



# Tecnologias para Geração de Energia Partindo do Uso de Lodo e Biogás Gerados nas Plantas de Efluentes

Palestrante: Eng. Ruy Scanho Marques de Queiroz  
XXII FENASAN – 02 de agosto/2011



**CENTROPROJEKT  
DO BRASIL**

A CENTROPROJEKT DO BRASIL, uma empresa de tecnologia especializada em engenharia para sistemas de tratamento de água, esgoto sanitário, efluentes industriais e controle de poluição atmosférica, oferece uma ampla variedade de serviços, que vão do desenvolvimento de engenharia básica, executiva, fabricação de equipamentos, blocos de drenagem para fundos de filtros, gerenciamento de contratos em regime de empreitada global, logística, diligenciamento, inspeção, comissionamento, partida e treinamento.



## ESCRITÓRIO ADMINISTRATIVO - SP



A CENTROPROJEKT mantém-se atualizada, adaptando a tecnologia europeia às condições locais, facilitando nossa atuação no mercado e atendendo as exigências específicas de cada cliente.



## PRINCIPAIS ATIVIDADES

- TRATAMENTO DE ÁGUA
- TRATAMENTO DE EFLUENTES INDUSTRIAIS
- TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO
- REUSO DE ÁGUA
- CONTROLE DE POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA
- FABRICAÇÃO DE EQUIPAMENTOS
- OMA – OPERAÇÃO, MANUTENÇÃO E ASSISTÊNCIA
- RESÍDUOS SÓLIDOS
- TRATAMENTO E DIGESTÃO DE LODO



# FÁBRICA – SÃO PAULO



Equipamentos próprios para Tratamento de Água e Efluentes são desenvolvidos e fabricados de acordo com a normas internacionais, em nossa unidade Fabril.

# ALGUMAS INSTALAÇÕES



SANEAGO - GOIÂNIA



SANASA - CAMPINAS



DMAE - UBERLÂNDIA



ÁGUAS DE MANDAGUAY - JAÚ



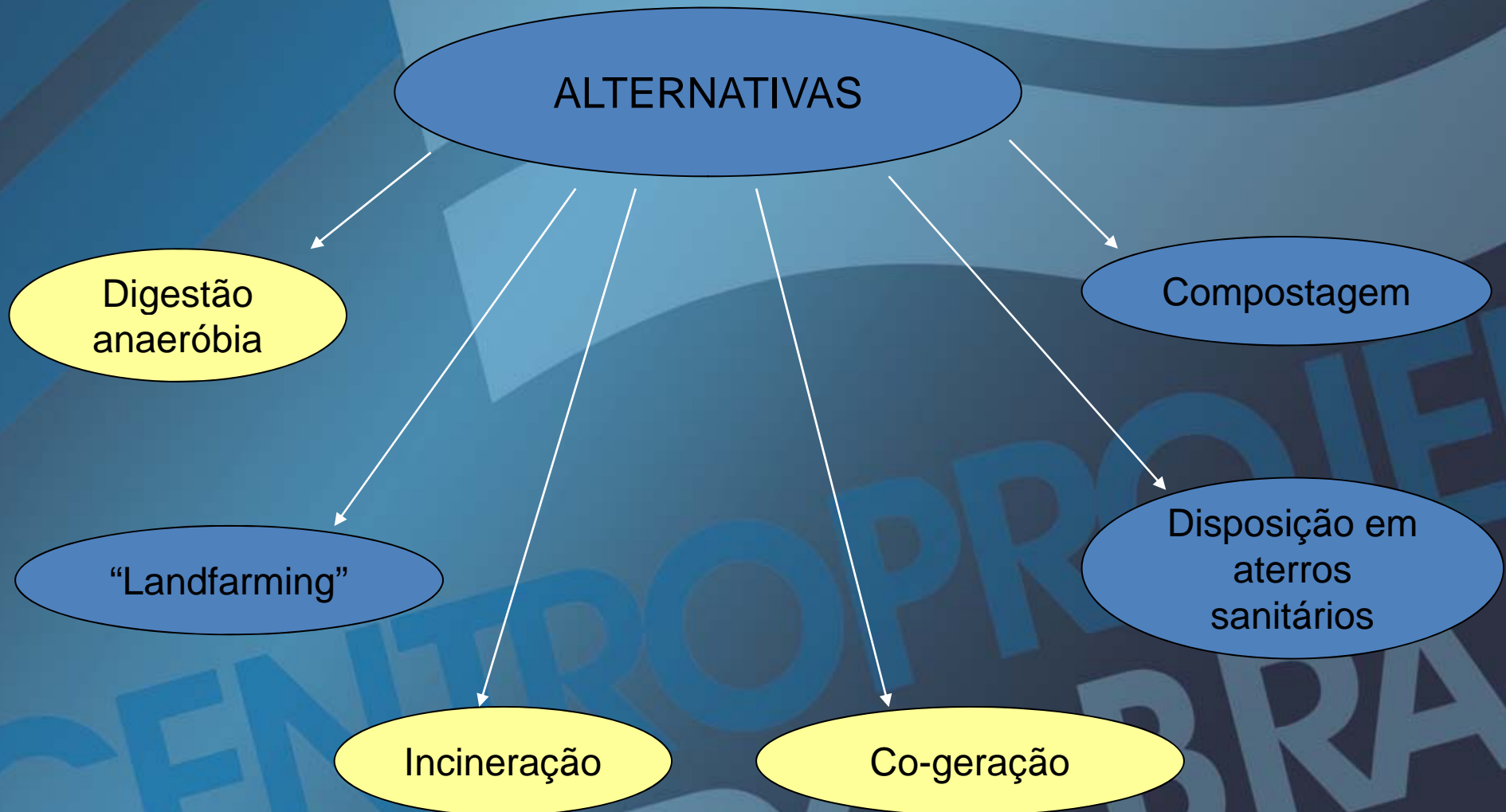
DAE - AMERICANA



SABESP - CARAGUATATUBA



# LODOS DE ETE'S - ALTERNATIVAS



## **ATUALIDADE X FUTURO**

Aterros sanitários – alternativa mais usada na atualidade (principalmente no estado de São Paulo).

Entretanto, com a crescente preocupação com as questões ambientais, o quase esgotamento da capacidade dos aterros atuais e a escassez de área para a construção de novos aterros pergunta-se:

Qual é a melhor solução para a disposição de lodos biológicos de ETE's no futuro?

## ALTERNATIVAS PARA O TRATAMENTO DE LODOS DE ETE'S

Compostagem – elevados gastos com energia (aeração) e de mão-de-obra.

“Landfarming” – pode ser prejudicial ao solo e só se aplica quando há muita área disponível.

Disposição em aterros sanitários – onerosa (custos de transporte e disposição) e gera impactos ambientais negativos (por exemplo, as emissões de metano na atmosfera).



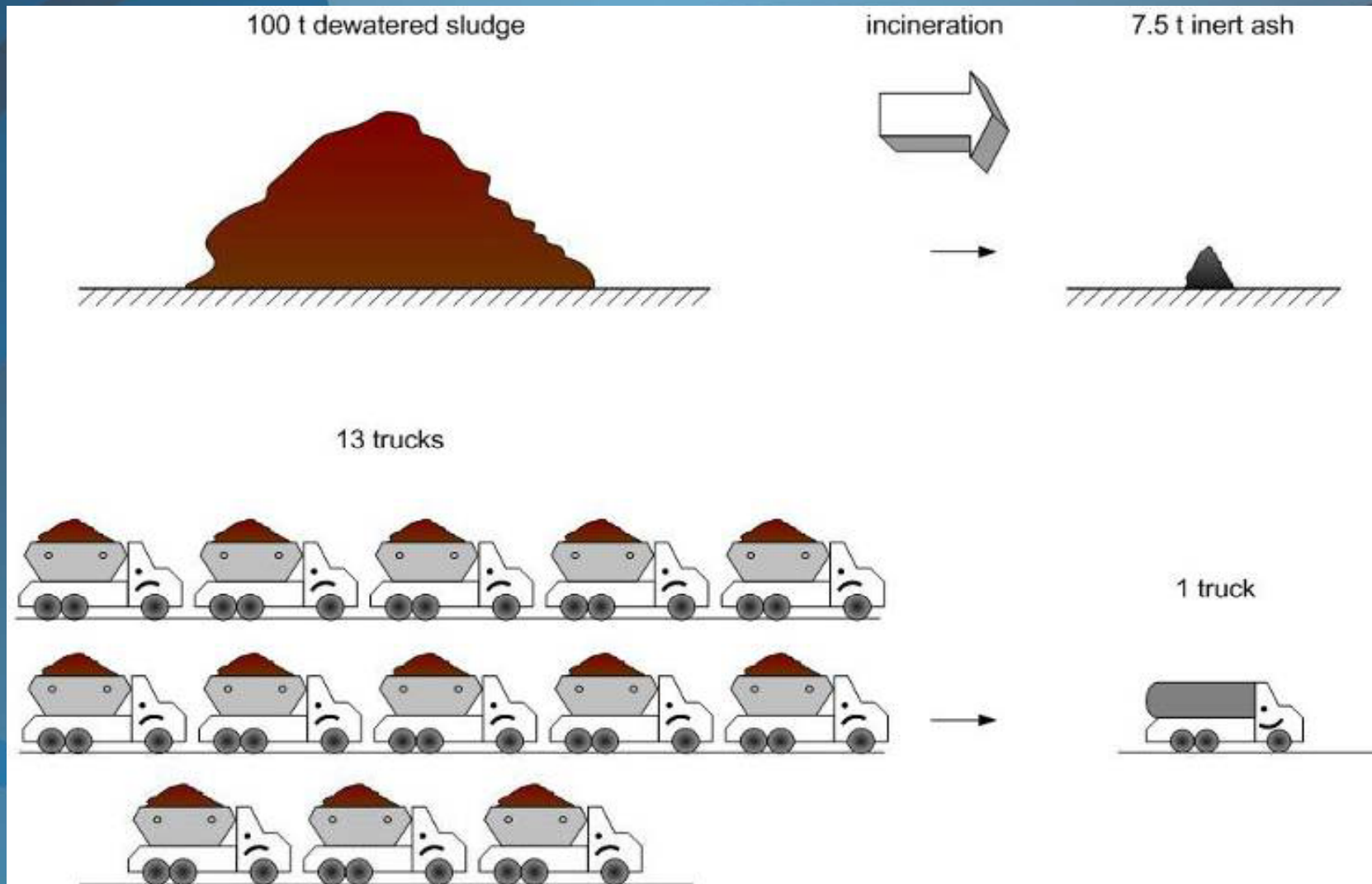
DIGESTÃO ANAERÓBIA  
DOS LODOS BIOLÓGICOS



INCINERAÇÃO  
DOS LODOS BIOLÓGICOS



# POR QUE INCINERAR ?



# POTENCIAL DE AQUECIMENTO GLOBAL (PAG)

A incineração do lodo reduz substancialmente os gases que causam o efeito estufa!  
O PAG do  $\text{CH}_4$  é 21 vezes maior do que o  $\text{CO}_2$

$\text{CH}_4$  ↑



Aterros emitem uma grande quantidade de  $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  e outros gases perigosos

$\text{CO}_2$  ↑



Plantas modernas de incineração emitem apenas uma pequena quantidade de  $\text{CO}_2$

# VANTAGENS DA INCINERAÇÃO INTEGRADA

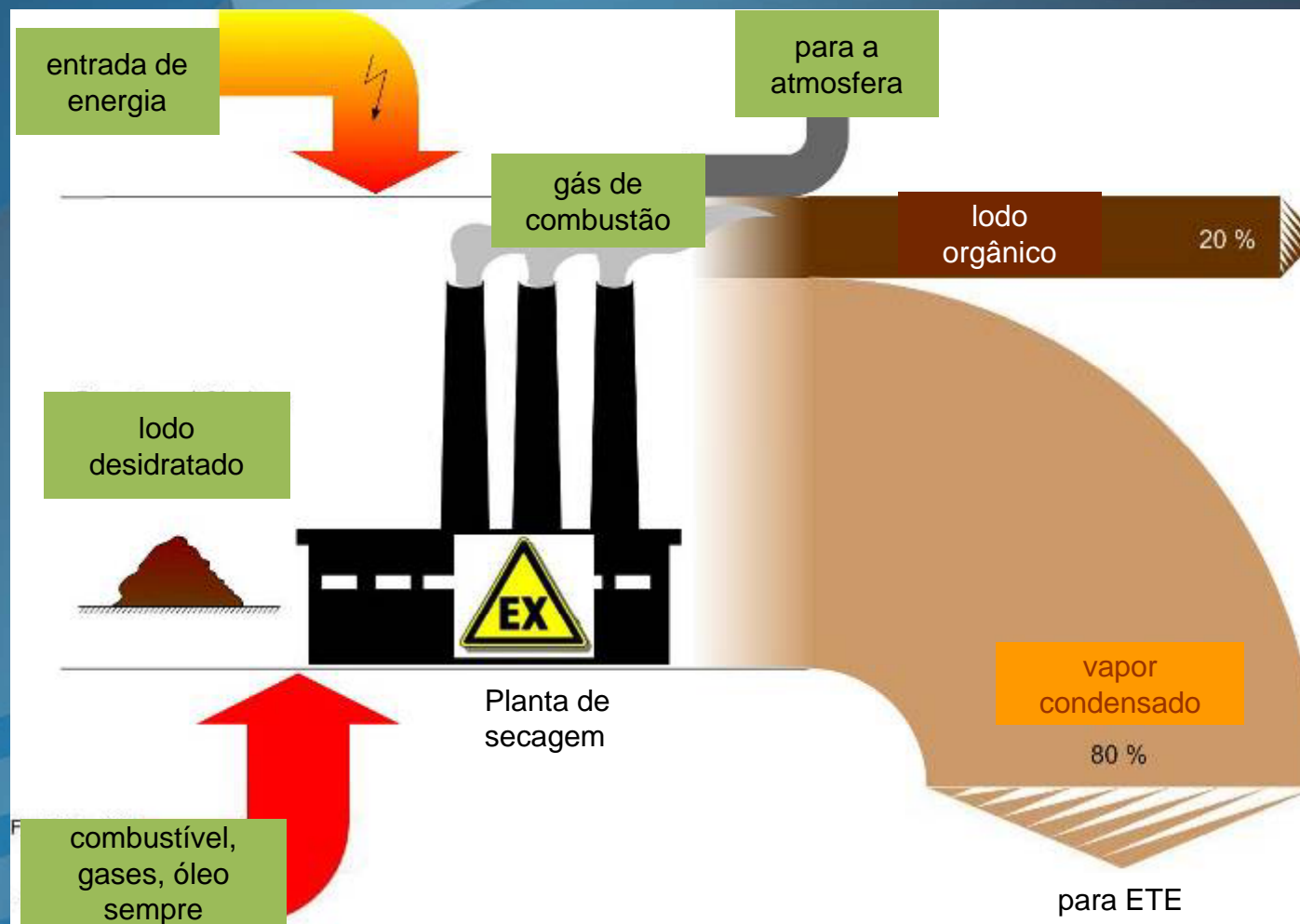
- Uma solução confiável, segura e ecologicamente correta, comprovada em centenas de plantas;
- Não é necessário combustível adicional. As plantas de incineração são auto-sustentáveis. Plantas de secagem, ao contrário, necessitam de uma grande quantidade de combustível;
- Menor tráfego de caminhões, somente as cinzas têm que ser transportadas (sem água ou material orgânico);



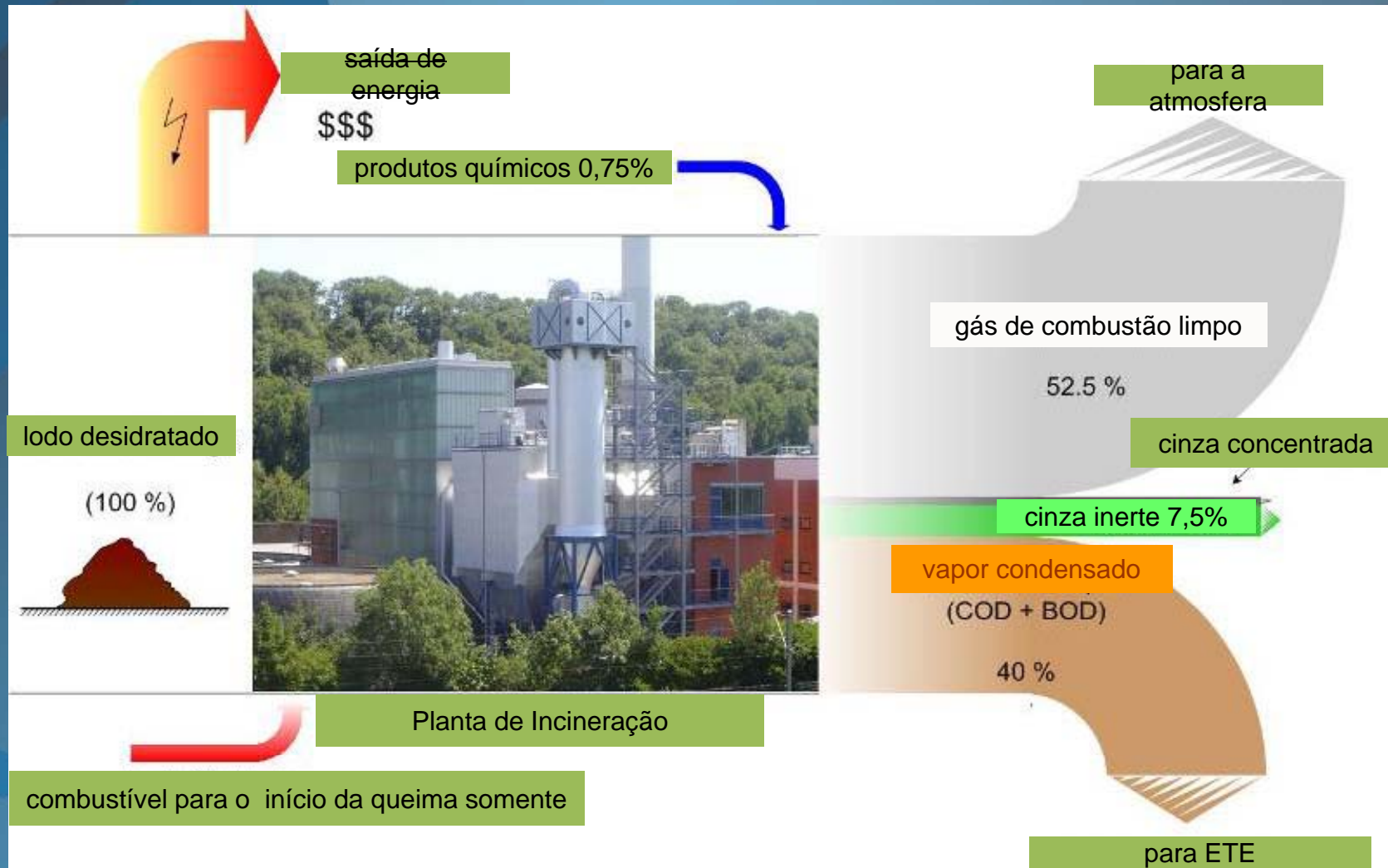
## VANTAGENS DA INCINERAÇÃO INTEGRADA

- Com o desenho customizado das plantas, é possível também queimar restos de outros materiais no mesmo incinerador;
- A cinza remanescente é usada, em muitos casos, como material para pavimentação de rodovias ou como matéria-prima para a indústria de cimento;
- Há a possibilidade de se utilizar as cinzas como fertilizante, uma vez que possuem alto teor de fosfato.

# ESTAÇÃO DE SECAGEM

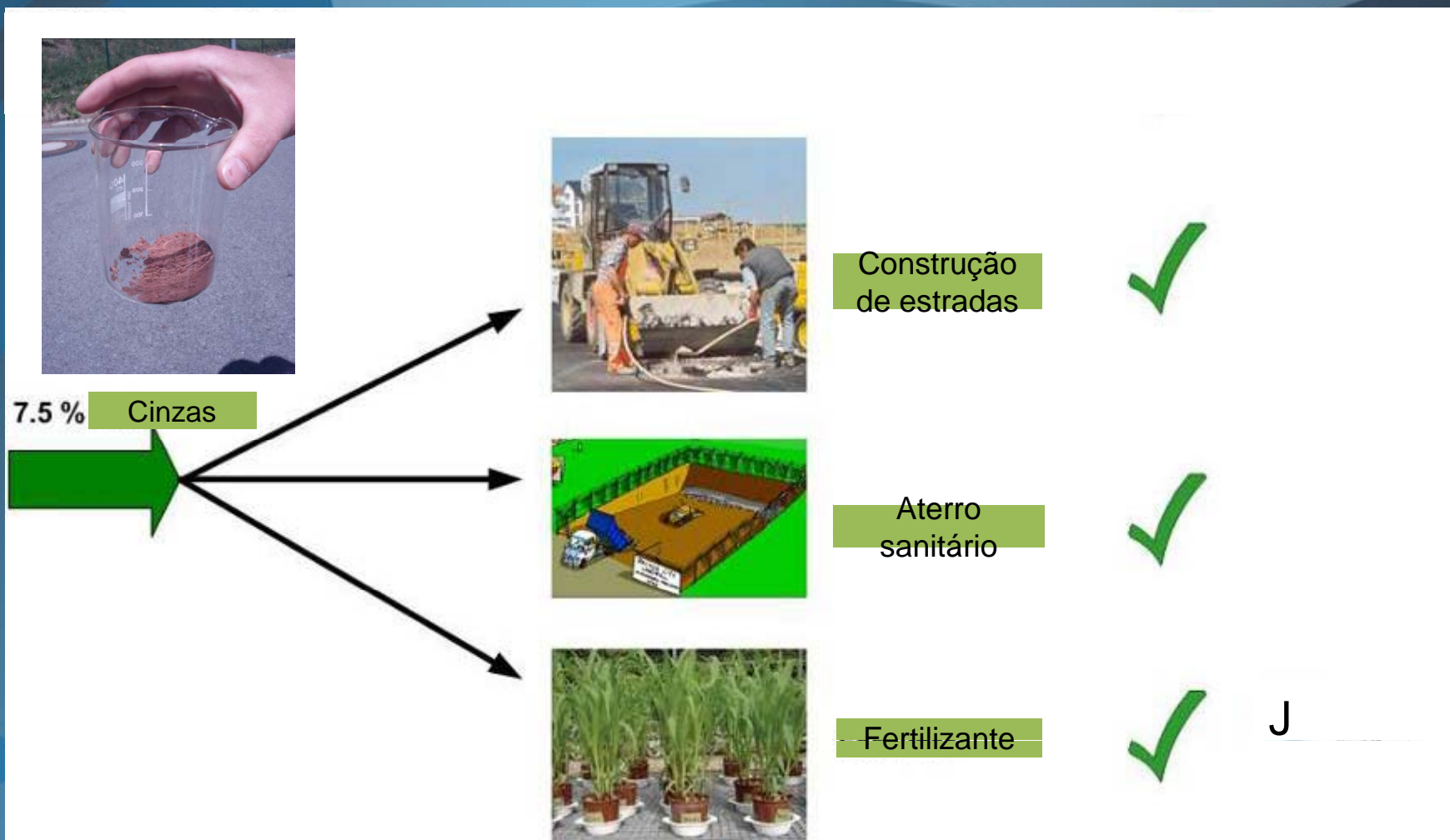


# PLANTA DE INCINERAÇÃO





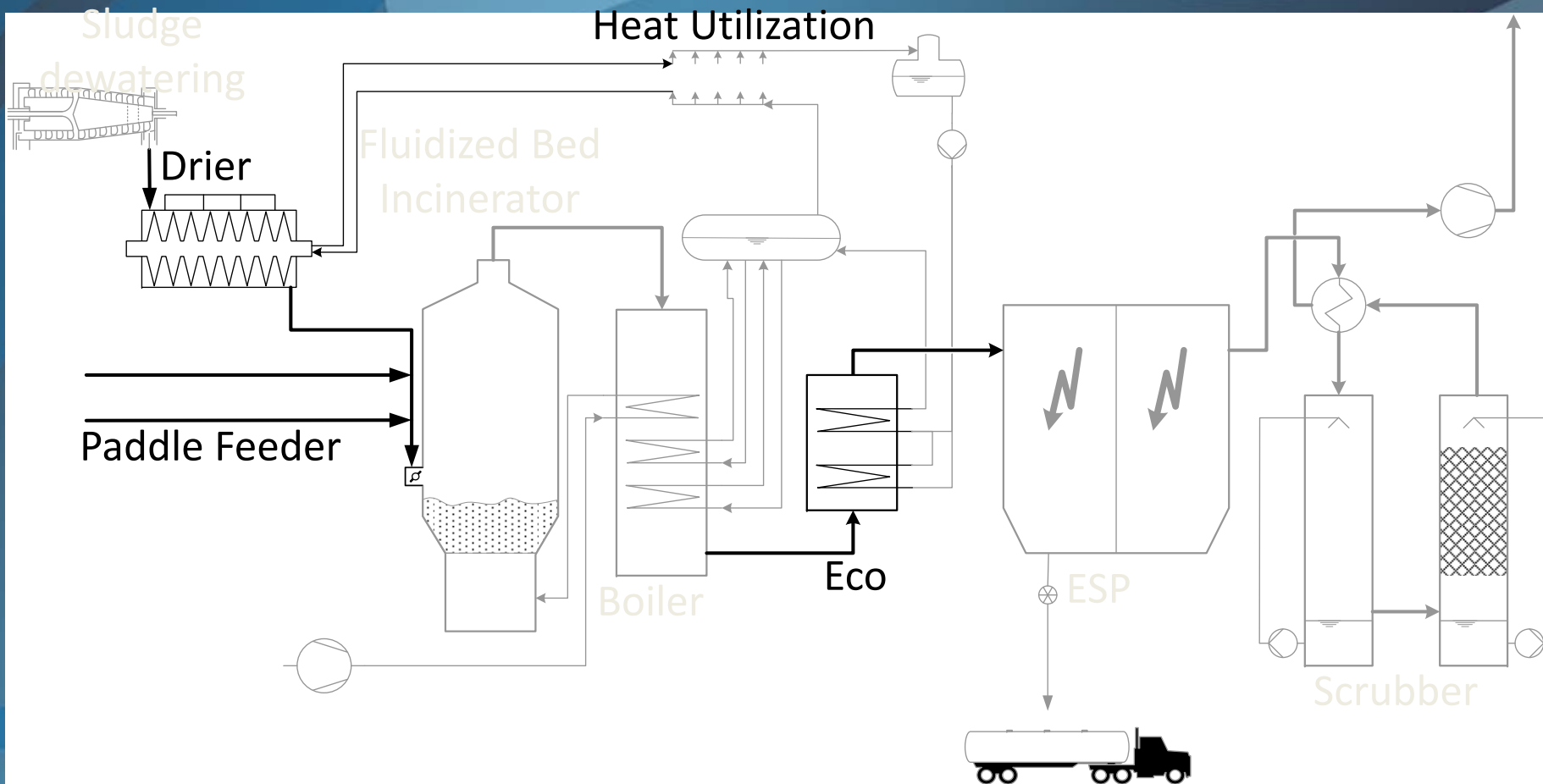
# DESTINAÇÃO DE CINZAS INERTES



# SÃO PETESBURGO 2007 “NOITES BRANCAS”

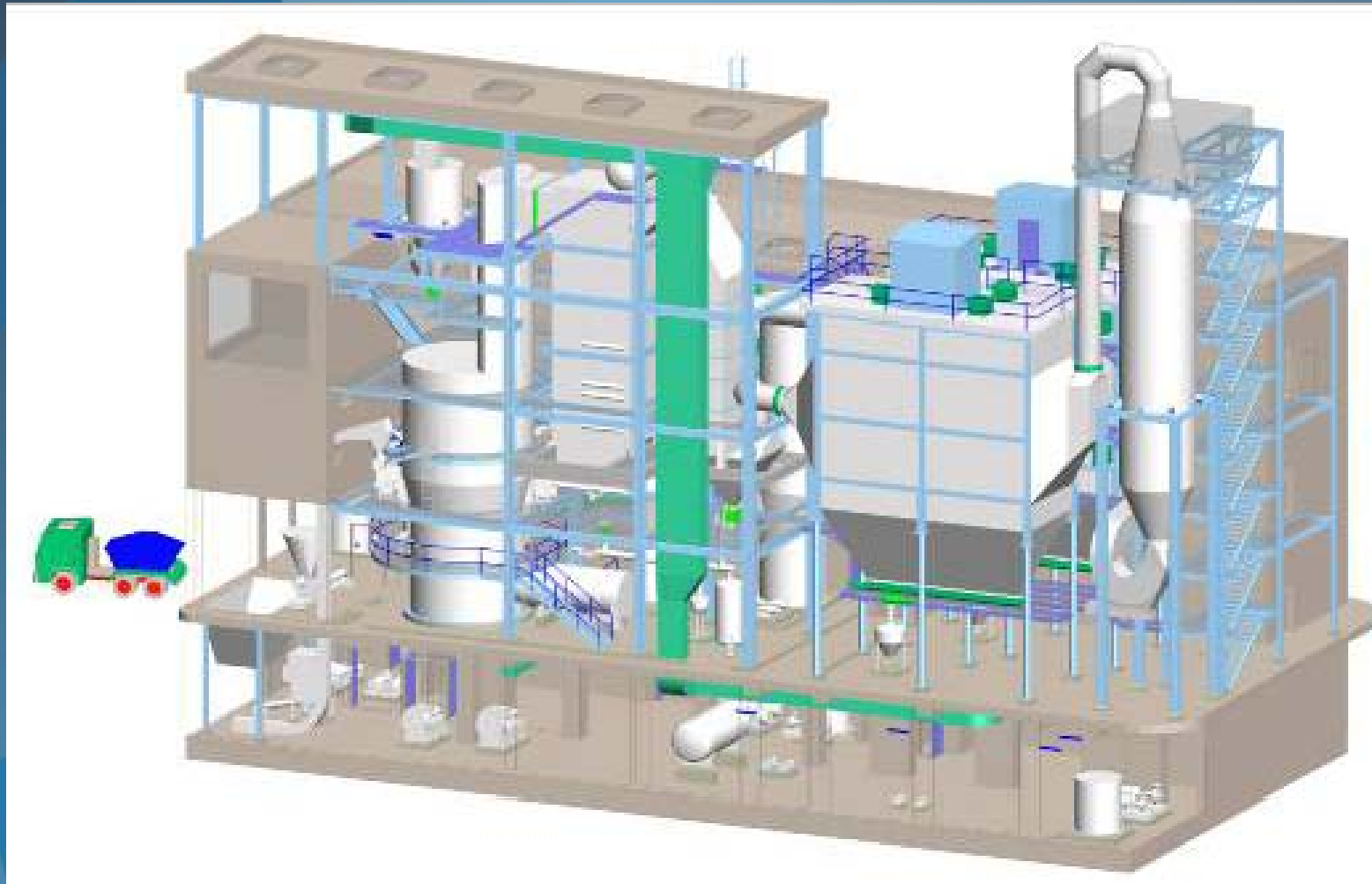


# EXEMPLO DE PLANTA DE INCINERAÇÃO DE LODO

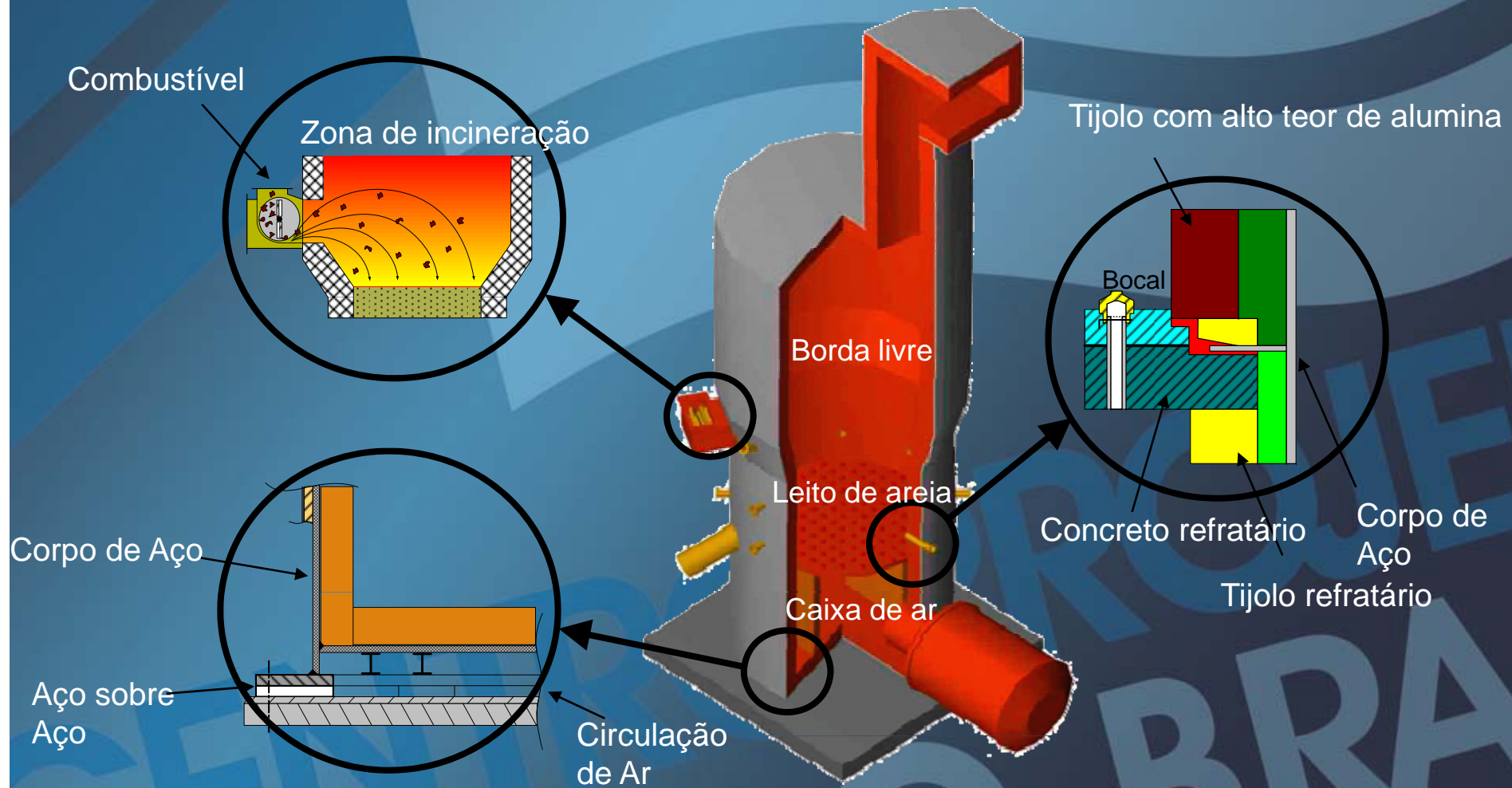




# VISUALIZAÇÃO DE UMA PLANTA TÍPICA DE INCINERAÇÃO DE LODO



# INCINERAÇÃO DE LEITO FLUIDIZADO



## **MELHOR LOCAL PARA A CONSTRUÇÃO DE UMA ESTAÇÃO DE INCINERAÇÃO**

- O limite de uma estação de tratamento de efluentes já em funcionamento, o que economiza custos com transporte, além de que outros serviços públicos existentes podem ser usados;
- O tamanho do prédio de uma planta típica é de 60 x 48 x 30 m.

## A DIGESTÃO ANAERÓBIA

- É uma alternativa que propicia o aproveitamento energético do lodo (geração de biogás com elevado conteúdo de metano);
- A digestão anaeróbia combinada com a queima do biogás é uma alternativa ecológica (sem emissões gasosas e com redução de sólidos voláteis de até 70%);
- É uma solução que propicia um lodo final de volume muito reduzido e isento de patogênicos.



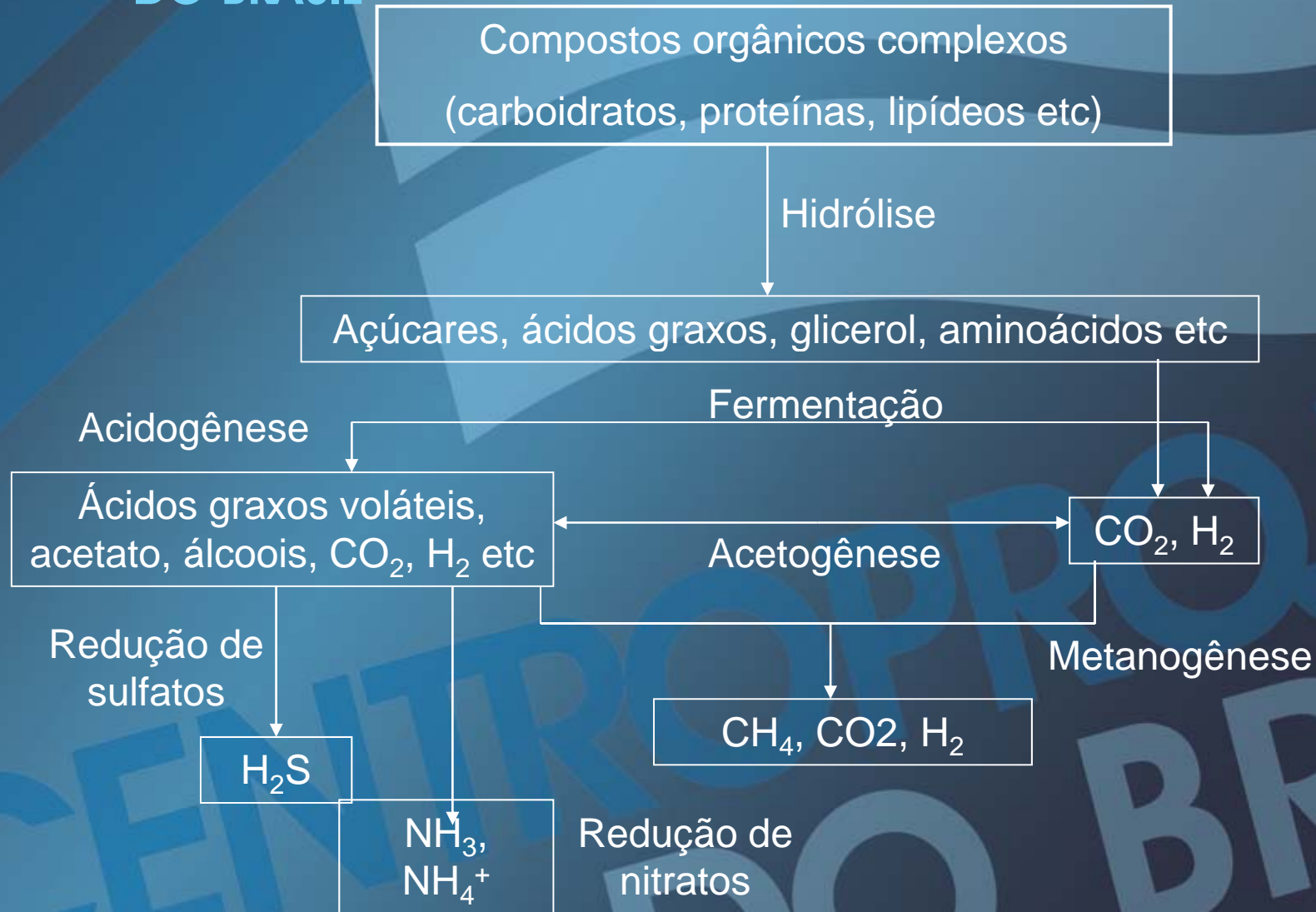
# ETAPAS DA DIGESTÃO ANAERÓBIA

- Hidrólise – etapa de quebra das moléculas mais complexas em carboidratos mais simples, aminoácidos e ácidos graxos (reação com a água)
- Acidogênese – conversão dos compostos solúveis produzidos na etapa de hidrólise para ácidos graxos voláteis
- Acetogênese – bactérias acetogênicas oxidam os ácidos graxos de cadeia longa para acetato,  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2$
- Metanogênese – bactérias metanogênicas produzem gás metano

## Tipos de bactérias metanogênicas

- Acetoclásticas – bactérias que produzem metano utilizando acetato como substrato
- Hidrogenotróficas – bactérias que produzem gás metano a partir de  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2$

# DIAGRAMA SIMPLIFICADO FENÔMENOS BIOQUÍMICOS QUE OCORREM DURANTE A DIGESTÃO ANAERÓBIA



## COMPOSIÇÃO TÍPICA DO BIOGÁS

Densidade relativa	0,86
% v/v CH <sub>4</sub>	55 - 70
% v/v CO <sub>2</sub>	20 - 35
% v/v N <sub>2</sub>	0 - 5%
% v/v H <sub>2</sub> S	0 - 0,005%
% v/v vapor de água	1 - 5%
Siloxanos (mg/m <sup>3</sup> )	0 - 50
Poder Calorífico Superior (MJ/m <sup>3</sup> )	21 - 25
Poder Calorífico Inferior (MJ/m <sup>3</sup> )	Aproximadamente 20

## PARÂMETROS TÍPICOS DO PROCESSO DE DIGESTÃO ANAERÓBIA DE LODOS DE ETE'S

Tempo de residência celular (dias)	10 a 20
Formato dos digestores	Usualmente cilíndricos ou ovais
% destruição de sólidos voláteis	50 - 65
Faixa de temperatura da digestão anaeróbica mesofílica (°C)	20 - 45
Faixa de temperatura da digestão anaeróbica termofílica (°C)	55 - 70



# PLANTAS DE DIGESTÃO ANAERÓBIA DE LODOS DE ETE'S



Bamberg (Alemanha)



Dabrowa Gornicza (Polônia)

# PRÉ-TRATAMENTO PARA DIGESTÃO ANAERÓBIA - RELEVÂNCIA

- Limitação da digestão anaeróbia: o longo tempo de residência celular do lodo nos digestores (20 dias)
- Etapa limitante da digestão anaeróbia: hidrólise (a quebra das paredes celulares para a degradação das EPS – substâncias poliméricas extracelulares)
- O pré-tratamento do lodo reduz o tempo de hidrólise devido à desintegração prévia dos flocos, diminuindo também o tempo de residência celular do lodo nos digestores

# EXEMPLOS DE PRÉ-TRATAMENTO DO LODO PARA A DIGESTÃO ANAERÓBIA

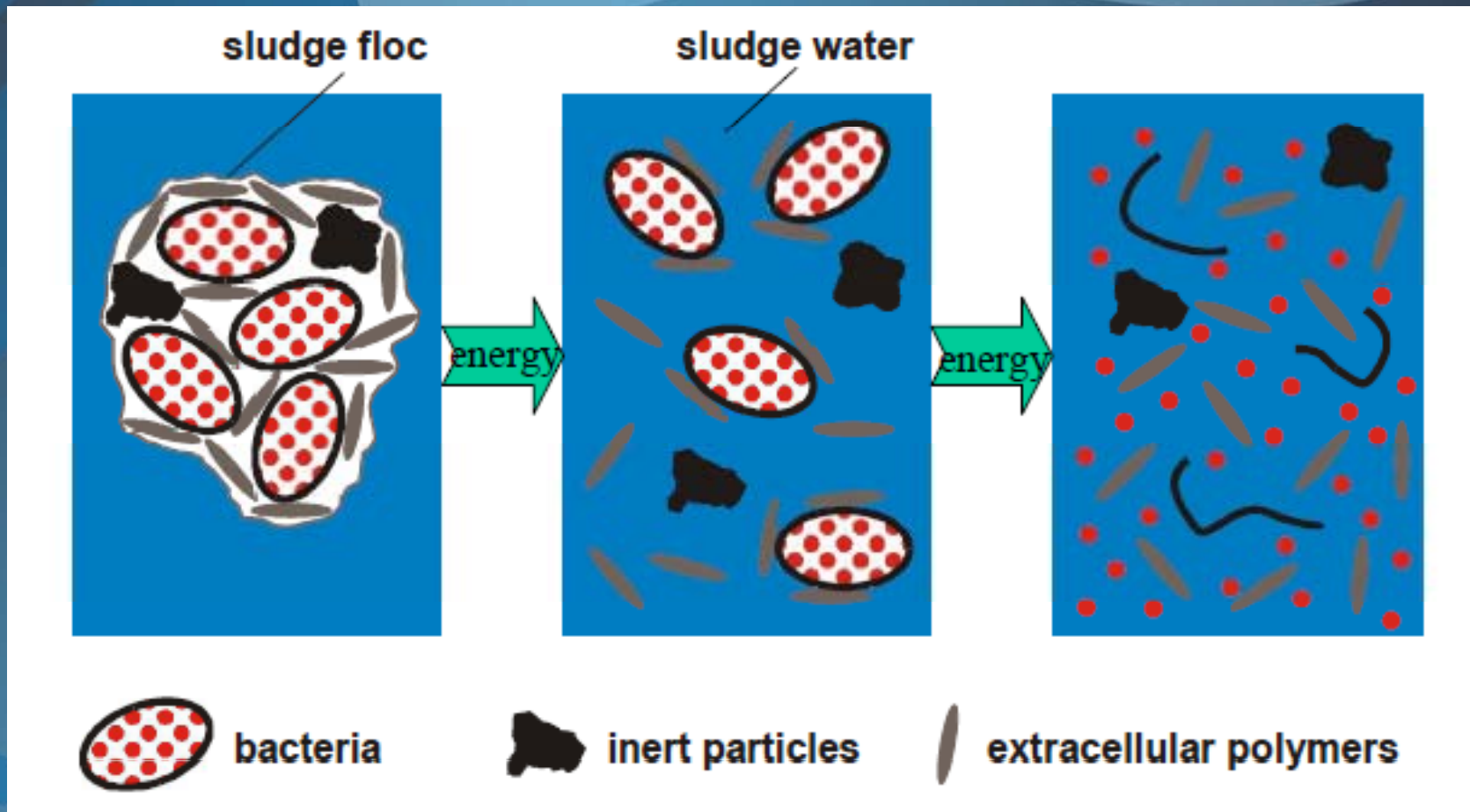
Tipo de pré-tratamento	Princípio	Vantagens	Desvantagens
<b>Térmico</b>	O lodo é pré-aquecido a 100 – 200 °C durante 20 a 30 minutos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- A carga de sólidos que entra no digestor é dobrada</li> <li>- Lodo digerido isento de patogênicos</li> <li>- Redução de sólidos de 50 a 65%</li> <li>- Aumento da porcentagem de eliminação de água do lodo digerido</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- A elevada complexidade do processo</li> <li>- Maior consumo energético</li> </ul>
<b>Mecânico</b>	Pressurização a 60 bar e posterior despressurização contra um anel de impacto		Benefícios limitados em relação aos outros tipos

# EXEMPLOS DE PRÉ-TRATAMENTO DO LODO PARA A DIGESTÃO ANAERÓBIA

Tipo de pré-tratamento	Princípio	Vantagens	Desvantagens
<b>Químico</b>	1- Tratamento ácido ou alcalino a quente  2- Reação com agentes oxidantes	1 – Efetivos para a solubilização do lodo  2 – Ocorre a oxidação parcial do lodo, aumentando a sua biodegradabilidade	1- Requer meios com valores extremos de pH e a posterior neutralização  2- O elevado consumo de energia
<b>Por ondas de ultra-som</b>	Processo de cavitação induzida por ondas de ultra-som que propiciam condições localizadas extremas de temperatura e pressão (desagregação dos flocos e lise celular)	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Melhor método para romper as paredes celulares</li> <li>-Fácil comercialização: tratam-se de módulos acoplados de acordo com a vazão de lodo</li> <li>-Aumento da produção de gás em até 50%</li> <li>-Aumento da redução de sólidos voláteis de 40 a 50%</li> <li>-Aumento da porcentagem de sólidos no lodo desaguado em ao menos 5%</li> </ul>	Há consumo de energia, embora seja menor que o de outros pré-tratamentos



# O PRÉ-TRATAMENTO E A DESINTEGRAÇÃO DOS FLOCOS



# EQUIPAMENTO DE PROCESSAMENTO POR ULTRA-SOM EM ESCALA LABORATORIAL



5 – Conversor

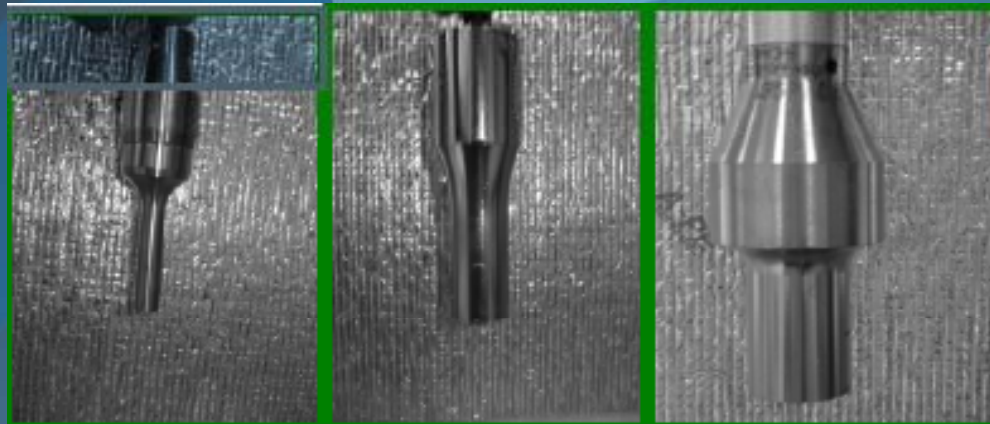
6 – Regulador de voltagem

7- Sonda ultrassônica

8 – Câmara de processamento por ultra-som

9 – Fonte de energia

# EQUIPAMENTO DE PROCESSAMENTO POR ULTRA-SOM EM ESCALA LABORATORIAL

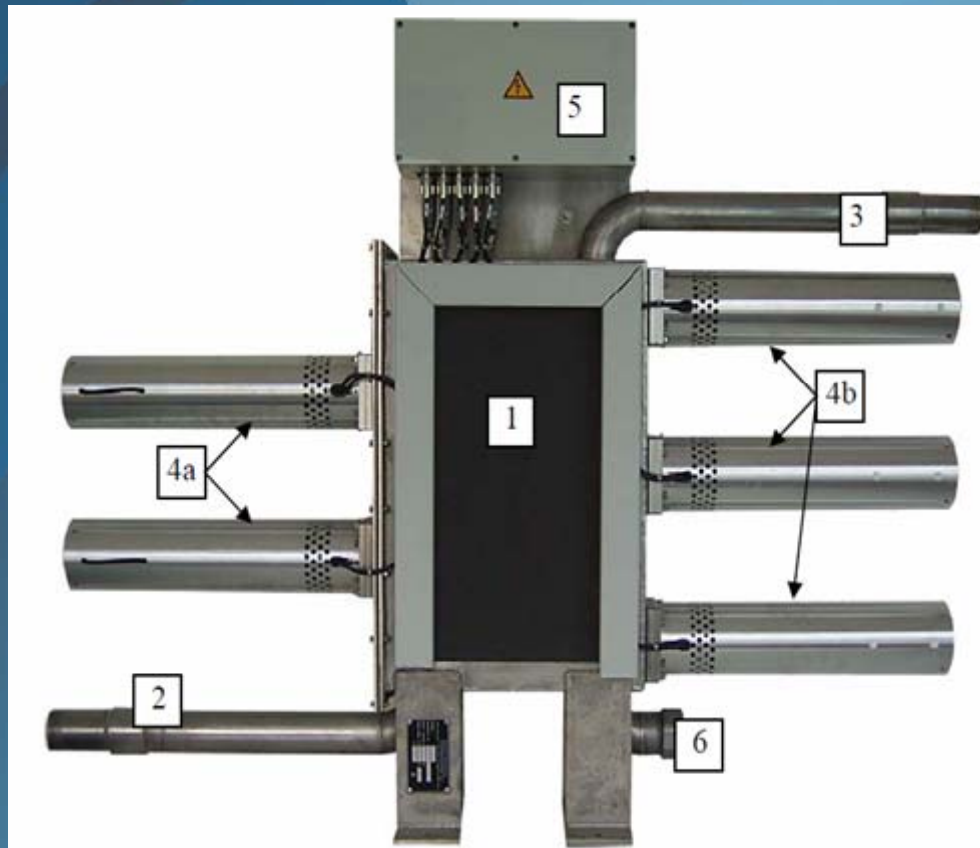


Sondas de ultra-som de  
diferentes tamanhos



Câmaras de processamento  
por ultra-som

# EQUIPAMENTO DE PROCESSAMENTO POR ULTRA-SOM EM TAMANHO REAL



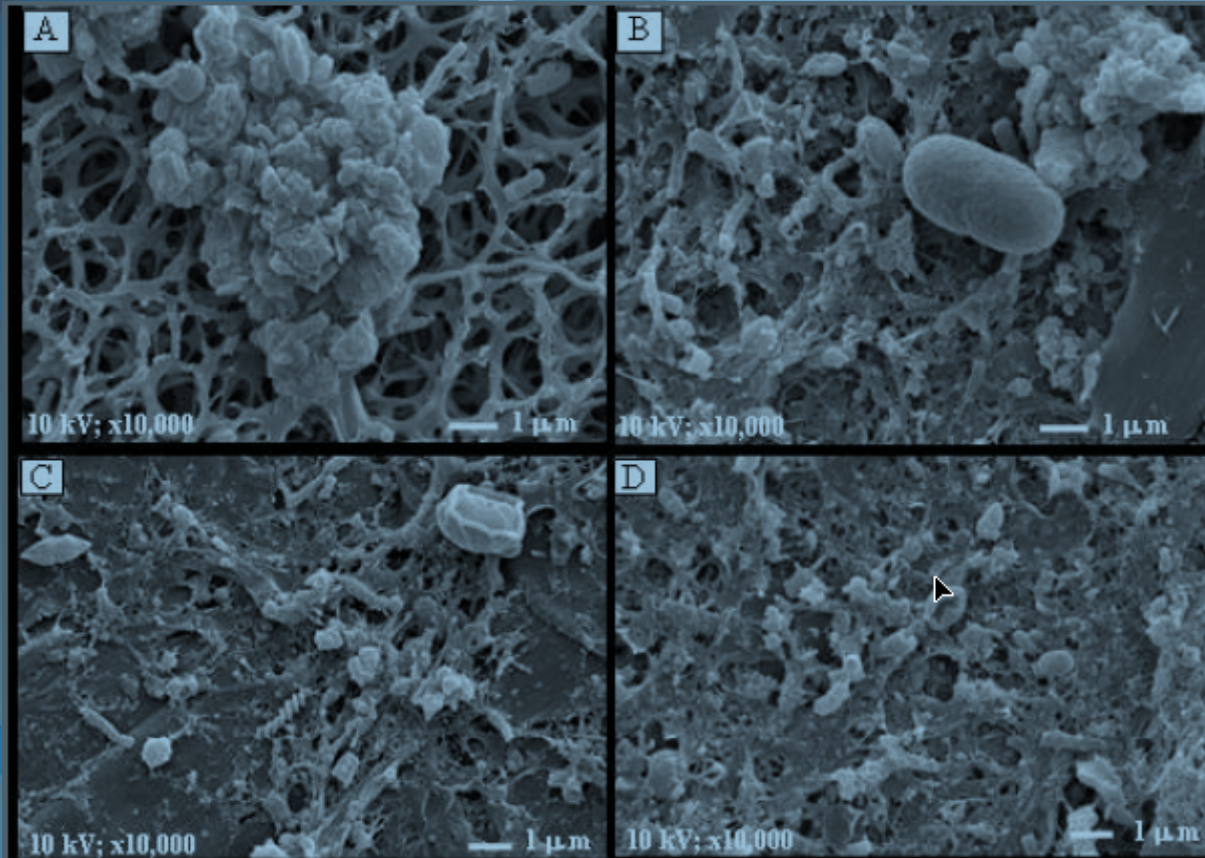
- 1- Câmara do reator
- 2- Tubulação de entrada
- 3- Tubulação de saída
- 4a – Tubulação para a entrada de ar
- 4b – Tubulação para a entrada de ar
- 5 – Caixa de elétrica
- 6 – Tubulação para a saída de água



# O PRÉ-TRATAMENTO POR ULTRA-SOM E A DESAGREGAÇÃO DOS FLOCOS

➤ Energia aplicada: 1,5 kW

➤ Frequência: 20 kHz



## Micrografias

➤ A (sem ultra-som)

➤ B – após dois minutos

➤ C – após dez minutos

➤ D – após trinta minutos

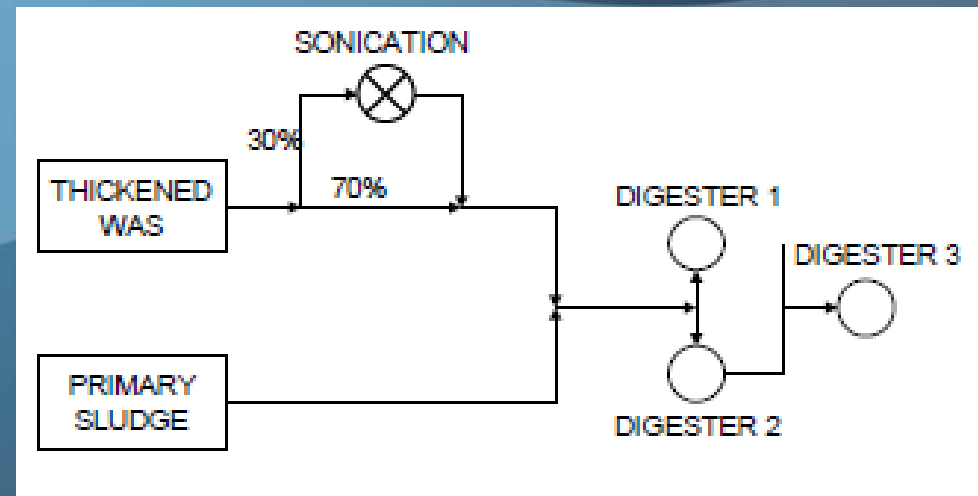
## PECULIARIDADES DO PRÉ-TRATAMENTO COM ULTRA-SOM

- A desintegração do lodo é mais eficiente em baixas frequências de ondas de ultra-som e mesmo em tempos curtos de aplicação já ocorre a dispersão dos aglomerados e o aumento da destruição de sólidos voláteis.
- Mesmo o processamento de parte do lodo biológico por ultra-som já apresenta efeitos benéficos na digestão anaeróbica (exemplo: instalação de Bamberg).
- O processamento do lodo de reciclo por ultra-som tem sido utilizado para combater os problemas de “bulking” e de “foaming”.
- Baixo custo e simplicidade de manutenção: as sondas de ultra-som necessitam ser trocadas somente após 1,5 - 2 anos de uso.

# INSTALAÇÕES COM PROCESSAMENTO DE LODO BIOLÓGICO DE ETE POR ULTRA-SOM ANTES DA DIGESTÃO ANAERÓBIA



Equipamento instalado na planta de Bamberg (Alemanha)



Vazão de lodo: 75 m<sup>3</sup>/d  
(30% da vazão de lodo descartado)

Energia: 3,2 kWh/m<sup>3</sup>

Redução de sólidos voláteis obtida:  
aumento de 42 para 54%

30% de aumento na produção de biogás



# INSTALAÇÕES COM PROCESSAMENTO DE LODO BIOLÓGICO DE ETE POR ULTRA-SOM ANTES DA DIGESTÃO ANAERÓBIA



Equipamento instalado na planta de Meldorf (Alemanha)

➤ O lodo ativado da planta de apresenta “bulking filamentososo” constantemente, ocasionando “foaming” nos digestores anaeróbios

➤ Há dois digestores anaeróbicos mesofílicos com volume unitário de 2000 m<sup>3</sup>

➤ 30% de aumento na produção de biogás

➤ Aumento da destruição de sólidos voláteis de 39% para 55%

➤ Desaparecimento dos problemas de “foaming” nos digestores anaeróbios



# INSTALAÇÃO DE ULTRASOM NA ALIMENTAÇÃO DOS DIGESTORES PLANTA DE DARMSTADT - ALEMANIA



# OUTRAS APLICAÇÕES PARA O PROCESSAMENTO DE LODO BIOLÓGICO DE ETE'S POR ULTRA-SO

- Combate aos problemas de “bulking” e de “foaming” em sistemas de tratamentos biológicos
- Cisão das moléculas de compostos refratários e tóxicos em moléculas de compostos biodegradáveis
- Aumento da oxidação de sólidos voláteis em digestores aeróbios de lodo biológico
- Aumento da remoção de água na etapa de desaguamento com menor consumo de polieletrólito
- Geração de fonte de carbono para processos de desnitrificação

# PLANTA PILOTO DE DIGESTÃO ANAERÓBIA COM PRÉ-TRATAMENTO POR ULTRA-SOM



Número de reatores anaeróbios em paralelo: 05

Volume unitário dos reatores: 200 l

Um processador de ultra-som em tamanho real



# COGERAÇÃO A PARTIR DO USO DE BIOGÁS

Da energia líquida, obtida com a combustão do metano, 45% é transformada em eletricidade e 55% em energia térmica, para aquecimento de ambientes e do lodo do digestor.



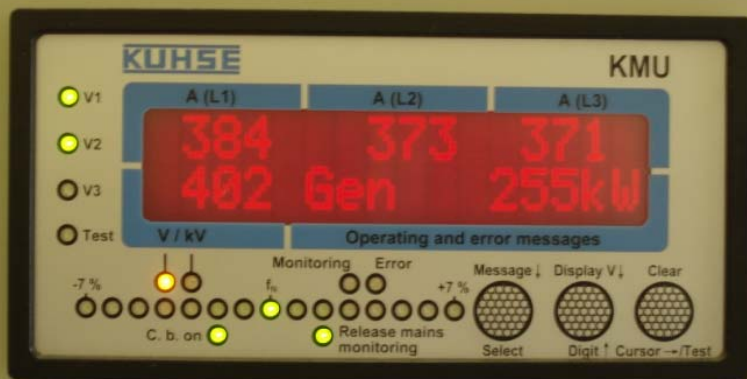
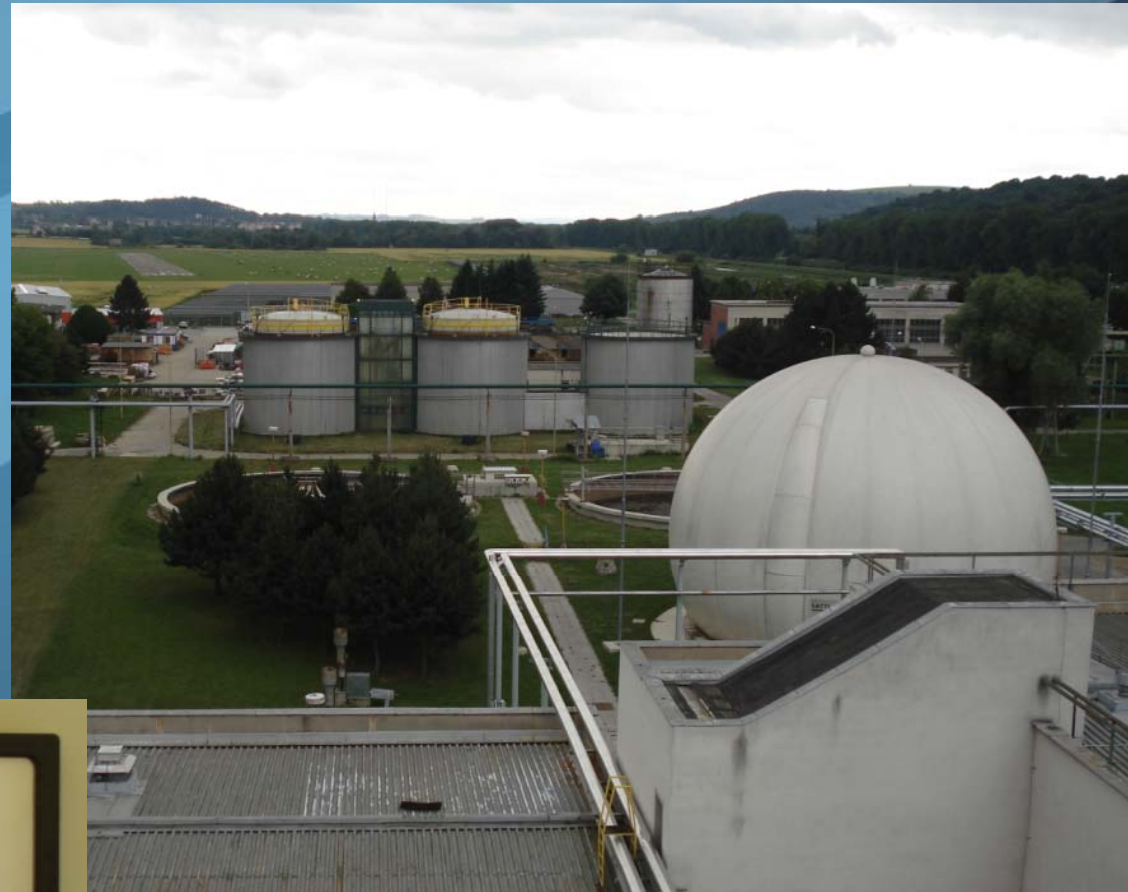




# COGERAÇÃO A PARTIR DO USO DE BIOGÁS

Nas unidades de cogeração, a eletricidade é obtida com geradores e o calor dos gases de combustão, do óleo e do sistema de arrefecimento do motor é aproveitado para aquecer a água que, por sua vez, é utilizada para aquecer ambientes e também o lodo.

**A eficiência dessas unidades varia de 80 a 90%.**



## CONCLUSÕES:

- A solução mais utilizada para a disposição dos lodos biológicos de ETE's está em fase de esgotamento;
- A incineração e a digestão anaeróbia do lodo com o aproveitamento do biogás são soluções para as futuras demandas de tratamento do lodo biológico;
- A incineração é um processo energeticamente auto-suficiente e recomendável para grandes municípios;
- Para instalações menores, a solução de cogeração é mais aplicável, pois não demanda grandes investimentos como os incineradores. Em todos os casos, é o estudo de concepção com um comparativo técnico econômico quem vai “dizer” qual é a melhor opção;
- A digestão anaeróbia é uma alternativa que gera um lodo estável, de volume reduzido e com o aproveitamento do biogás para gerar energia (na maioria dos aterros sanitários há muito escape de gás metano, contribuindo para o efeito estufa);
- Nos digestores de lodo existentes pode ser integrada a tecnologia de ultrassonificação do lodo biológico, a qual é compacta e aumenta a destruição de sólidos voláteis.



**OBRIGADO !!!**

**CENTROPROJEKT DO BRASIL S/A**

**Rua Alexandre Dumas, 2200**

**São Paulo – SP - Brasil**

**Tel: (55) (11) 3556-1100**

**[www.centroprojekt-brasil.com.br](http://www.centroprojekt-brasil.com.br)**

**[centroprojekt@centroprojekt-brasil.com.br](mailto:centroprojekt@centroprojekt-brasil.com.br)**