

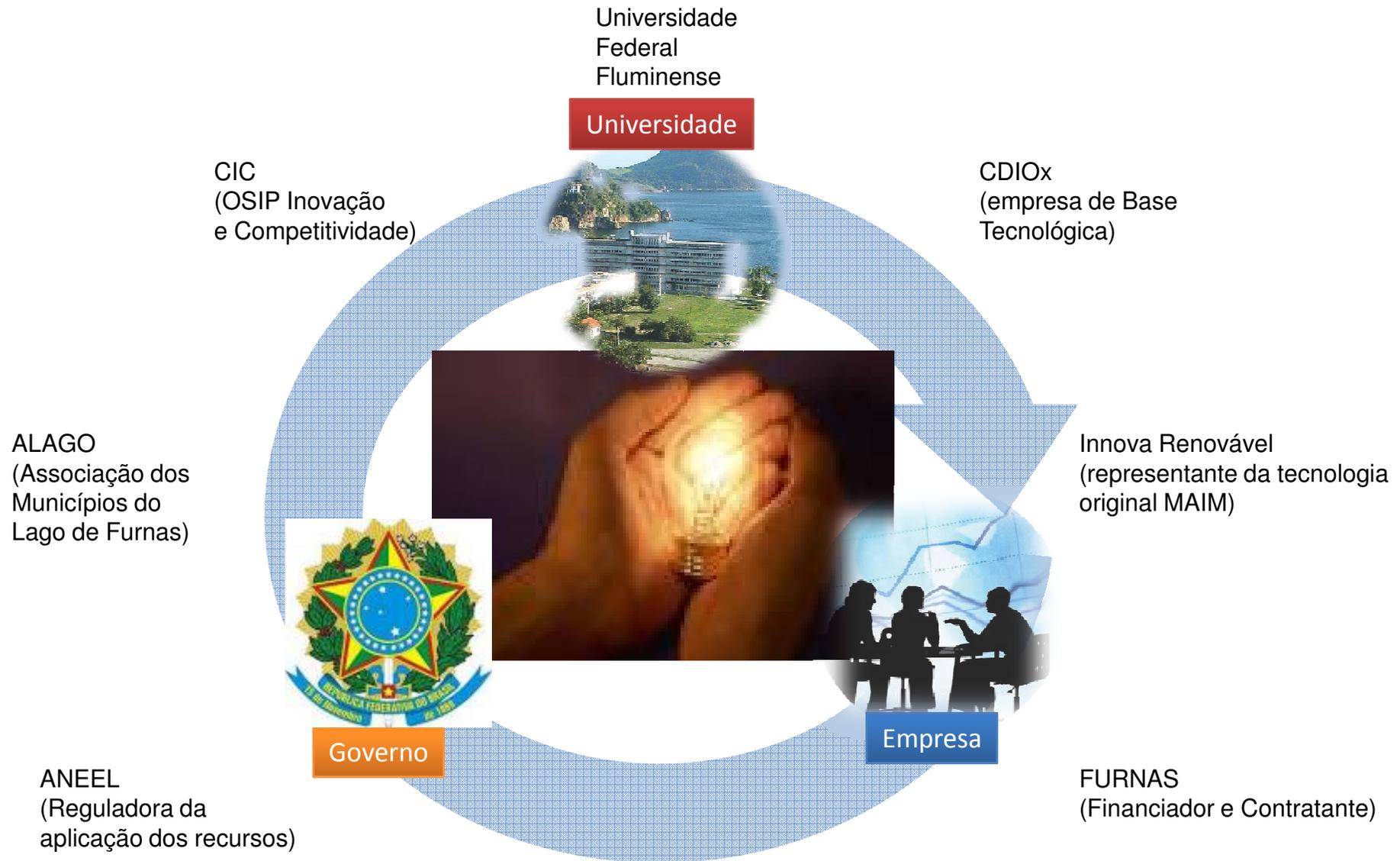
**PROJETO P&D ANEEL 0394-1238/2012:
Desenvolvimento de “Unidade de
Aproveitamento Energético de Resíduos”
através de Tecnologia de Pirólise Lenta a
Tambor Rotativo na Aplicação de Solução
Socioambiental**



O PROJETO



EXEMPLO DE INOVAÇÃO



PROJETO P&D ANEEL

- Recursos de P&D ANEEL/FURNAS:
 - ✓ R\$ 36.000.000,00 em 2 anos
- Principais Entregáveis:
 - ✓ Diagnóstico de Impacto Socioambiental;
 - ✓ Termo de Referência Ambiental e Licenciamento Ambiental;
 - ✓ Unidade de 1MWe e 47 toneladas/dia;
 - ✓ Plano Municipal de Resíduos Sólidos para 52 Municípios da área de influência de Furnas;

ETAPAS DO PROJETO

- Diagnóstico Situacional;
- Estudo de Impacto Socioambiental;
- Definição de Projeto Básico;
- Processo de Estudo de Impacto Ambiental, Licenciamento da Unidade Piloto e Construção de Termo de Referência;
- Validação Projeto Básico e Estudo de Impacto Ambiental;
- Projeto Executivo;
- Construção de Planta Piloto;
- Comissionamento e Operação em P&D;
- Testes Experimentais (estudo e testes controlados – UFF);
- Planejamento de Expansão de Capacidade

A TECNOLOGIA



O QUE É PIRÓLISE?

- Decomposição termoquímica de hidrocarbonetos na ausência de oxigênio;
- Temperatura de 400 a > 1000°C;
- Tempo de residência de até 1 hora;
- Alguns tipos de pirólise como a carbonização obtém principalmente sólidos (carvão vegetal);
- Outros como a pirólise rápida obtém principalmente líquidos (bio-óleo);
- A tecnologia da MAIM-INNOVA obtém principalmente gás, superando 85% em peso dos produtos energéticos, sem produzir líquidos (alcatrão);

EXEMPLOS DE PIRÓLISE/GASEIFICAÇÃO

Transformação de combustíveis sólidos por processos térmicos:



Madeira em Carvão Vegetal



Carvão Mineral em Querosene

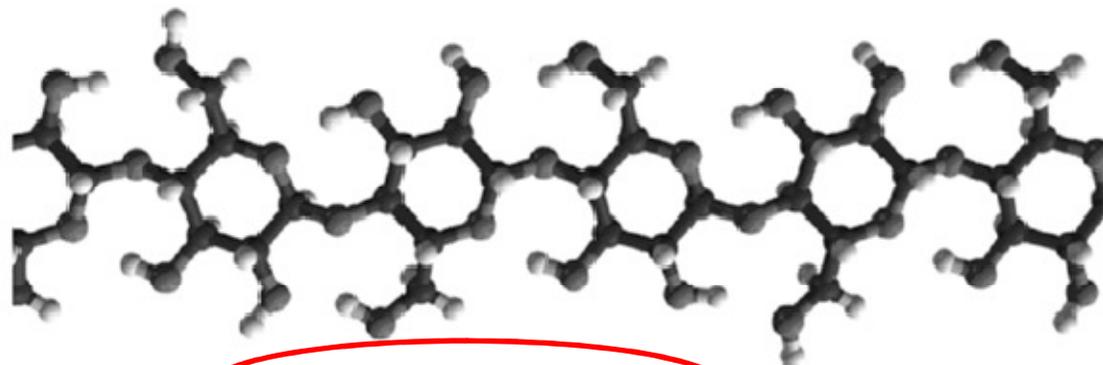


Carvão/Nafta em Gás Manufaturado



Carvão Vegetal para Gasogênio

TECNOLOGIA DE PIRÓLISE



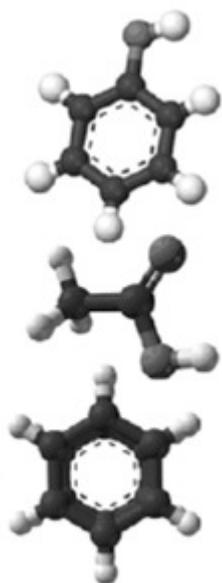
Celulose

Pirólise

líquidos

sólidos

gases



Phenol

Acetic acid

Benzene

Bio-óleo



Biochar - Carvão



Methane

Hydrogen

Carbon dioxide

Carbon monoxide

Steam

Gás de síntese e Vapor

EXPERIÊNCIA

Para desenvolver oportunidades em um mercado incipiente e pouco regulado foi necessário um profundo estudo:



- Análise das experiências Europeias e Japonesas com tecnologias de tratamento de Resíduos;
- Consulta a relatórios governamentais que comparam as alternativas tecnológicas (DTI do Reino Unido, CNR da Itália, etc.);
- Estudo aprofundado do mercado brasileiro de tratamento de resíduos sólidos e diálogo com agentes do setor;
- Visita a unidades na Europa, listadas a seguir;

REFERÊNCIAS



(1982) – 95 t/d
RSU, Industrial,
Lodo de Esgoto,
Volumosos



Planta Hamm
(2001) 288 t/d
RSU



Herne (1982)
solo contaminado
170 t/d



Kéflavik (2005)
60 t/d – RSU,
Infectante,
Pneus



Bristol (2000)
24 t/d – RSS e
Medicamentos

Siemens-Mitsui Yame (220t/d), Koga
Seibu (260 t/d), Toyohashi (400 t/d),
Nishiiburi (210 t/d), Ebetsu (140
t/d), Kyouhoku (160 t/d)

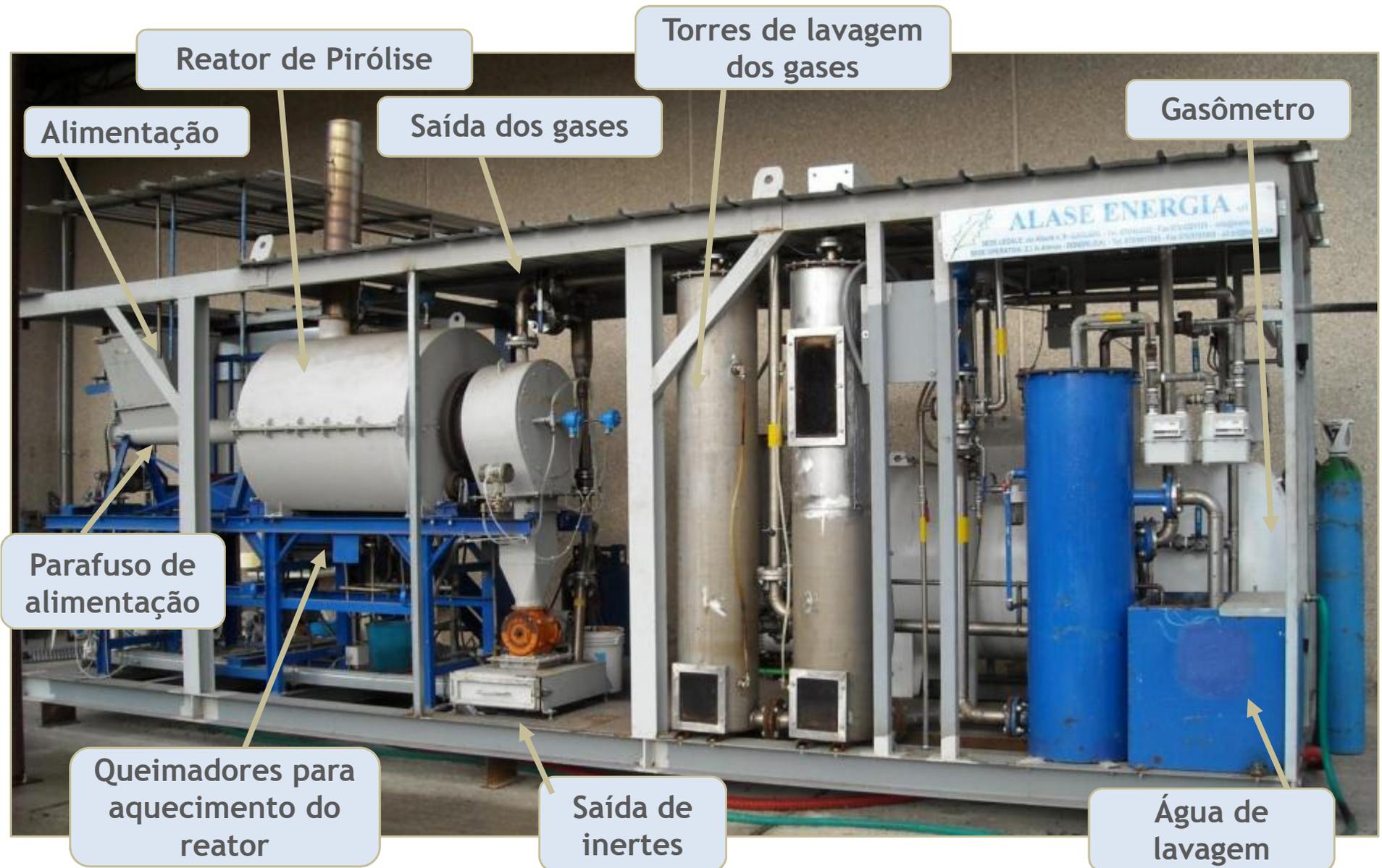


EXPERIÊNCIA SIMILAR

Unidade de pirólise da MAIM/INNOVA na Toscana, Itália. Dois módulos de 500kWe.



USINA MÓVEL

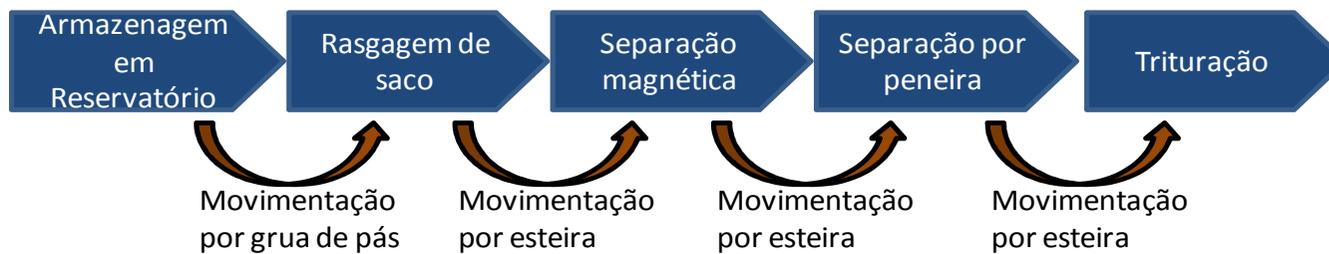


PROCESSO DE OPERAÇÃO – PARTE I

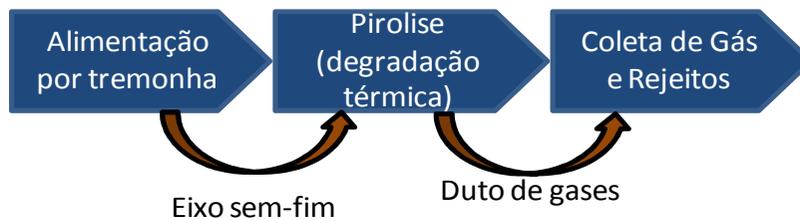
Etapa I - Recepção



Etapa II – Pré-tratamento

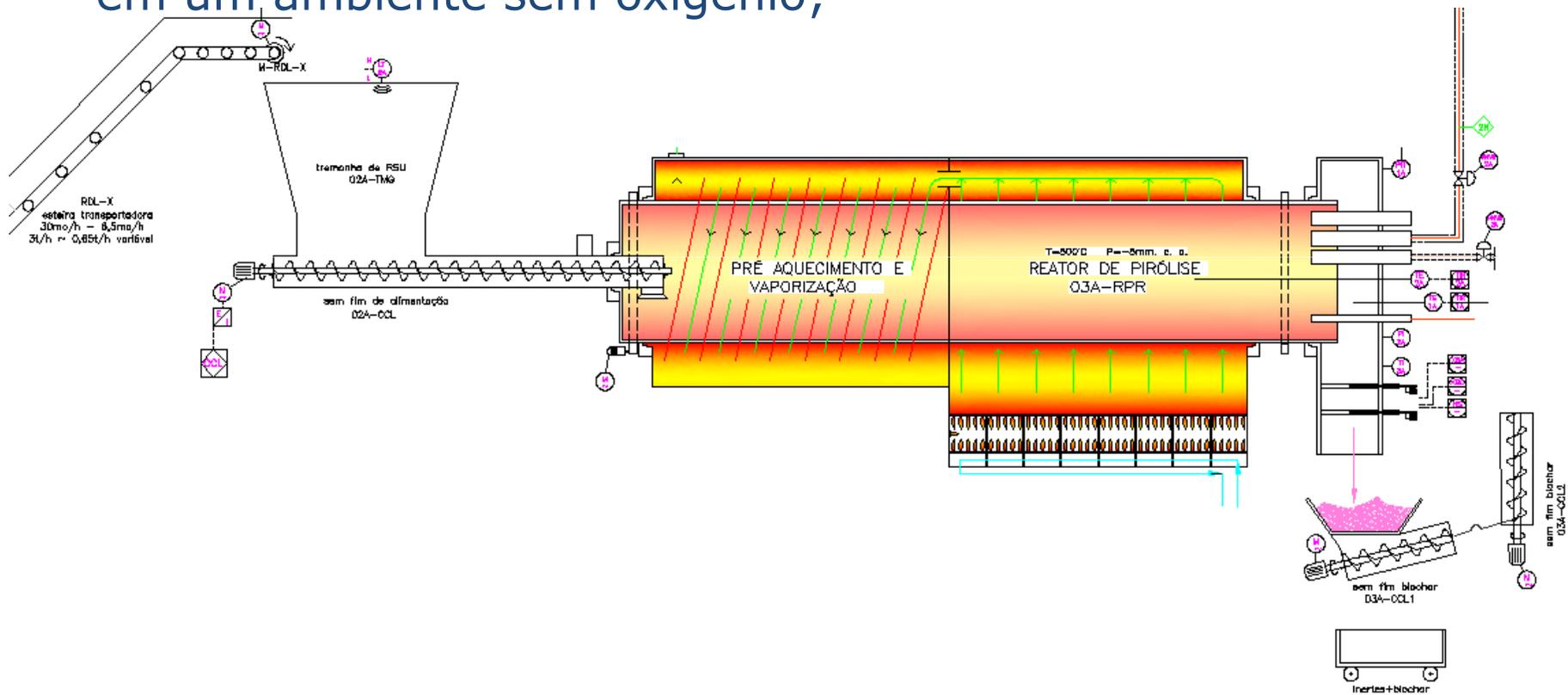


Etapa III - Pirólise



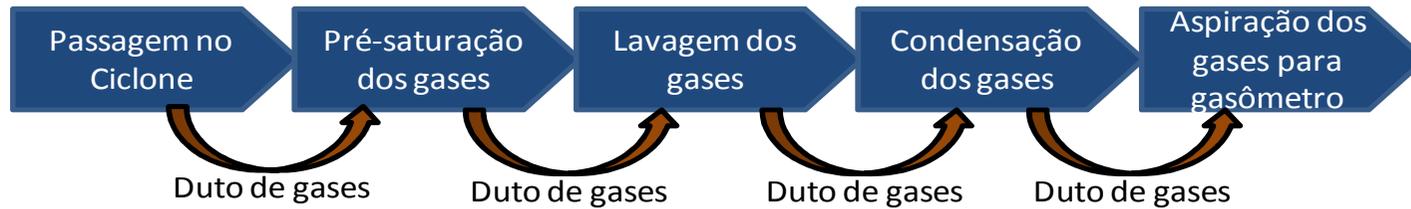
ESQUEMA DE FUNCIONAMENTO

- Os resíduos são aquecidos externamente a uma temperatura de 450°C, por um período de até uma hora, em um ambiente sem oxigênio;

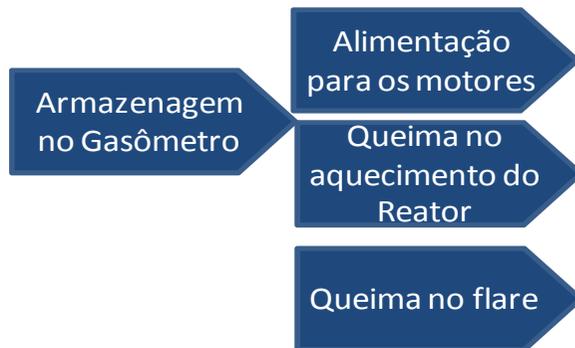


PROCESSO DE OPERAÇÃO – PARTE II

Etapa IV – Tratamento dos Gases



Etapa V – Gasômetro e Queimador

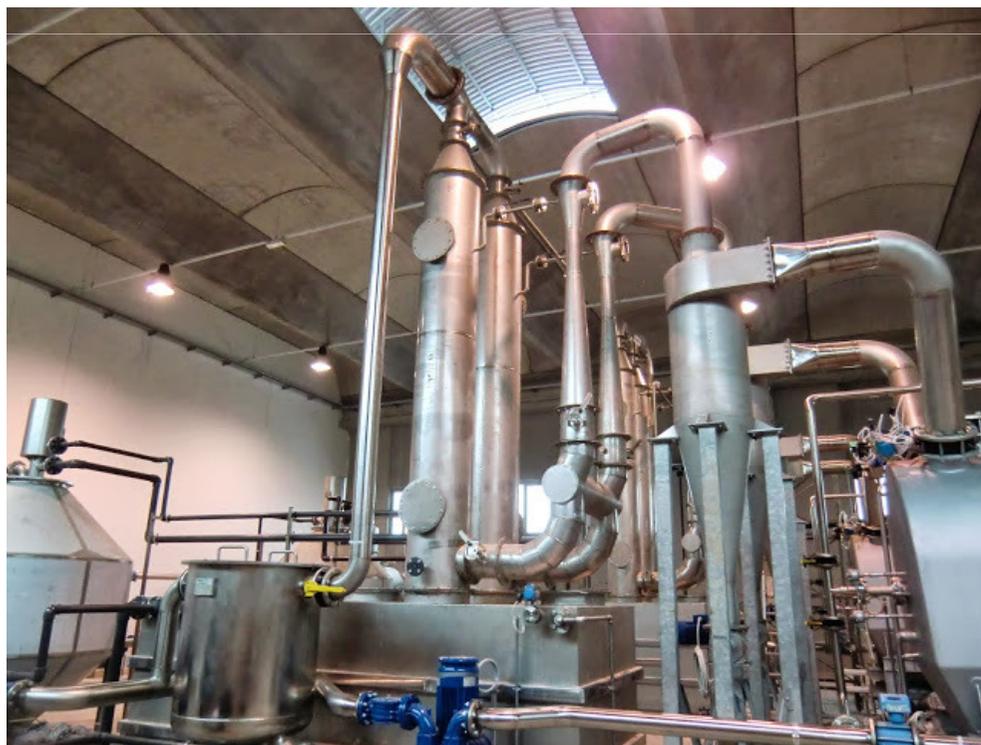


Etapa VI – Geração de Energia



TRATAMENTO DO GÁS DE SÍNTESE

Ciclone – Função de remover os particulados.

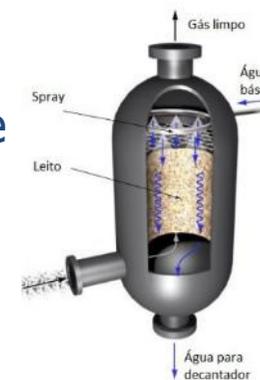


Pré Saturador – Resfriamento rápido do gás a úmido;



Venturi – Remoção de particulados finos.

Torre de Lavagem – Condensação de água e neutralização de gases ácidos



ESTUDOS COMPARATIVOS - I

Centro Nacional de Pesquisas da Itália:

- Os sistemas de pirólise, ao garantir a ausência de ar, permitem alcançar eficiências termodinâmicas superiores e resultados de emissão melhores através da remoção de substâncias nocivas antes da fase de combustão;
- O gás de síntese é sensivelmente mais rico que o obtido através de processos de gaseificação;
- O sistema pode ter dimensões reduzidas;
- Ótimo rendimento global de conversão dos resíduos em calor, com significativa produção de energia elétrica;
- A flexibilidade da tecnologia permite também a destinação de resíduos hospitalares, de reciclagem de automóveis, lodo de ETEs e biomassa em geral.

ESTUDOS COMPARATIVOS - II

Com base nas experiências internacionais:

- É capaz de tratar resíduos com baixo poder calorífico, inclusive solo contaminado com hidrocarbonetos, que é quase exclusivamente matéria inerte sem potencial energético (solo);
- É capaz de remediar lixões, ao processar os resíduos que se encontram ali depositados;
- Não concorre com a reciclagem, pois pode tratar lixo mesmo que somente com a fração orgânica da coleta seletiva;
- Pode operar em conjunto com uma unidade semi-manual de segregação de recicláveis, o que permite a integração dos catadores gerando trabalho e renda;
- Com uso de gás de síntese limpo, possui ganho de eficiência elétrica - grupos geradores, emissões sensivelmente inferiores às outras tecnologias, utilização do calor residual para processos térmicos;

ESTUDOS COMPARATIVOS - II

Com base nas experiências internacionais:

- O processo é autossustentável, sendo que 30% do gás de síntese limpo é enviado para o sistema de aquecimento do reator e os restantes 70% são utilizados em grupos geradores para produzir energia elétrica;
- A modularidade do processo com ampla opção de aplicação;
- As temperaturas são limitadas (450°C) – baixo risco decorrente do aquecimento do reator e sem material diferenciados;
- Quando o syngas é finalmente queimado no grupo gerador ou no sistema de aquecimento do reator não há mais cloro, e portanto, não há formação de dioxinas e furanos.

ESTUDO DE IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS



CARACTERÍSTICAS DO EMPREENDIMENTO

- Localizado na Cidade de Boa Esperança;
- Seleção de local para construção ao lado de lixão existente, com o objetivo de eliminar o passivo ambiental;
- Unidade com capacidade para tratar 47 ton/dia de resíduos, composto por cerca de 70% lixo novo e 30% lixo do lixão;
- Recebimento dos resíduos em área impermeabilizada, com sistema de captação de chorume;
- Geração de 1MWe para utilização no Sistema de Compensação de Energia, segundo Resolução ANEEL 482/2012;
- Uso de pequeno espaço físico – 0,625 hectares de área construída.
- Pode atuar em Geração Contínua.

EFICIÊNCIA ELÉTRICA

- A comparação entre tecnologias deve considerar poder calorífico e umidade do resíduo.
- Considerando Poder Calorífico Inferior (PCI) de 1.800 kCal/kg, umidade de 50% e conteúdo de inertes de 10%.
- Segundo estudo da EPE a incineração não é factível para PCI < 2000 kCal/kg.

	Geração de Energia Elétrica (kWh/ton)	Eficiência típica (E_e/E_t)
Incineração	+417	20%
Gás de Aterro	+66	3%
Plasma	-750	Neg.
Digestão Anaeróbica	+140	7%
Tec. INNOVA	+485	23%

CARACTERIZAÇÃO DO GÁS DE SINTESE

- Gás combustível sem contaminantes;
- A queima de gases limpos produz emissões limpas;
- Poder calorífico entre 48 e 63% do gás natural;
- Pode substituir outros combustíveis em caldeira ou energia elétrica em grupos geradores;
- Pode produzir energia elétrica em grupos geradores a gás.

Elemento	%Volume
H ₂	42.45%
CO	22.65%
CO ₂	8.45%
N ₂	6.83%
O ₂	1.36%
CH ₄	10.45%
C ₂ H ₆	2.40%
C ₃ H ₈	5.40%
C ₄ H ₁₀	0.01%

EMISSÕES

Sistema de Aquecimento do Reator		
mg/Nm ³	Emissões na chaminé	Limites Normativos CONAMA 316/2002
Particulado	0,89	70
HCl	0,000	80
HF	0,000	5
SO ₂	2,5	280
NO _x	370	560
CO	21,9	123
Metais Pesados	0,000	0,28
Hidrocarbonetos totais	<10	/
Dioxinas e Furanos (ng/Nm ³)	0,000	0,5

Grupos Geradores		
mg/Nm ³	Emissões no escape	Norma Alemã (TA Luft) ¹
NO _x	<500	1000
CO	<300	1000

^[1] Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft - TA Luft (30/07/2002)

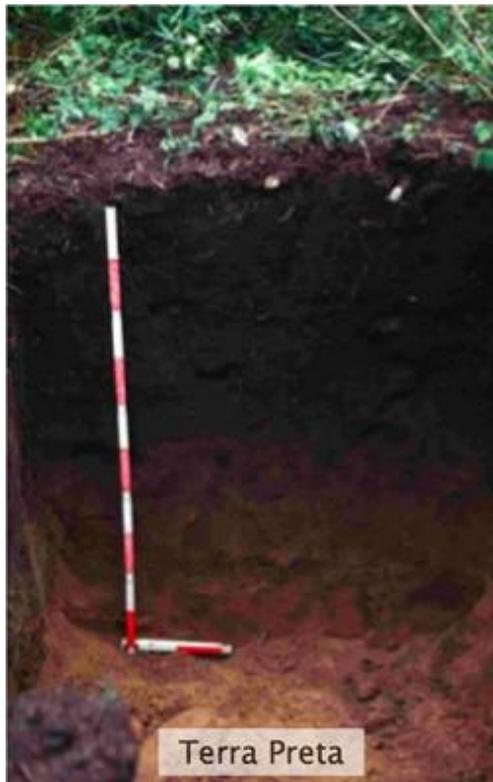
OUTROS ASPECTOS

- Sem necessidade de captação expressiva de água para operação (lavagem dos gases) e utilização de circuito fechado;
- Sem necessidade de combustíveis auxiliares (apenas na 1ª hora, onde pode ser utilizado Gas de Síntese armazenado ou GLP);
- Não produz geração de efluentes líquidos industriais, ao contrário pode ser utilizado para eliminar “lagoas” de chorume existentes em lixão;
- Baixos riscos operacionais e ambientais (emissão de gases, explosão, ruído, etc.), com determinação de distância segura para pessoas externas de 50m (Norma Técnica CETESB - P4.261: Manual de Orientação para a Elaboração de Estudos de Análise de Riscos, 2003)
- Rejeitos de sua operação: Materiais Inertes (vidros, metais, rochas) e “Carvão Inerte” (Biochar);

BIOCHAR

O biochar é um produto secundário da pirólise, que possui características similares às do carvão vegetal.

- Suas propriedades no solo foram identificadas na Amazônia, onde é conhecido como “Terra Preta de Índio”;



- O solo da Amazônia é conhecido por ser pouco fértil, no entanto, as áreas de terra preta estão entre as mais férteis do mundo.



BIOCHAR

Na literatura científica se encontra as seguintes vantagens da aplicação de biochar no solo:

- Sequestra carbono da atmosfera;
- Pesquisas da EMBRAPA com biochar na Amazônia obtiveram uma produção de arroz 2 vezes superior;
- Ajuda a minimizar o lixiviamento de fertilizantes;
- Aumenta a retenção de água no solo;
- Incorpora matéria orgânica;
- Promove o crescimento de microrganismos essenciais para a absorção de nutrientes, etc.



BIOCHAR

Na literatura científica se encontra as seguintes vantagens da aplicação de biochar no solo:

- Arroz: Pesquisas da EMBRAPA com biochar, na Amazônia, obtiveram uma produção de arroz 2 vezes superior a adubação tradicional;
- Milho: Aumento de 17% na produção de biomassa do milho com uso do biochar – de 28,7 t ha⁻¹ para 33,6t ha⁻¹. MAIA, Claudia Maria. Documentos - 200. Colombo: EMBRAPA Floresta, 2010.
- O volume 47, nº 5, 2012, Pesquisa Agropecuária Brasileira (PAB) é uma edição temática sobre biochar, organizado por pesquisadores da Embrapa Arroz e Feijão, Embrapa Florestas e Embrapa Solos. A publicação traz nove artigos originais, uma nota técnica e duas contribuições especiais, que foram apresentados na 3ª Conferência Internacional sobre Biocarvão (RJ, 2010).

RETORNO ECONÔMICO AO MUNICÍPIO

Considerando as condições do Projeto em Boa Esperança:

- A energia gerada na usina será utilizada para compensar o consumo da prefeitura (escolas, prédios públicos municipais, iluminação pública municipal, entre outras);
- Estimada em 7.896 MW/ano (8.760 MW/ano de energia gerada pela usina subtraído 72 MW/mês = 864 MW/ano de energia consumida para manter a usina em operação), o que equivale a uma compensação energética que pode gerar a um custo evitado para o município de até R\$ 3.194.699,88 por ano (Este valor foi estimado considerando-se o a tarifa atual do município de R\$ 0,40459725 por kW);
- Os créditos com a compensação de energia podem ser utilizados dentro de prazo de 2 anos (caso geração de energia elétrica seja superior ao consumo);
- Redução dos custos de destinação evitados para o município (considerando 47 ton/dia - R\$ 592.000,00 por ano) e tratamento de passivos dispostos e lixões irregulares;
- Retorno com comercialização de Biochar, estimados em R\$200,00 por tonelada (R\$360.000,00 por ano).

OBRIGADO!

Rodolfo Cardoso (rodolfo.cardoso@lei.uff.br)



Carlos Frederico de Oliveira Barros (barros@vm.uff.br)

