▣ Gás para a cidade (Metrogas)



Projeto La Farfana – Metrogas (US\$ 5 milhões)



Queimar o Gás x Recuperar Energia



ETE Alegria, RJ, 5 m³/s

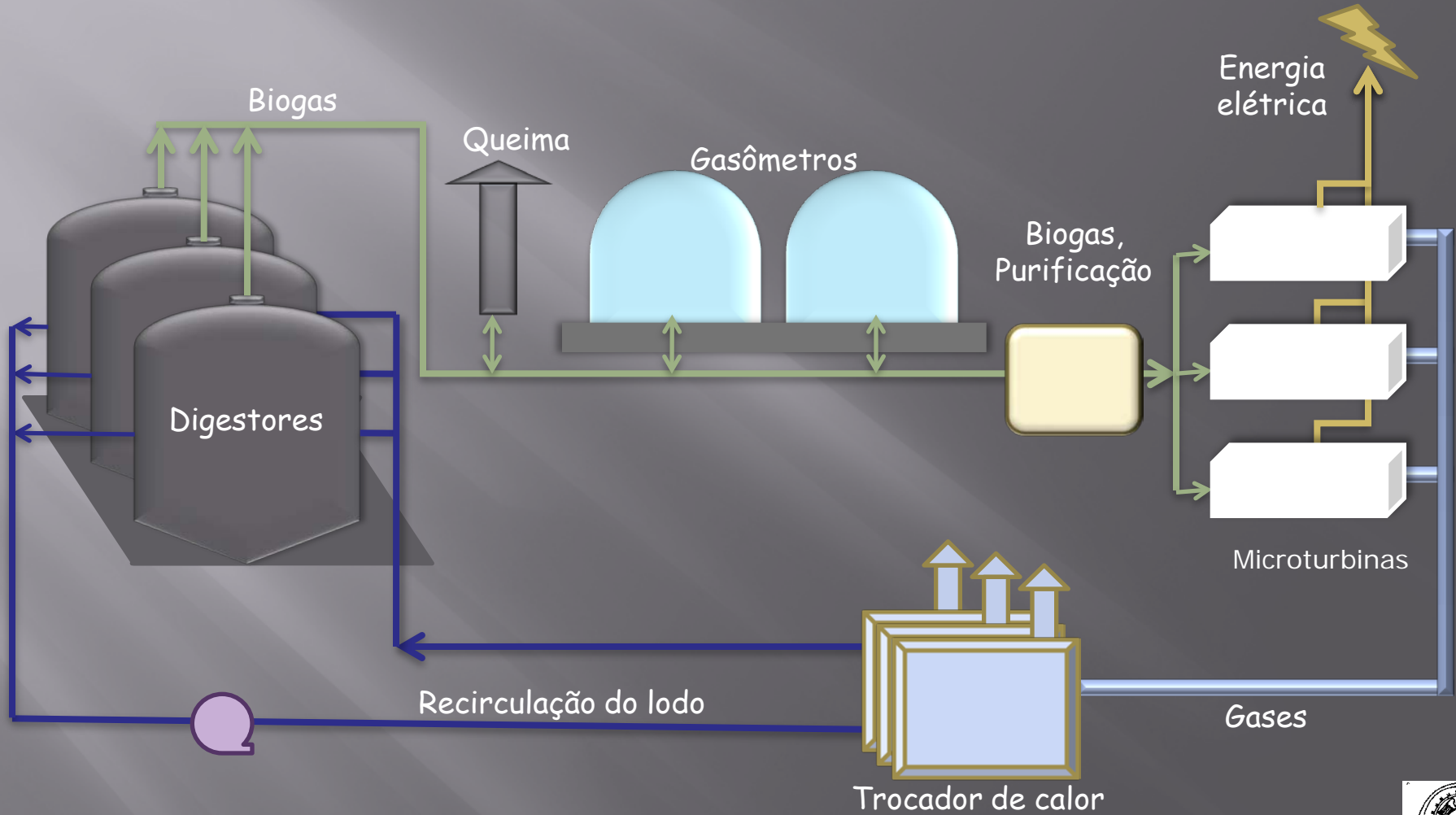


Recuperação de Energia: em reatores UASB e em digestores convencionais de ETEs

- ETE Arrudas, Sabará (RMBH)
- – Lodos Ativados, com recuperação de energia a partir do biogás dos digestores.



Recuperação de Energia na ETE Arrudas, BH



ETE Arrudas, BH

Prédio de geração de energia



Purificação do biogás, ETE Arrudas



Alimentação turbinas, ETE Arrudas



Alimentação turbinas, ETE Arrudas



Trocador calor gás-água



Trocador de calor água-lodo



Bombas trocador de calor água-lodo



Recuperação de Energia

<u>Gás</u>	<u>Poder Calorífico kJ/m³</u>
▣ Propano comercial	45.800
▣ Butano comercial	44.600
▣ Gás natural	37.300
▣ Metano	35.800
▣ Gás da digestão (*)	22.400

(*) Para 65% de metano no biogás



Geração de Energia

- ▣ Poder Calorífico (biogás) = 22.400 kJ/m^3
- ▣ 5 a 20 L gás/pessoa.dia (ETE convencional)

- ▣ Para ETE de 200.000 hab (*) se poderia gerar:
 - $0,020 \times 200.000 = 2.000 \text{ m}^3 \text{ biogás/dia}$
 - $2.000 \times 22.400 = 4,5 \times 10^7 \text{ kJ/d} =$
 $= 1,6 \times 10^{10} \text{ kJ/ano} = 4,6 \times 10^6 \text{ kWh/ano (bruto)}$

(*) com a máxima produção de gas



Consumo de Energia na ETE

Consumo típico $\sim 320 \text{ kWh}/1000 \text{ m}^3$

- Ex: $200.000 \text{ hab.} \times 150 \text{ L/hab.d} =$
 $= 30.000 \text{ m}^3/\text{d}$
- Consumo energia $\sim 320 \text{ kWh}/1000 \text{ m}^3 \times$
 $\times 30.000 \text{ m}^3/\text{d} \times 365 \text{ d/ano}$
- Energia, consumo $\sim 3,5 \times 10^6 \text{ kWh/ano}$



Geração x Consumo de Energia

- ▣ Produção máx. de gás $\sim 4,6 \times 10^6$ kWh/ano
- ▣ Produção média gás $\sim 2,3 \times 10^6$ kWh/ano
- ▣ Produção mín. de gás $\sim 1,2 \times 10^6$ kWh/ano

- Energia, consumo $\sim 3,5 \times 10^6$ kWh/ano

(estimado para ETE de 200 mil hab.)



Consumo de Energia na ETE

Consumo típico $\sim 320 \text{ kWh}/1000 \text{ m}^3$

- Aeração = 52%
- Fase sólida = 30%
- Recalque do afluente = 12%
- Bombeamentos internos = 3%
- Remoção de nutrientes aumenta os custos de energia



Pensar alto: podemos fazer o Saneamento sustentável?

- ▣ Estão aí novas tecnologia
 - Lodo para biogás: Hidrólise Térmica; Destruição celular
 - Lodo para syngás: gaseificação
 - Lodo para óleo: pirólise
 - Lodo para uso agrícola: controle e gestão
- ▣ Soluções sustentáveis para lodo e gás.



Processos de recuperação de energia do biogás

- Objetivo: gerar o máximo possível de biogás
- Hidrólise Térmica
- Destruição físico-química das células



Hidrólise Térmica

- Aumenta a produção de biogás e reduz o volume de lodo para disposição final (aumenta a destruição de SV).
- Processo CAMBI: Noruega, Dinamarca, Reino Unido
- Processo BioThelys: França



Destruição físico-química das células

- Destrói a membrana celular dos microorganismos no lodo, reduzindo o tempo de digestão, aumentando a eficiência de redução de SV, e a geração de biogás.
- Processo Micro-Sludge™: Vancouver (Canada) e Los Angeles (USA); 2 unidades. Já desativadas.
- Ultrasom: produz cavitação, implosão de bolhas de gás, quebra das membranas das células das bactérias. Europa (Alemanha).
- Processo de desintegração Crown: cavitação, Alemanha. Aumento do biogás em até 34%.
- Processo Baker: desintegração das células por centrifugação. Alemanha; aumento de ~25% na geração de biogás.



Cogeração de Calor e Eletricidade

- Cogeração: Motor-Gerador de Combustão Interna (com uso do biogás do digestor)
- Turbinas: microturbinas e turbinas
- - Células combustíveis



Motor-Gerador de Combustão Interna

- - Necessário tratamento do biogás para redução de umidade, gás sulfídrico e siloxanos.
- Energia térmica: eficiência ~45-50%
- Energia elétrica: eficiência ~30-35%
- Energia global: eficiência ~75 - 85%



Turbinas

- ▣ Microturbinas:
 - 50 – 150 kW (produz corrente alternada)
 - eficiência elétrica ~27%
 - eficiência global ~70 – 90%
 - necessário tratamento para reduzir umidade e siloxanos
- ▣ Turbinas:
 - eficiência elétrica ~30 - 35%



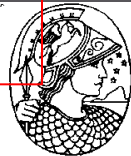
Células Combustíveis

- ▣ - produzem energia elétrica diretamente através de uma reação eletroquímica com uso de hidrogênio (do biogás) e oxigênio (do ar).
- ▣ - vários fornecedores comerciais.
- ▣ - eficiência global: 47 – 87%
- ▣ - nos USA de 200 kW a 1 MW
- ▣ - custo capital elevado, custo operacional baixo



Sustentabilidade

- ▣ Uso do lodo digerido e seco como insumo na agricultura.
 - ▣ Controle da qualidade do lodo gerado.
 - ▣ Aspectos de legislação ambiental e agrícola.
- ▣ Aproveitamento do biogás gerado para geração de energia elétrica.
 - ▣ Uso da energia gerada na própria ETE.
 - ▣ Redução da liberação de gases de efeito estufa na atmosfera.



Obrigado

Eduardo Pacheco Jordão, Dr.Eng.

jordao@poli.ufrj.br

