



DISCIPLINA

EQW 501- PROJETO FINAL

ESCOLA DE QUÍMICA

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO



EQ/UFRJ

**OBTENÇÃO, TRATAMENTO E DESTINAÇÃO
DE
DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂)
A PARTIR DAS
EMISSÕES GASOSAS DE INCINERADORES**

Fevereiro/2006

ALUNOS:

Felipe Affonso Dantas dos Santos

Pablo Figueiredo Schilling

Silvio Berredo de Carvalho

Wellington da Rocha Polido

Prof. Orientador: **ABRAHAM ZAKON**

Co-Orientador: Engo Quím. **RODRIGO MEDEIROS LIMA**

Introdução – o âmbito do problema

INCINERAÇÃO DE LIXO:

produz emissões gasosas, cinzas e escórias inorgânicas, após a combustão total dos seus componentes.

SUSTENTABILIDADE DA INCINERAÇÃO DE LIXO:

será crescente se precedida de catação e coleta seletiva.

DESAFIO AMBIENTAL:

**evitar a poluição atmosférica,
particularmente, a emissão de dioxinas e furanos.**

OBJETIVOS DO PRESENTE TRABALHO:

**Apresentar as etapas da
depuração de emissões gasosas de incineração,
incluindo a remoção de cinzas e outros poluentes,
para que o dióxido de carbono (CO₂) seja
captado, purificado e destinado
para fins de consumo industrial ou reflorestamento.**

Lixo

**É qualquer objeto sem valor ou utilidade,
ou detrito oriundo de trabalhos domésticos, industriais, etc,
que se joga fora.**

“Lixo” = “resíduos sólidos urbanos” = RSU´s*

= *dejetos, descartes, resíduos industriais, etc.*

**Terminologia adotada pela ABNT desde 1987.*

Componentes dos Resíduos Sólidos Urbanos

SÓLIDOS ORGÂNICOS

PLÁSTICOS + PAPÉIS + BORRACHAS + PANOS + COUROS + ALIMENTOS + ÓLEOS + GRAXAS

LÍQUIDOS EMBEBIDOS OU DISSOLVIDOS

ÁLCOOIS + QUEROSENE + GASOLINA + ÉTER + DETERGENTES + ÁGUA
SANITÁRIA + REMOVEDORES + SAPONÁCEOS

RESTOS ANIMAIS + RESTOS VEGETAIS

METÁLICOS

LATAS + TAMPAS + ARTEFATOS DIVERSOS

VIDROS

CLAROS E COLORIDOS

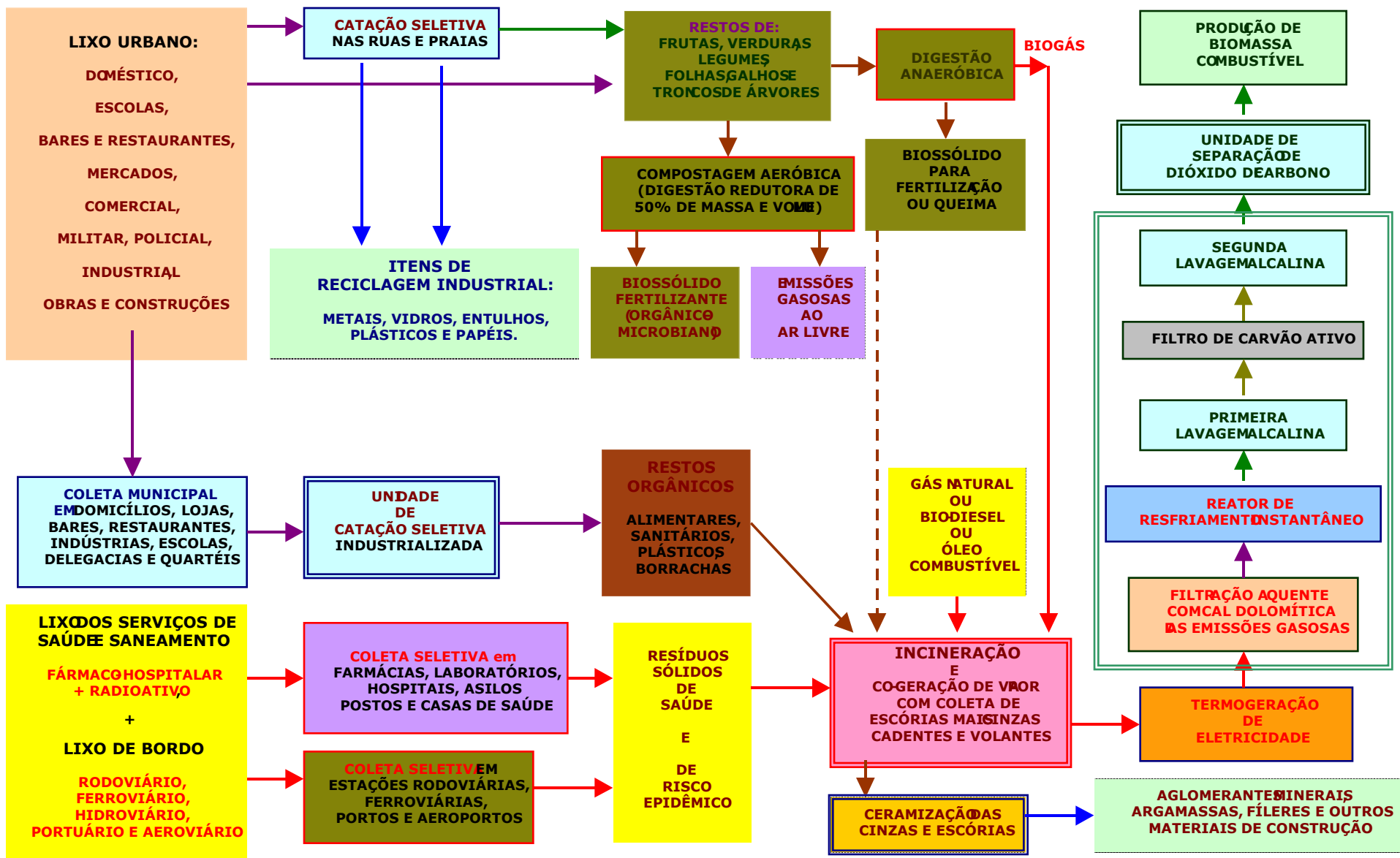
CERÂMICOS EM PÓ OU CONFORMADOS

ENTULHOS DE OBRAS

LAMAS DOS TEMPORAIS

LAMAS DE DRAGAGEM DE CANAIS E RIOS

Processo Integrado de Incineração de Resíduos Sólidos



Termodecomposição e termodestruição

DESTRUIÇÃO PARCIAL ou TERMOCONVERSÃO

Pirólise = decomposição na ausência de O₂ ou ar

Gasificação = decomposição com O₂ ou ar insuficiente

TERMODESTRUIÇÃO TOTAL

**Incineração = queima total com O₂ estequiométrico
ou com excesso de ar.**

PIRÓLISE
ou
CARBONIZAÇÃO, CARBONIFICAÇÃO OU COQUEIFICAÇÃO

- É o mesmo que **destilação seca de sólidos carbonosos**.
- Ocorre em temperaturas altas sem fornecimento de O_2
- Inclui uma etapa inicial de volatilização para liberar gases voláteis e líquidos vaporizáveis,
- Pode produzir coque (C sólido de alto teor de pureza).

PIRÓLISE ou CARBONIZAÇÃO, CARBONIFICAÇÃO OU COQUEIFICAÇÃO

**CARVÃO
ou
XISTO
ou
MADEIRA**



**RETORTA ou
Forno ou
Reator Pirolítico**

operando com
aquecimento lento
sem ar
(454 a 1300°C)



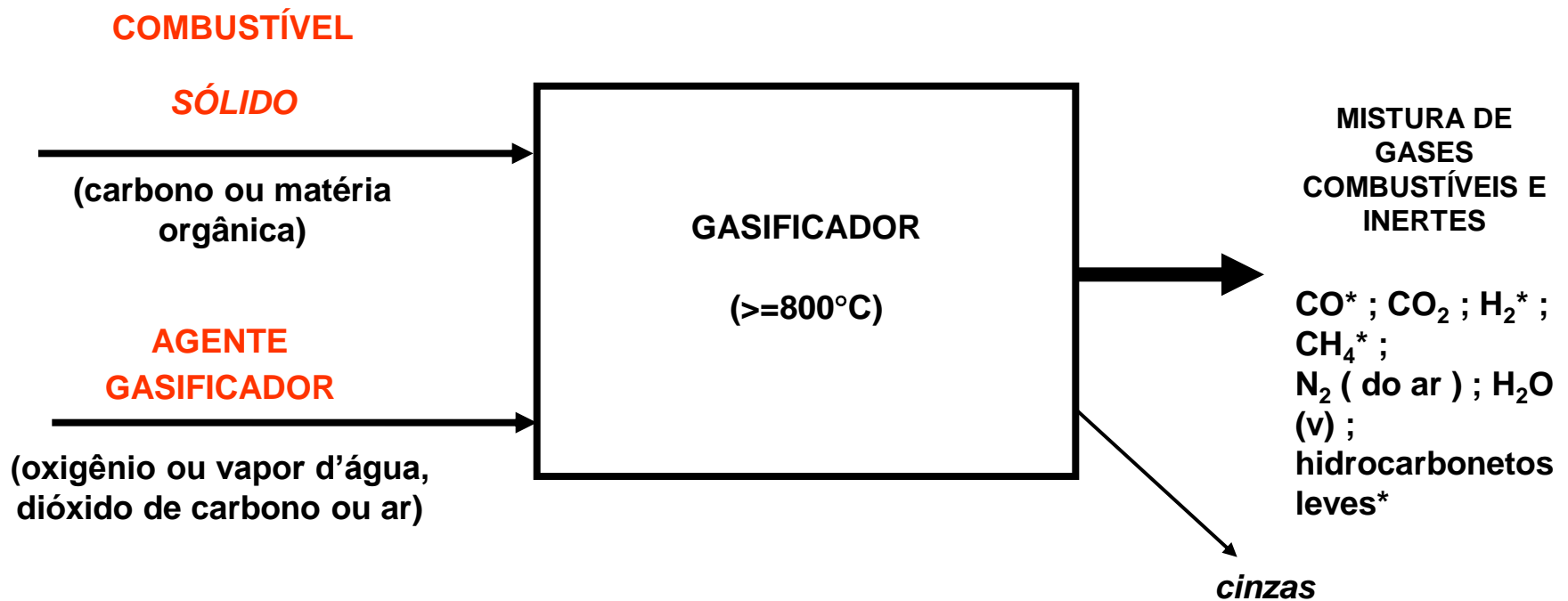
PRODUTOS:

SÓLIDOS: coque (rico em C)
e/ou cinzas

LÍQUIDOS: água, alcatrão,
óleo cru leve.

GASOSOS: H₂, CH₄,
CH₂=CH₂,
CO, CO₂,
H₂S, NH₃, N₂

GASIFICAÇÃO DE MATERIAIS NÃO-COQUEIFICÁVEIS



Nota: O calor necessário à gaseificação provém da combustão de parte do gás combustível gerado

* Cada composto assinalado é uma fração combustível gerada ou liberada

Incineração

O lixo é queimado em temperaturas elevadas (1.000°C, no mínimo), sendo convertido em gases inorgânicos (não-combustíveis) e cinzas.

Porquê incinerar?

✓ **O componente perigoso existente no resíduo pode ser destruído.**

✓ **Reduz-se o volume e o peso dos RSU´s a uma fração do valor original**

✓ **As emissões gasosas podem ser depuradas ou despoluídas.**

✓ **As cinzas podem ser recicladas em indústrias de materiais de construção ou, se forem perigosas, sofrer encapsulamento.**

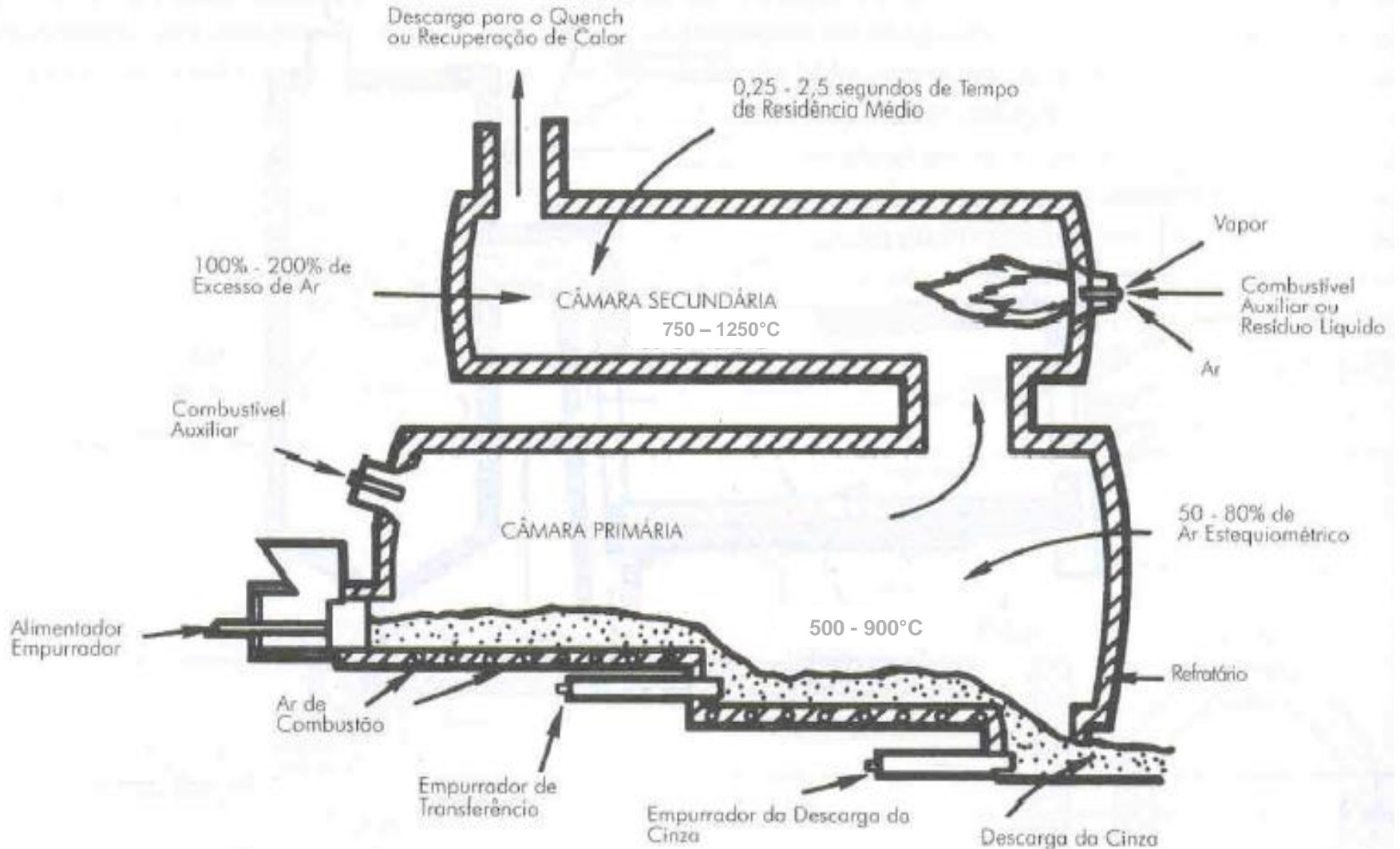
VOLUMES DOS PRODUTOS PRINCIPAIS:

CO₂, H₂O e cinzas

POLUENTES GASOSOS:

**NO_x, SO_x, CO,
compostos clorados (dioxinas e furanos),
metais pesados**

Incinerador de sólidos (câmara fixa)



Principais tipos de incineradores e respectivas aplicações

	Injeção Líquida	Forno rotativo	Câmara fixa	Leito fluidizado
Sólidos				
Granulares, homogêneo				
Irregular, bruto				
Baixo Ponto de Fusão				
Compostos orgânicos c/ constituintes de cinza fundíveis				
Material não preparado, volumoso, material a granel				
Gases				
Vapores orgânicos				
Líquidos				
Resíduos aquosos c/ alta carga de orgânicos				
Líquidos orgânicos				
Sólidos/ líquidos				
Resíduo contendo compostos aromáticos halogenados				
Lodo aquoso orgânico				

Um processo de incineração deve estar interconectado a um sistema de depuração de gases e tratamento com recirculação dos líquidos de processo.

Os gases efluentes de um incinerador carregam grandes quantidades de substâncias em concentrações superiores aos limites das emissões legalmente permitidas e necessitam de tratamento físico/químico para remover e neutralizar poluentes provenientes do processo térmico

Menezes, 2000

Tratamento das emissões gasosas dos incineradores

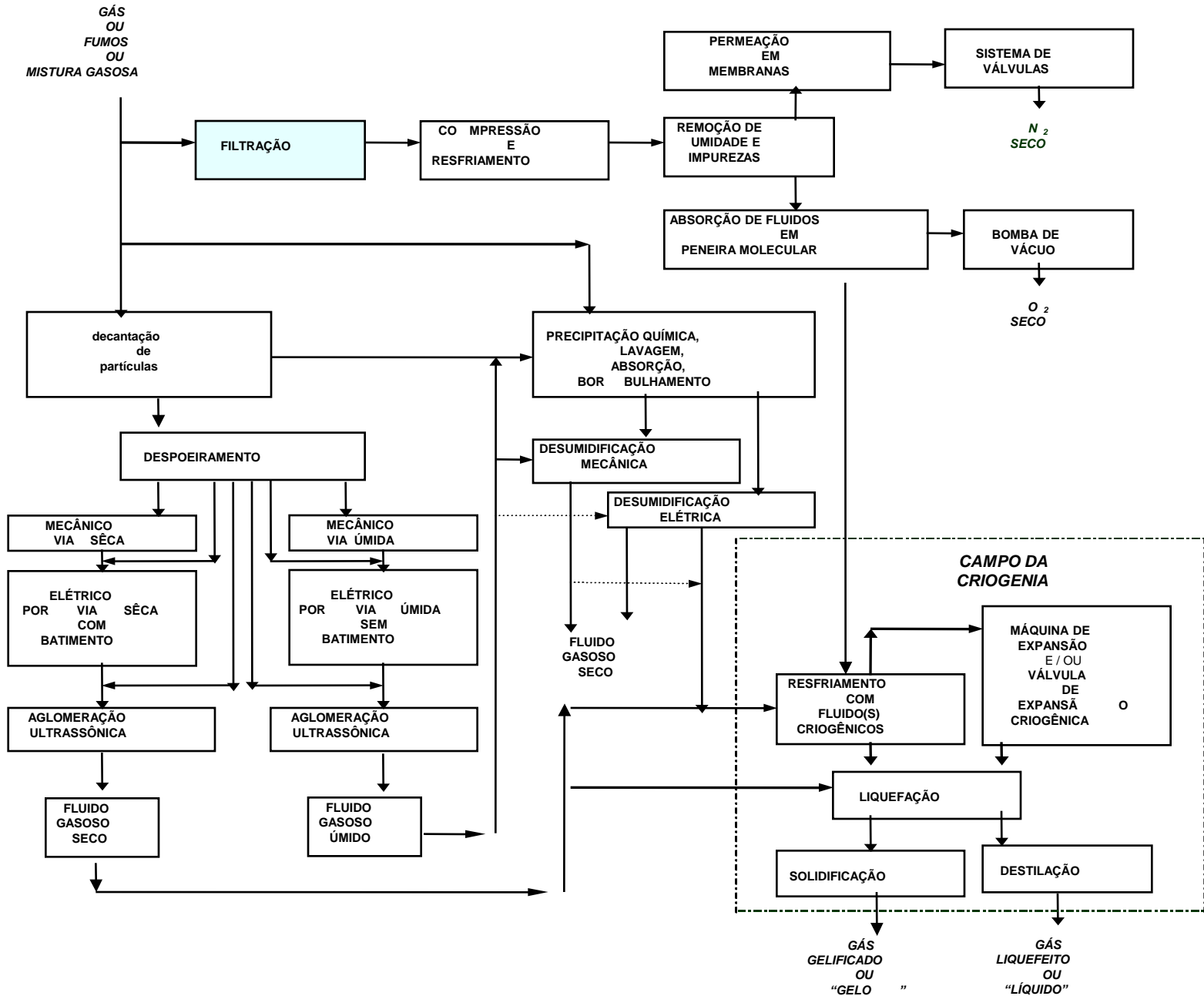
Objetivos:

✓ **Remover impurezas em gases e misturas;**

✓ **Comprimir, liquefazer ou gelificar um gás para comercializar**

✓ **Converter as impurezas sólidas e fluidas em sub-produtos e evitar perdas econômicas da sua emissão pela chaminé.**

Tratamento gerais para gases



As emissões poluentes e suas técnicas de tratamento

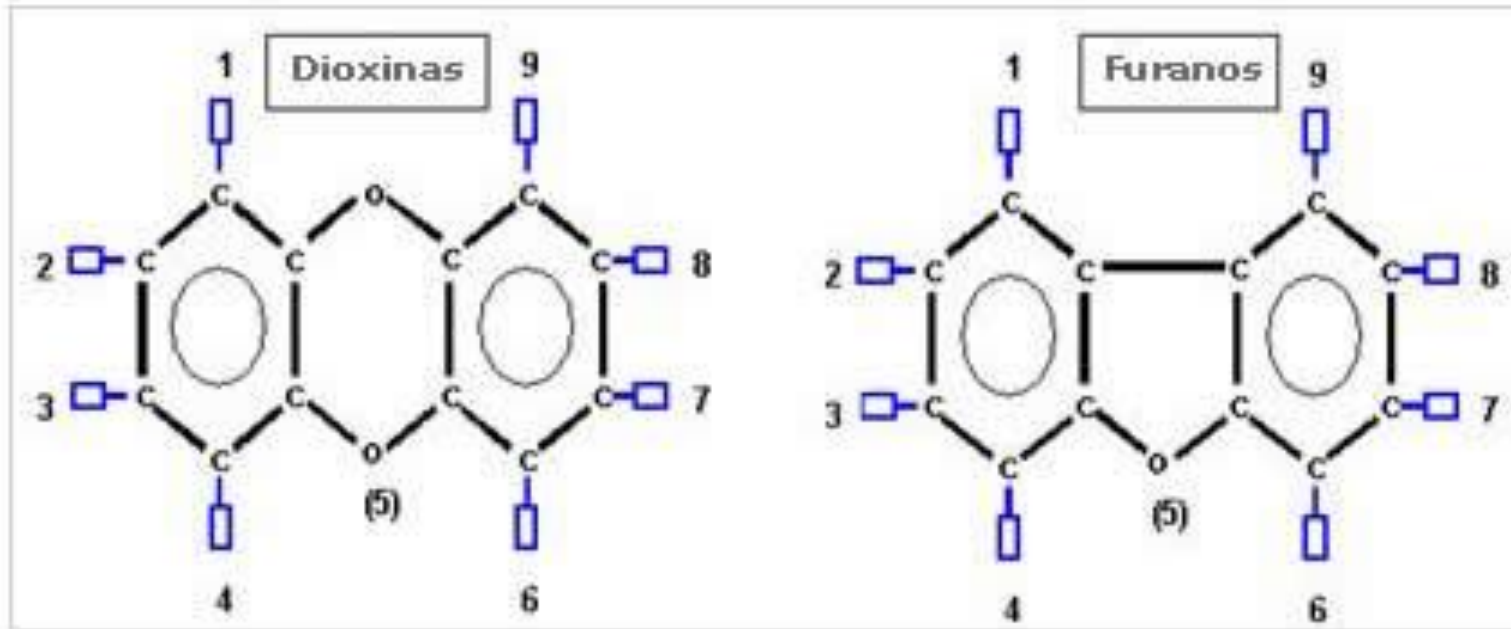
Técnicas de tratamento para:	Vapores Orgânicos	Vapores Inorgânicos	Material Particulado	SOX e NOX
Incineração	Gray	Yellow	Yellow	Yellow
Adsorção	Gray	Yellow	Yellow	Yellow
Condensação	Gray	Yellow	Yellow	Yellow
Absorção	Gray	Gray	Yellow	Yellow
Filtração em Mangas ("Baghouses")	Yellow	Yellow	Gray	Gray
Precipitação Eletrostática	Yellow	Yellow	Gray	Gray
Lavagem de Gases ("Wet Scrubbing")	Yellow	Gray	Gray	Gray
Modificações na combustão	Yellow	Yellow	Yellow	Gray
Redução Química	Yellow	Yellow	Yellow	Gray

A tecnologia da limpeza dos produtos gasosos dos processos termoquímicos de pirólise, gasificação e incineração constitui a questão-chave da sua utilidade e da segurança ambiental que oferece.

Waldheim, 2005

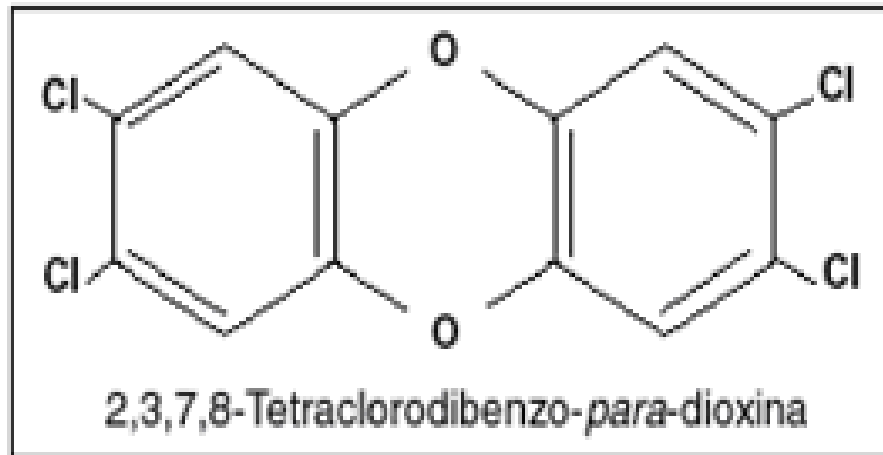
Dioxinas e Furanos

Formas moleculares das dioxinas e furanos



Dioxinas e Furanos

A dioxina mais tóxica é a Tetra-Cloro-Dibenzo-Dioxina (2,3,7,8-TCDD), com quatro átomos de cloro ligados nas posições 2, 3, 7 e 8.



Ocorrência e formação das dioxinas e furanos

Três possibilidades são viáveis:

1º - Os poluentes estão presentes nos RSU´s e no processo de incineração, mas por problemas operacionais, como temperaturas menores que 800°C, não são destruídos.

2º - São formados durante o processo de incineração devido à presença, em resíduos sólidos, de compostos que são precursores de dioxinas e furanos, tais como ascarel, PVC, etc.

3º - São formados a partir de reações entre compostos contendo cloro, carbono e oxigênio, favorecidas pela presença de alguns metais, e ocorrem no resfriamento entre 600°C e 200°C.

Formação e degradação das dioxinas e furanos

Os principais precursores são os cloretos.

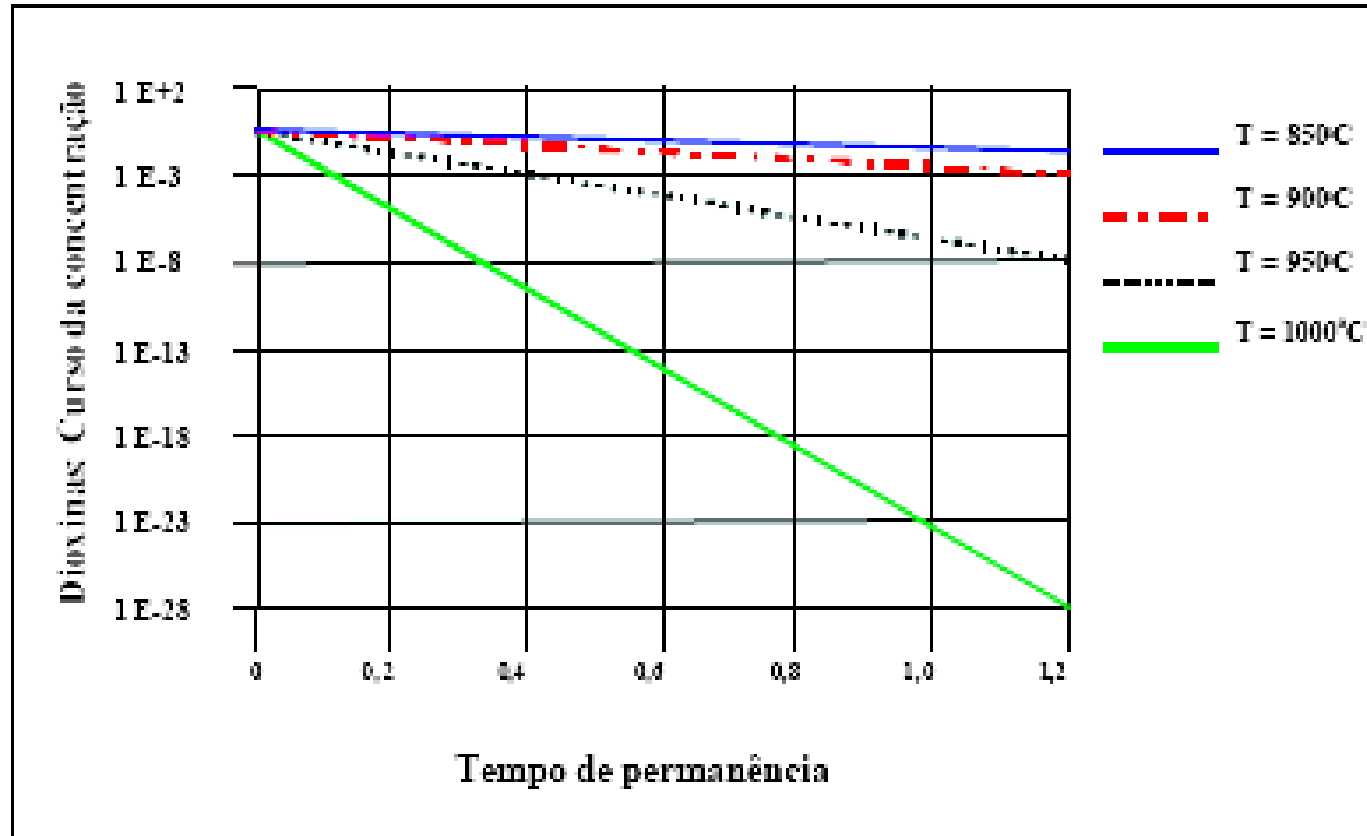
Também, admite-se que:

- a) a combustão incompleta da matéria orgânica forma fragmentos orgânicos que atuam como precursores;**

- b) a existência de cloro (liberado do resíduo durante a pirólise) e metais constitui um fator imprescindível para a formação das dioxinas e furanos.**

- c) o precursor orgânico adsorve na superfície metálica, e, seguindo uma seqüência complexa de reações, forma os componentes indesejáveis.**

Teor de dioxinas em função da temperatura e tempo da permanência



***O USO DE REATORES DE RESFRIAMENTO INSTANTÂNEO
PARA REMOVER DIOXINAS E FURANOS***

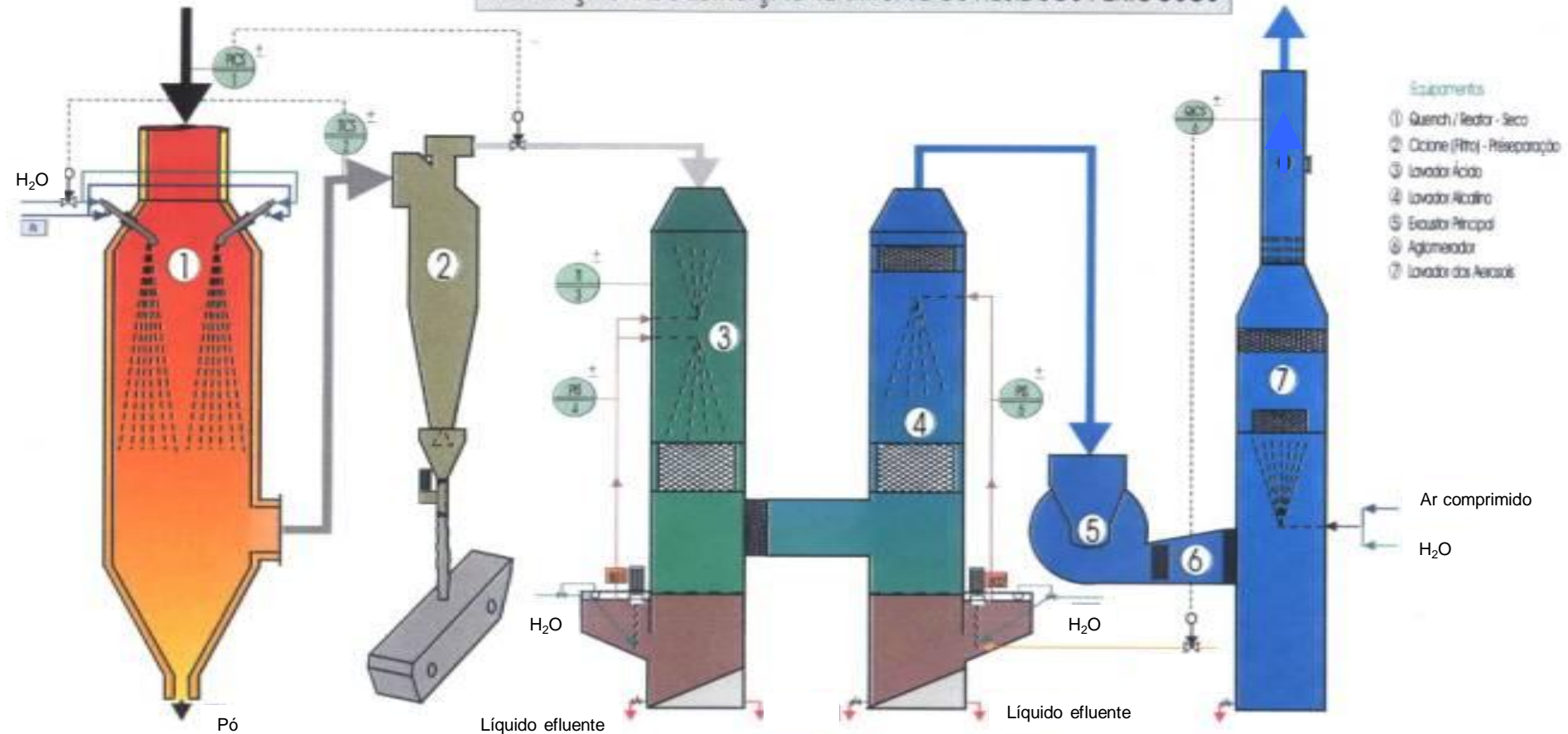
A despolição das emissões gasosas quentes dos incineradores com temperaturas entre 600 a 2000°C pode ser realizada se houver um resfriamento instantâneo até níveis entre 120 e 200° C.

A adição de reagentes químicos adequados possibilita minimizar a formação de compostos clorados tóxicos (dioxinas e furanos), na presença de metais pesados e de um catalisador acrescentado em pequenas quantidades.

RESFRIADORES INSTANTÂNEOS ESTEQUIOMÉTRICOS ("QUENCHERS")

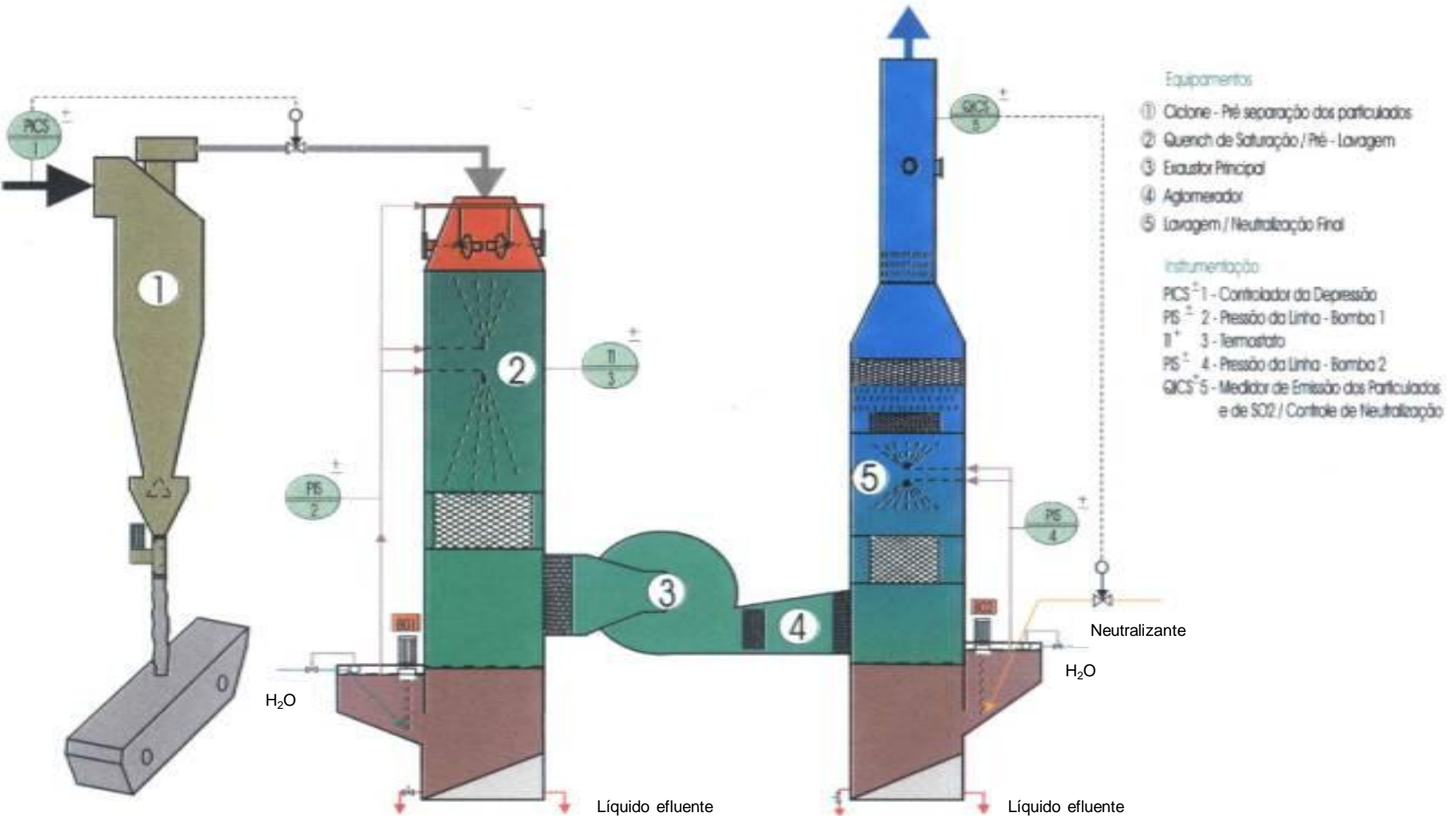
São classificados em secos e úmidos:

FLUXOGRAMA DE DESPOLUIÇÃO DOS GASES EFLUENTES DA INSTALAÇÃO DE DESTRUIÇÃO TÉRMICA DOS RESÍDUOS PERIGOSOS



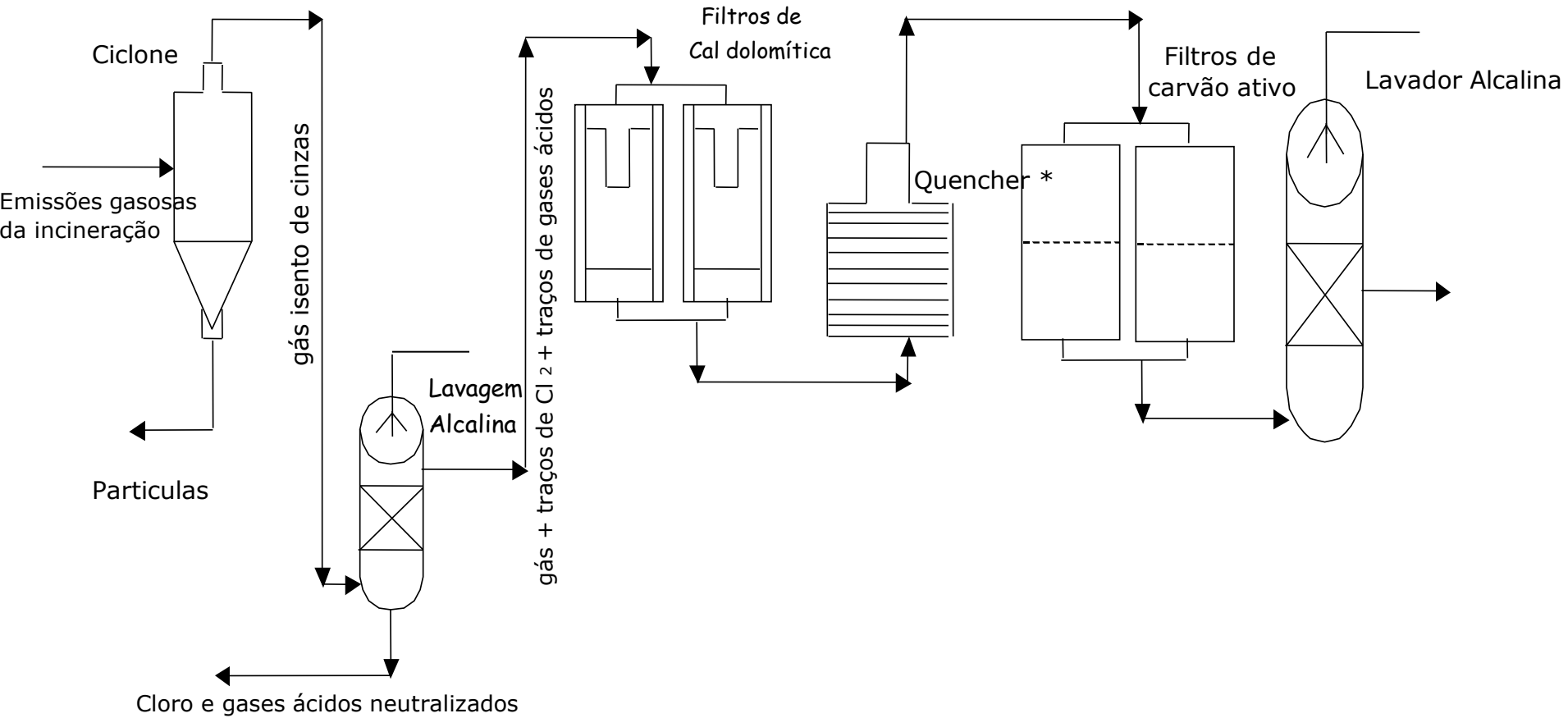
Fluxograma de despoluição dos gases efluentes

FLUXOGRAMA DE DESPOLUIÇÃO DOS GASES EFLUENTES



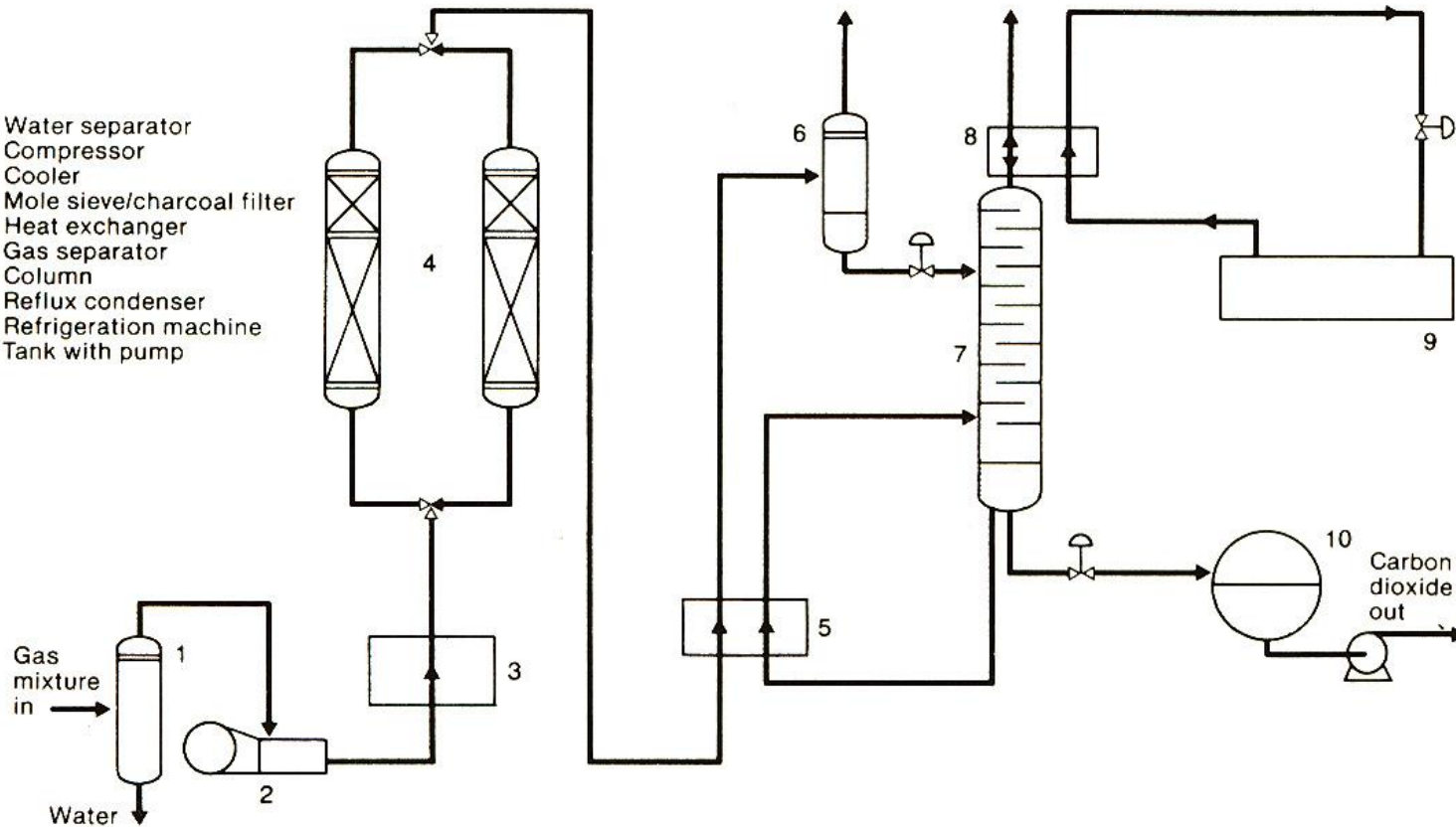
Tratamento das emissões gasosas dos incineradores

Tratamento proposto



Captação, remoção e destinação de CO₂

1. Water separator
2. Compressor
3. Cooler
4. Mole sieve/charcoal filter
5. Heat exchanger
6. Gas separator
7. Column
8. Reflux condenser
9. Refrigeration machine
10. Tank with pump



Conclusões (1)

**Constatou-se que
o grande obstáculo à adoção da incineração
como processo sustentável,
ainda reside na
indefinição ou ausência de informações tecnológicas
sobre a
depuração, limpeza e despoluição das suas emissões gasosas.**

**Uma incineração incompleta ou mal operada
pode tender a ser conduzida
como um processo de pirólise,
ou, então, de gasificação.**

Conclusões (2)

**Os equipamentos de processamento termoquímico
são praticamente os mesmos.**

**Envolvem câmaras e sistemas de combustão
(completa ou incompleta),
revestidos internamente de refratários.**

**São dotados de
sistemas de alimentação de resíduos ou descartes
e de saída de produtos
sólidos, líquidos (se for o caso) e gasosos.**

Conclusões (3)

A remoção de dioxinas e furanos representa a grande preocupação dos gestores públicos e ambientalistas mal informados.

No entanto, é uma questão superada para os Químicos Industriais e Engenheiros Químicos.

Existem várias empresas brasileiras disponibilizando equipamentos e processos tecnologicamente corretos para evitar a formação de dioxinas e furanos, e a emissão de gases ácidos ou nocivos para a atmosfera.

A literatura técnica revela a existência de uma variedade de processos de recuperação de CO₂ em altos teores, oriundos de processos fermentativos, particularmente, os de fabricação de cervejas, considerados como emissores de altos teores.

Foram apresentados dois fluxogramas de processo, complementares entre si, para recuperar dióxido de carbono com elevado grau de pureza, visando atender a diversos usos ou aplicações industriais.

O primeiro refere-se à depuração das emissões gasosas para remover cinzas volantes, gases ácidos, NO_x, umidade residual, dioxinas e furanos.

O segundo refere-se à captação do CO₂ para concentrá-lo.

**A captação de CO₂ para fins de reflorestamento
independe da sua liquefação após os processos de depuração
das emissões gasosas dos incineradores.**

**Isso significa que no caso de se adotar essa finalidade,
os custos operacionais podem diminuir,
e
a sustentabilidade da incineração lixo pode aumentar.**

The end..