

**ASPECTOS POSITIVOS DA TERMODESTRUÇÃO
DE
DESCARTES, DETRITOS, DESPEJOS E EMISSÕES
VIA
INCINERAÇÃO, COPROCESSAMENTO E CERAMIZAÇÃO**

ABRAHAM ZAKON

**Prof. Adjunto
Engº Químico, M.Sc., D. Eng.**

**Laboratório de Cimentos e Cerâmicos
Departamento de Processos Inorgânicos
Escola de Química - Centro de Tecnologia
Universidade Federal do Rio de Janeiro**

Porto Alegre - Dezembro de 2005

MÉTODOS DE DESTINAÇÃO PARA RESÍDUOS SÓLIDOS

(LIXOS, DESCARTES, DETRITOS E REJEITOS)

- ◆ **COLETA SELETIVA E RECICLAGEM PARA:
USO INDUSTRIAL
ATIVIDADES ARTÍSTICAS
APLICAÇÕES PAISAGÍSTICAS**
- ◆ **BIOTRATAMENTOS: COMPOSTAGEM E BIORREMEDIAÇÃO**
- ◆ **INCINERAÇÃO DE LIXOS AEROPORTUÁRIOS E HOSPITALARES**
- ◆ **COPROCESSAMENTO EM FÁBRICAS DE CIMENTO PORTLAND**
- ◆ **PROCESSOS DE PRODUÇÃO DE GÁS DO LIXO E DE LODO DE ESGOTOS**
- ◆ **VAZADOUROS, ATERROS CONTROLADOS E SANITÁRIOS**
- ◆ **ENCAPSULAMENTO**

O PRECONCEITO A SUPERAR:

- "A INCINERAÇÃO POLUI O MEIO AMBIENTE!"

QUESTÕES IMPORTANTES:

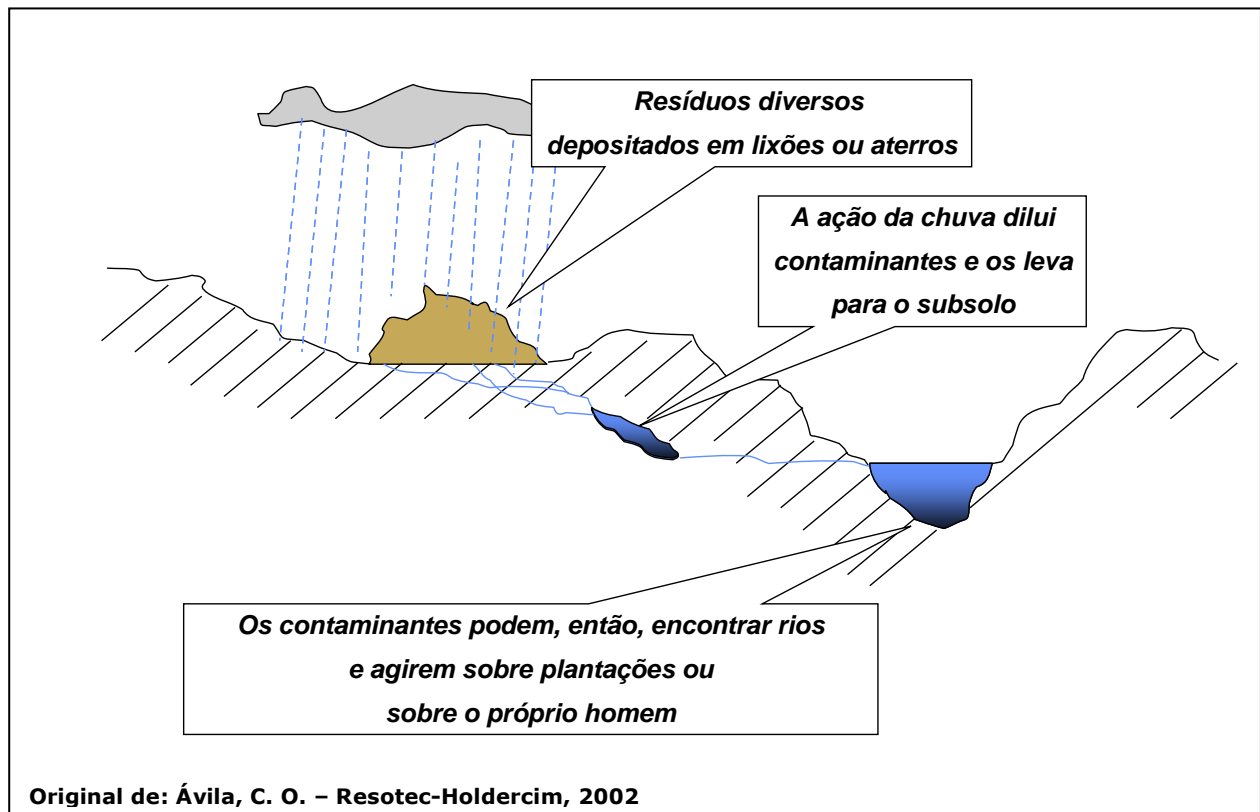
1º - OS PROBLEMAS COMUNITÁRIOS

- * POPULAÇÕES CARENTES TEM GRANDE CRESCIMENTO DEMOGRÁFICO E SOBREVIVEM EM LOCAIS SEM COLETA REGULAR DE LIXO.**
COSTUMAM USAR RIOS, CANAIS E LAGOAS COMO ESCOADOUROS DE LIXO.
- * ALGUNS MUNICÍPIOS BUSCAM ÁREAS PARA DEPOSITAR LIXOS. OUTROS CARECEM DE ESTRUTURAS PARA A DESTINAÇÃO CORRETA.**
- * LIXÕES E ATERROS SÃO PERIGOSOS OU VULNERÁVEIS.**

2º - AS SOLUÇÕES SEGURAS

- * CLASSIFICAR E MANIPULAR RESÍDUOS E DESCARTES COM BASE NAS QUÍMICAS, GEOCIÊNCIAS E BIOLOGIA.**
- * EMPREGAR A TERMODESTRUÇÃO, PARA TRATAR RESÍDUOS E DESCARTES DIVERSOS.**
- * A SEGURANÇA DAS ROTAS DE TERMODESTRUÇÃO É VIÁVEL. AMPARA-SE NOS RECURSOS DA ENGENHARIA QUÍMICA.**
- * RESÍDUOS INDUSTRIAIS E HOSPITALARES PERIGOSOS SÃO INCINERADOS COM SEGURANÇA EM FORNOS ESPECIAIS.**
OU SÃO COPROCESSADOS EM FORNOS PARA CIMENTOS PORTLAND, SEM POLUIR O AMBIENTE.
- * MASSAS CERÂMICAS PODEM RECEBER ALGUNS RESÍDUOS SÓLIDOS PARA TAMBÉM PERENIZAR AS CINZAS RESULTANTES DE SUA QUEIMA.**

MÉTODOS DE DESPEJO DE LIXOS E REJEITOS USADOS NO BRASIL



ATERROS SANITÁRIOS E CONTROLADOS

(IBAM, 2001)

Devem possuir:

**células para lixo domiciliar;
células de lixo hospitalar,
impermeabilização de fundo (obrigatória) e superior (opcional),
sistema de coleta e tratamento do chorume*,
sistema de coleta e queima (ou beneficiamento) do biogás*,
sistema de drenagem e afastamento das águas pluviais,
sistemas de monitoramento ambiental, topográfico e geotécnico.**

* não necessários nos aterros controlados.

ATERROS INDUSTRIAIS

(IBAM, 2001)

**Classe I – recebem resíduos industriais perigosos;
Classe II – recebem os resíduos não-inertes;
Classe III - recebem somente resíduos “inertes”.**

As geociências revelam a existência dos seguintes fenômenos: alterações geoquímicas e hidrotérmicas, diagênese e intemperismo, e movimentações do solo terrestre, que podem favorecer a ocorrência de contaminações do subsolo.

ATERROS INDUSTRIAIS

(IBAM, 2001)

Classe I – recebem resíduos industriais perigosos;

Classe II – recebem os resíduos não-inertes;

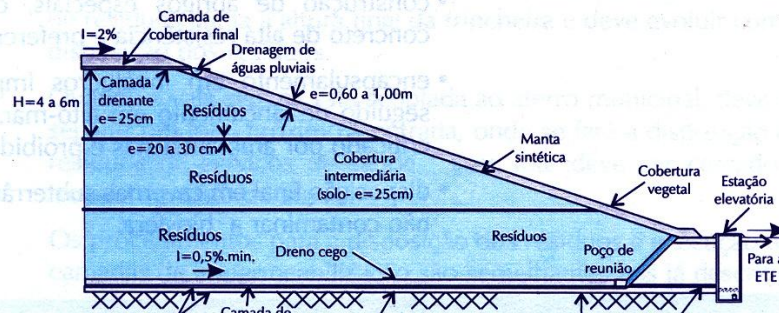
Classe III - recebem somente resíduos “inertes”.

13. Disposição Final de Resíduos Sólidos

ATERROS CLASSE I

As condições de impermeabilização dos aterros Classe I são mais severas que as da classe anterior. A distância mínima do lençol d'água é de três metros e as seguintes camadas são obrigatórias:

- dupla camada de impermeabilização inferior com manta sintética ou camada de argila ($e > 80\text{cm}$; $k < 10^{-7}\text{cm/s}$);
- camada de detecção de vazamento entre as camadas de impermeabilização inferior;
- camada de impermeabilização superior;
- camada drenante acima da camada de impermeabilização superior ($e = 25\text{cm}$).



ATERROS CLASSE II

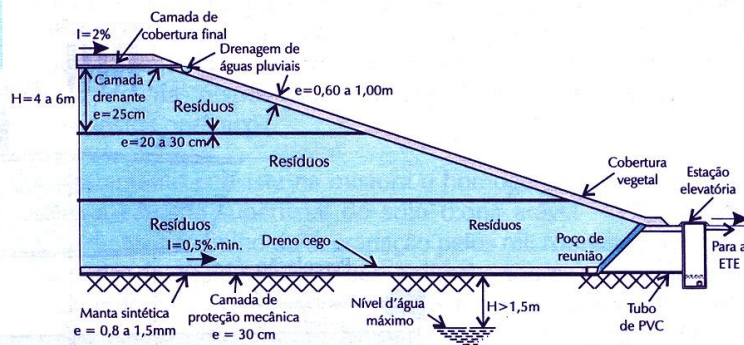


Figura 49 – Aterro Classe II - corte típico

O aterro Classe II é como um aterro sanitário para lixo domiciliar mas, normalmente, sem o sistema de drenagem de gases.

OBJETIVOS DA TERMODESTRUÇÃO SUSTENTÁVEL

**PRESERVAR O AMBIENTE,
LUCRAR**



**DESPOLUIR,
PROTEGER**

**REDESTINAR,
RECICLAR**

ASPECTOS QUÍMICOS DO TERMOPROCESSAMENTO DOS RSU´s

1. A COMPOSIÇÃO GENÉRICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

**RSU´s = Σ (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)**

OU RESUMIDAMENTE:

**RSU´s = Σ (COMBUSTÍVEIS E/OU PIROLISÁVEIS +
SOLUÇÕES ÁCIDAS E BÁSICAS +
PRODUTOS METÁLICOS _+
PRODUTOS VÍTREOS +
PRODUTOS CERÂMICOS +
ENTULHOS DE OBRAS +
LAMAS DE ENXURRADAS +
LAMAS DE DRAGAGEM DE CANAIS E RIOS)**

2. INCINERAÇÃO

(Hitchcock, 1979)

2.1. OBJETIVO

Emprega a decomposição térmica via oxidação para

**Converter um rejeito num material menos volumoso,
atóxico ou inócuo.**

Em termos de volume, seus principais produtos são:

CO₂, H₂O e cinzas.

Em termos de efeitos ambientais, os produtos preocupantes são:

**os compostos contendo S, N, F, Cl, Br, I
e (alguns) metais pesados (Hg, As, Se, Pb, Cd)**

O CO₂ e as cinzas são passíveis de aproveitamento industrial.

2.2. VARIÁVEIS ATUANTES NA OXIDAÇÃO COMPLETA DOS REJEITOS

**Combustibilidade dos RSU'S,
Tempo de residência,
Temperatura de chama,
Turbulência na zona de reação.**

2.3. APLICABILIDADE CLÁSSICA DA INCINERAÇÃO DE REJEITOS

**Em geral, apenas os rejeitos orgânicos são candidatos,
embora alguns inorgânicos podem ser térmicamente degradados.**

**alcatrões, borras de petróleo e rejeitos intermediários plásticos,
lixos de bordo de aviões (aeroportuários) e descartes hospitalares são
exemplos clássicos de materiais incinerados.**

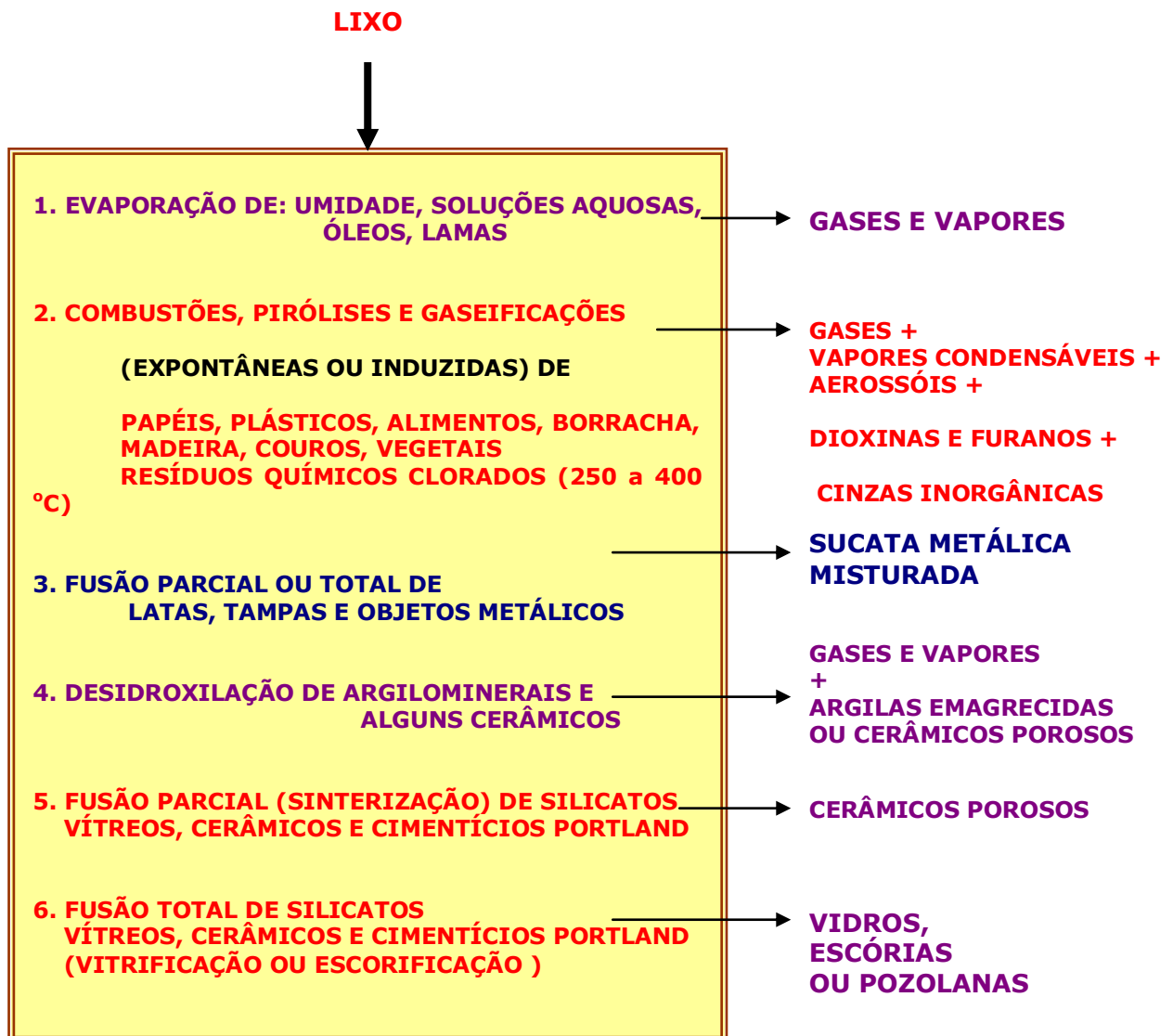
3. ASPECTOS TERMOQUÍMICOS DO TERMOPROCESSAMENTO DE RSU´s

3.1 - BALANÇO GENÉRICO

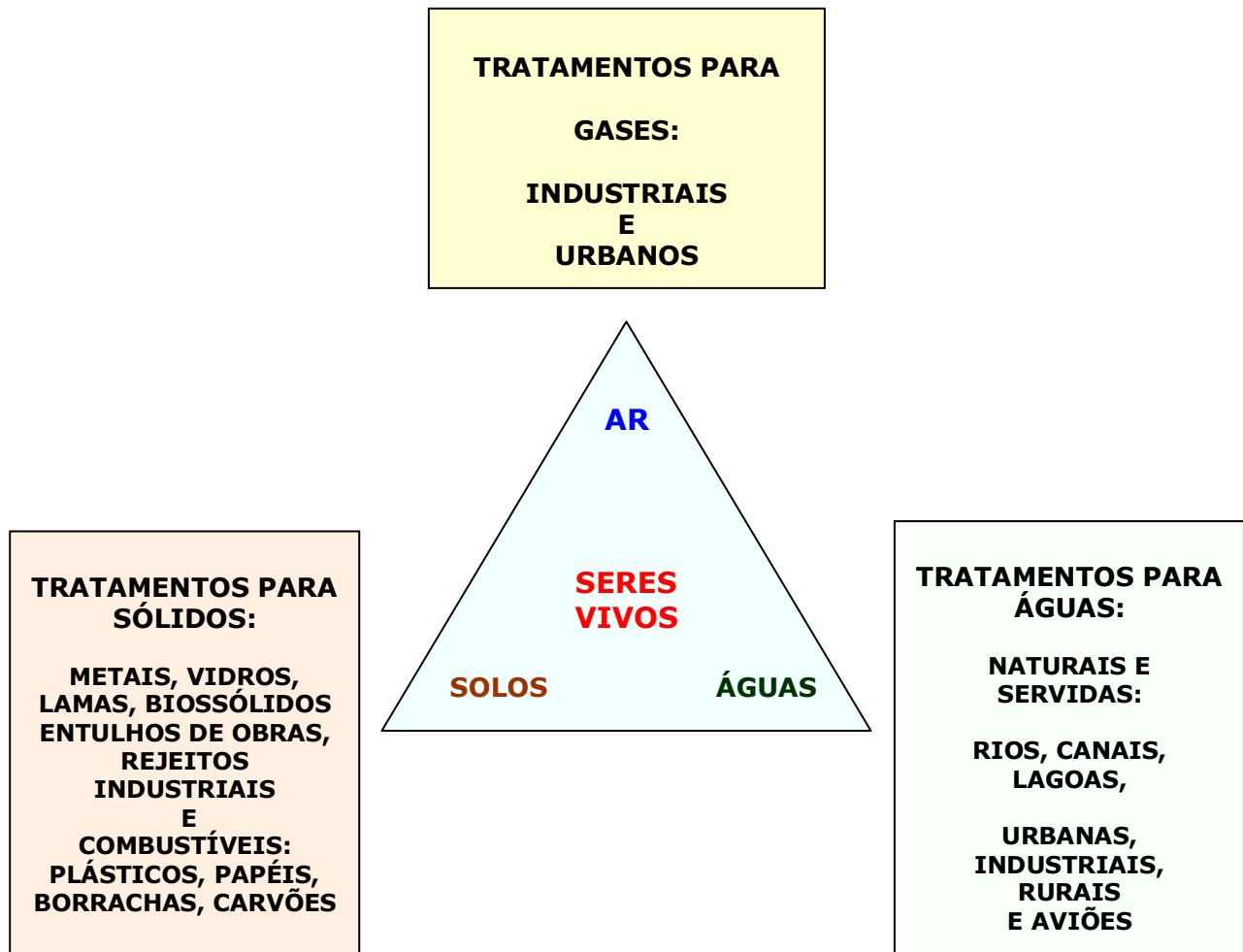


INCINERAÇÃO NORMAL : OPERA COM 40 A 100% DE EXCESSO DE AR.

3.2 – FENÔMENOS TERMOQUÍMICOS GENÉRICOS NUM INCINERADOR DE RSU´s

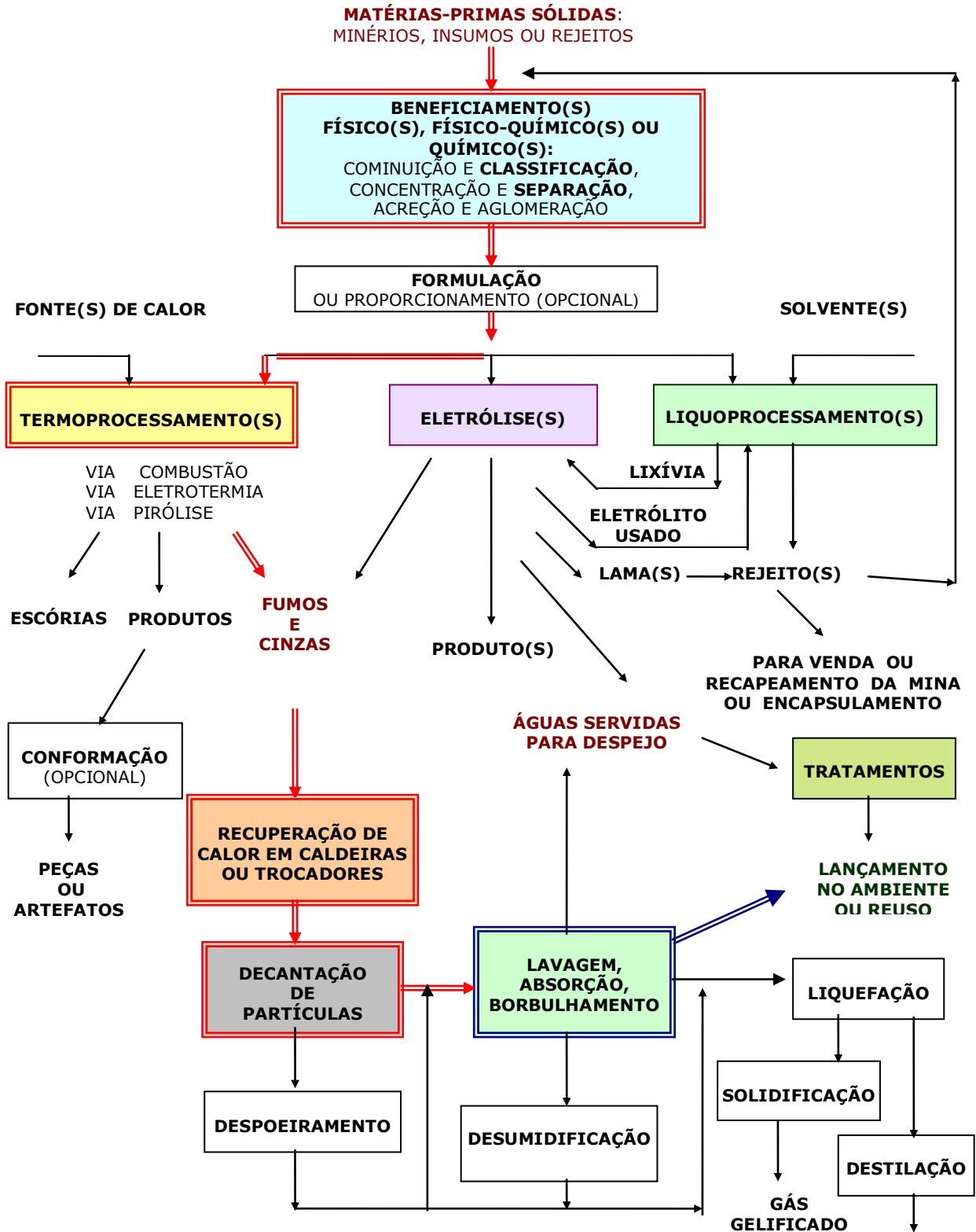


A DESPOLUIÇÃO SOB A ÓTICA DA ENGENHARIA DE PROCESSOS INORGÂNICOS





TRATAMENTOS GERAIS DE SÓLIDOS INTEGRADOS AOS DE LÍQUIDOS, LIXÍVIAS, FUMOS E GASES PARA FINS INDUSTRIAIS E AMBIENTAIS



VARIEDADES E VERSATILIDADES OPERACIONAIS DOS PROCESSOS DE TERMODESTRUÇÃO

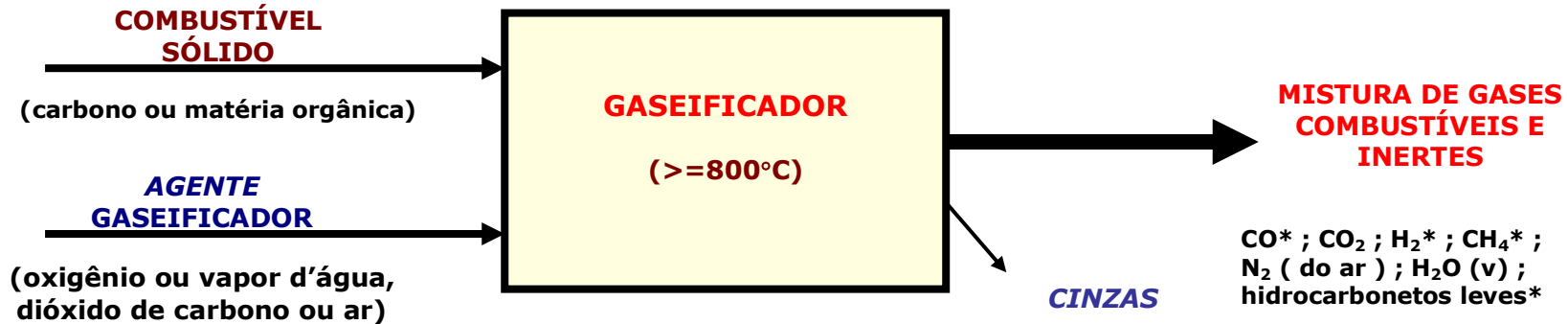
(Hitchcock, 1979)

EQUIPAMENTO ou PROCESSO	TEMPERATURA, (°C)	TEMPO DE RESIDÊNCIA
FORNO A SOLEIRA MÚLTIPLA	secagem: 300 a 540 incineração: 760 a 1000	15 min a 1,5 h
INCINERADOR DE LEITO FLUIDIZADO	760 a 1000	Fluidos: segundos Sólidos: mais tempo
INCINERADOR DE INJEÇÃO DE DESPEJOS LÍQUIDOS	650 a 1650	0,1 a 2 s
TOCHA ou FLARE ou CHAMINÉ DE CHAMA DIRETA	540 a 850	0,3 a 0,5 s
INCINERADOR CATALÍTICO	300 a 540 (máximo 900)	1 s
FORNO ROTATÓRIO	800 a 1650	Fluidos: segundos Sólidos: horas
REATOR DE OXIDAÇÃO EM AR ÚMIDO ou SEMI-AUTOCLAVE	150 a 300 (1500 psig)	10 a 30 min
INCINERADOR DE BANHO EM SAL FUNDIDO	800 a 1000	0,75 s
FORNO OU RETORTA DE CÂMARAS MÚLTIPLAS	800 a 1000	Gases – segundos Sólidos - minutos
PIRÓLISE	500 a 850	12 a 15 min

**OS FORNOS
 A SOLEIRA MÚLTIPLA E DE LEITO FLUIDIZADO
 E OS
 INCINERADORES DE DESPEJOS LÍQUIDOS
 PODEM SER OPERADOS
 NOS REGIMES DE
 INCINERAÇÃO NORMAL
 E
 GASIFICAÇÃO.**

PROCESSOS TÉRMOQUÍMICOS DE DESTRUIÇÃO OU MODIFICAÇÃO DE COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS E MATERIAIS SINTÉTICOS

(A) GASEIFICAÇÃO DE MATERIAIS NÃO-COQUEIFICÁVEIS



Notas: O calor necessário à gaseificação provém da combustão de parte do gás combustível gerado
* Cada composto assinalado é uma fração combustível gerada ou liberada

(B) PIRÓLISE OU DESTILAÇÃO DESTRUTIVA DE CARVÃO E SIMILARES (INCLUSIVE INCINERAÇÃO DE LIXOS)



EMISSIONES ATMOSFÉRICAS GERADAS EM COMPOSTAGEM, ATERROS SANITÁRIOS E NA INCINERAÇÃO

(adaptado de Assunção, 2000)

- 1. A incineração é aparentemente o tratamento mais poluidor.**
- 2. As usinas de compostagem podem emitir odores desagradáveis, se o revolvimento das leiras for inadequado.**
- 3. Os lixões e aterros sanitários emitem:**

CH₄ da anaerobiose metanogênica e CO₂ oriundo da digestão aeróbia ou anaeróbia não-metanogênica, e outros gases orgânicos não-metânicos mais tóxicos.
- 4. Nas queimas espontâneas, as emissões gasosas dos lixões e aterros podem formar CO, NO_x, SO₂, Cl₂ e fumaça.**
- 5. O CH₄ e o CO₂ atuam na formação do efeito estufa.**
- 6. O CH₄ absorve a radiação infravermelha 11 vezes mais que o CO₂ e sua queima deve ser usada, ao menos, em co-geração de energia.**
- 7. As emissões gasosas do incinerador podem ser depuradas.**

DIOXINAS E FURANOS

(Assunção, 2000)

- * São poluentes altamente tóxicos**
- * São sub-produtos de processos envolvendo o cloro, como:**

fabricação de pesticidas, branqueamento de papel e celulose, incêndios, incineração de resíduos hospitalares, lixo e resíduos industriais, combustão em veículos automotores;
- * São formados entre 250 e 400 °C na combustão de resíduos químicos, tornando necessário a passagem muito rápida das emissões de incineradores nesse intervalo, para evitar sua formação.**

POTENCIAL POLUIDOR SOBRE O AR ATMOSFÉRICO

- * **OS COMPONENTES RESIDUAIS LANÇADOS EM LIXÕES E ATERROS CONTROLADOS E SANITÁRIOS PODEM SOFRER OXIDAÇÃO OU COMBUSTÃO ESPONTÂNEA (INVISÍVEL) E POLUIR O AR .**

**SERÁ POSSÍVEL CONTROLAR QUEIMAS NO SEIO DOS LIXÕES E ATERROS?
E SE HOVER UM PERIODO DE SECA PROLONGADA?**

- ** **SE NÃO OCORRER O REVOLVIMENTO DAS LEIRAS AS USINAS DE COMPOSTAGEM PODEM LIBERAR ODOR DESAGRADÁVEL.**

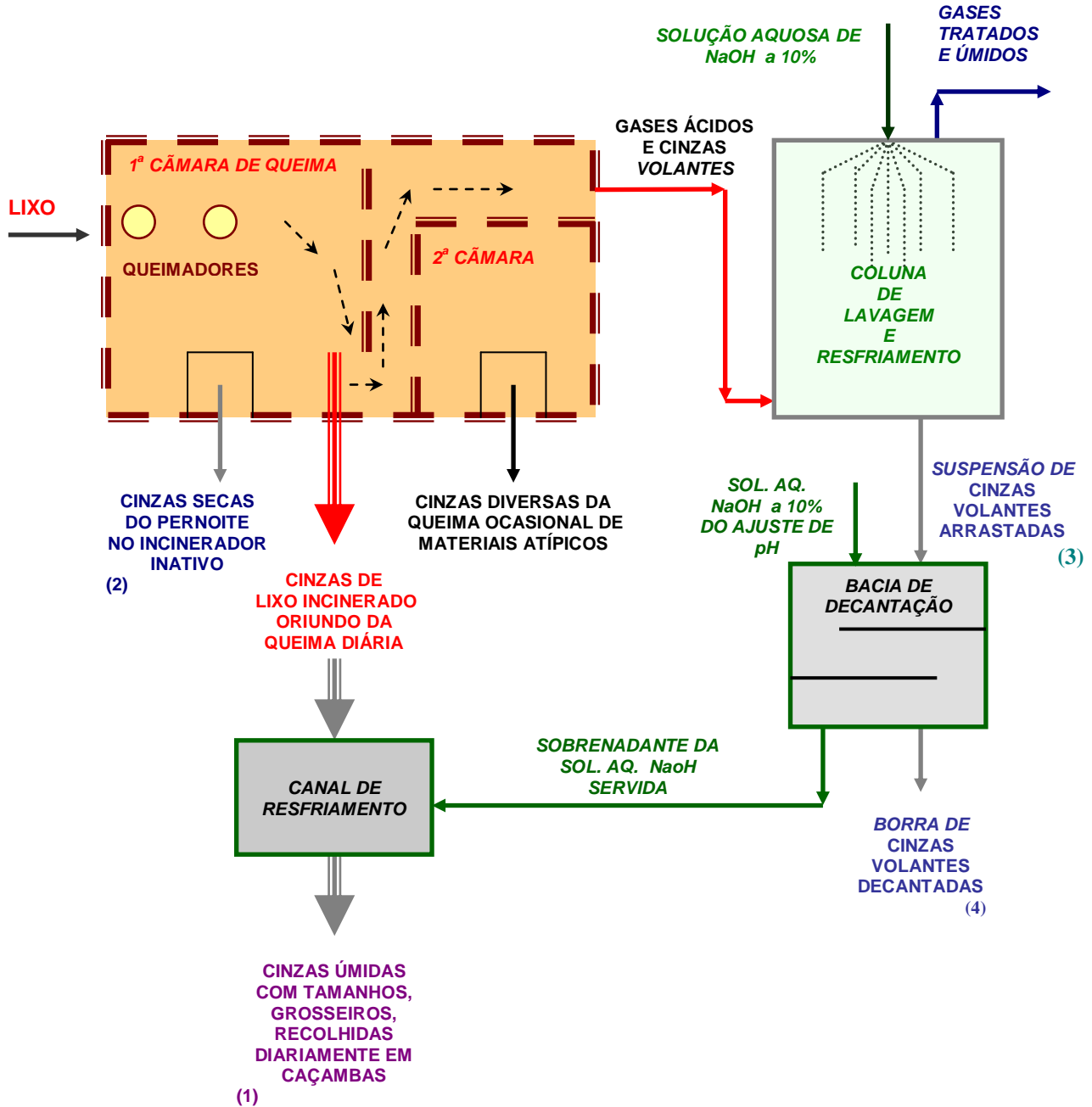
**E SE HOVER GREVE DE FUNCIONÁRIOS?
E SE OCORRER ALGUMA EPIDEMIA VINCULADA AO TRANSPORTE DE LIXO?**

VANTAGENS DA INCINERAÇÃO INDUSTRIALIZADA OU EMPREGO DE FORNOS ADEQUADOS

- * **A QUEIMA É CONTROLADA.**
- * **ELIMINA PATOGENICIDADE E MATÉRIAS ORGÂNICAS TÓXICAS.**
- * **REDUZ VOLUME EM ~ 90%.**
- * **REDUZ PESO EM 75% OU MAIS.**
- * **PRODUZ CINZAS, QUE PODEM SER RECICLADAS;**
- * **OS GASES SÃO DESEMPOEIRADOS E TRATADOS QUIMICAMENTE.**

**A INCINERAÇÃO É OBRIGATÓRIA PARA
O LIXO DE BORDO DAS AERONAVES INTERNACIONAIS.**

A OBTENÇÃO DE CINZAS DA INCINERAÇÃO DE LIXO AEROPORTUÁRIO



FREQUÊNCIA DE COLETA DE CINZAS:

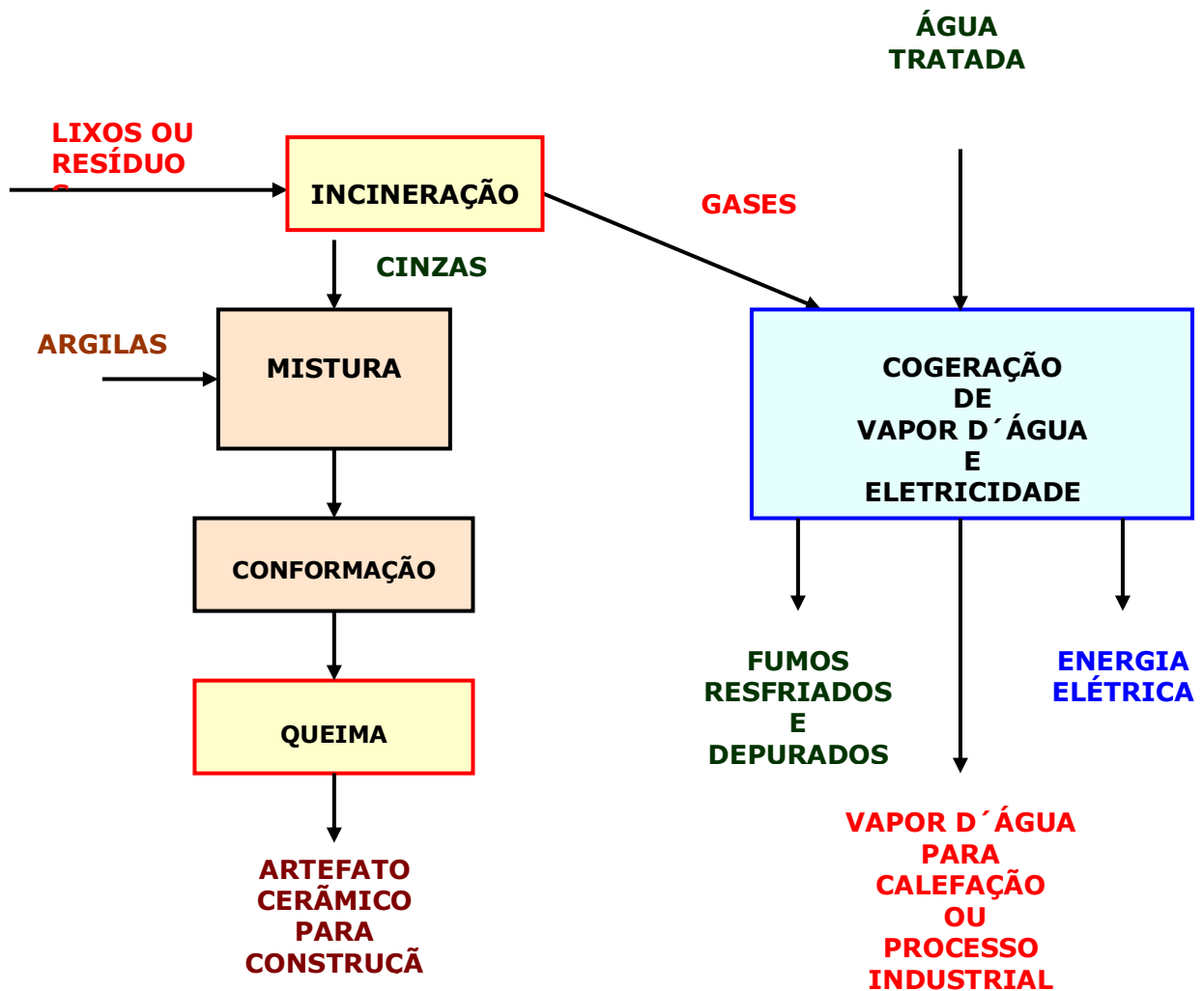
- (1) – DIARIAMENTE;
- (2) - MATINAL, ANTES DA OPERAÇÃO DIÁRIA DO FORNO;
- (3) - DIARIAMENTE, APÓS ARRASTE NA COLUNA (opcional).
- (4) - SEMANALMENTE, APÓS LIXIVIAÇÃO PROLONGADA;

CERAMIZAÇÃO:

APROVEITAMENTO DAS CINZAS DE INCINERAÇÃO DE LIXO

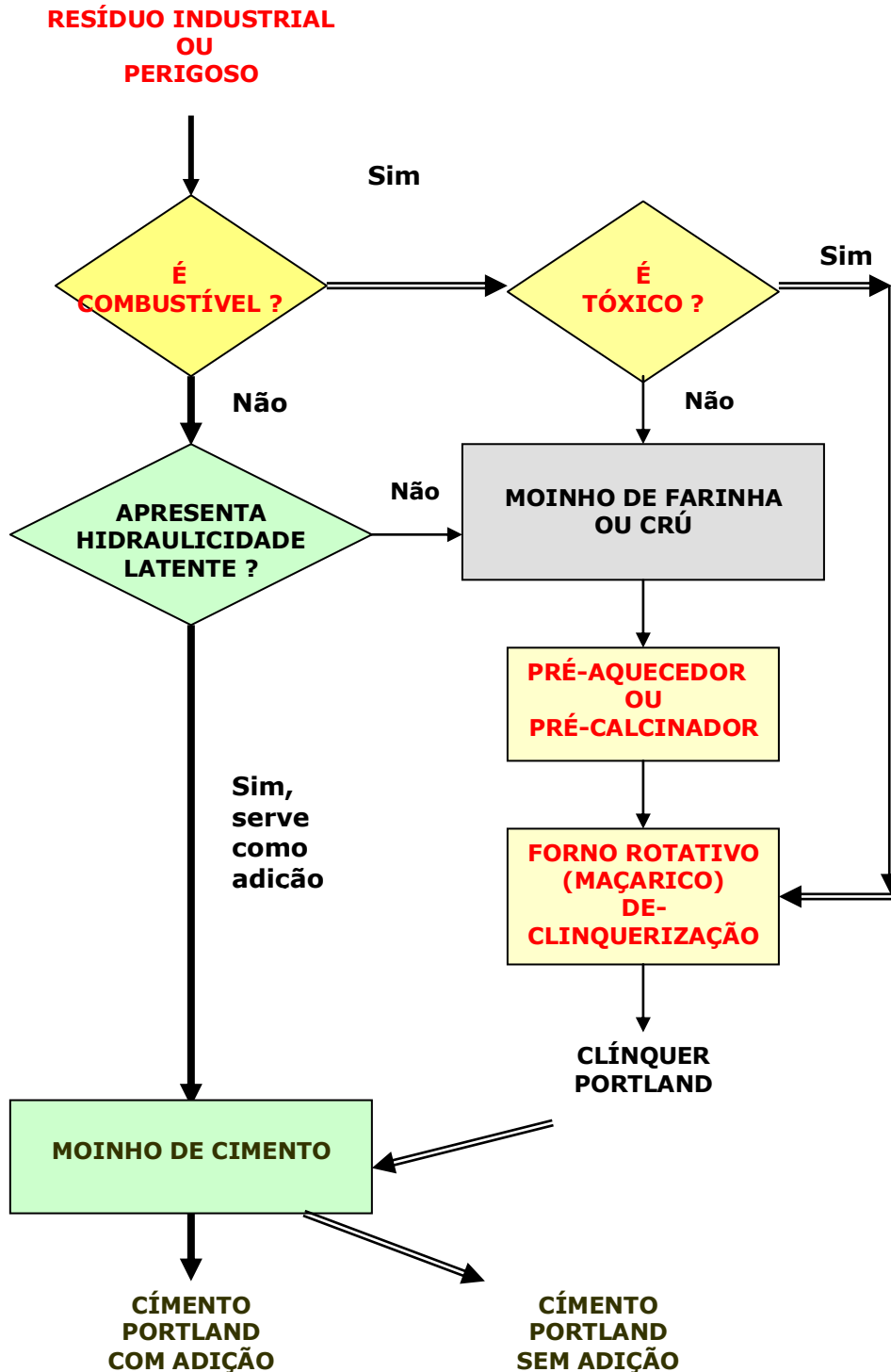
EM

PROCESSOS CERÂMICOS



CONSUMO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS NUMA FÁBRICA DE CIMENTO PORTLAND

(adaptado de Kihara, 1999)



**RESULTADOS DAS PESQUISAS INICIAIS SOBRE
INCINERAÇÃO DE LIXOS
DESENVOLVIDAS NO
LABORATÓRIO DE CIMENTOS E CERÂMICOS
DO DEPARTAMENTO DE PROCESSOS INORGÂNICOS DA
ESCOLA DE QUÍMICA DA UFRJ**

**1º - OBTENÇÃO DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CERÂMICOS
A PARTIR DAS CINZAS DE INCINERAÇÃO DE LIXOS.**



A - Cinzas originais obtidas após queima do lixo de aeronaves a 900 °C na Usina de Incineração do Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro e classificadas na peneira ABNT nº 10 .

B - Cinzas originais moídas até passarem na peneira ABNT nº 325.

C - Grãos moídos e peneirados até 0,044 mm, requeimados a 1.100°C durante 1 min.

D e E - Pastilhas sinterizadas frágil (D) e dura (E) obtidas na requeima de cinzas a 1.100°C durante, respectivamente, 30 e 60 minutos.

F – Pastilha aderida ao cadinho, indicando a possibilidade de revestir peças cerâmicas.

2º - CONCEPÇÃO DE UM INCINERADOR CALORIMÉTRICO COMPOSTO

PARA USO EM PESQUISA LABORATORIAL NA ESCALA PILOTO, OU PARA DEMANDAS DE PEQUENO PORTE

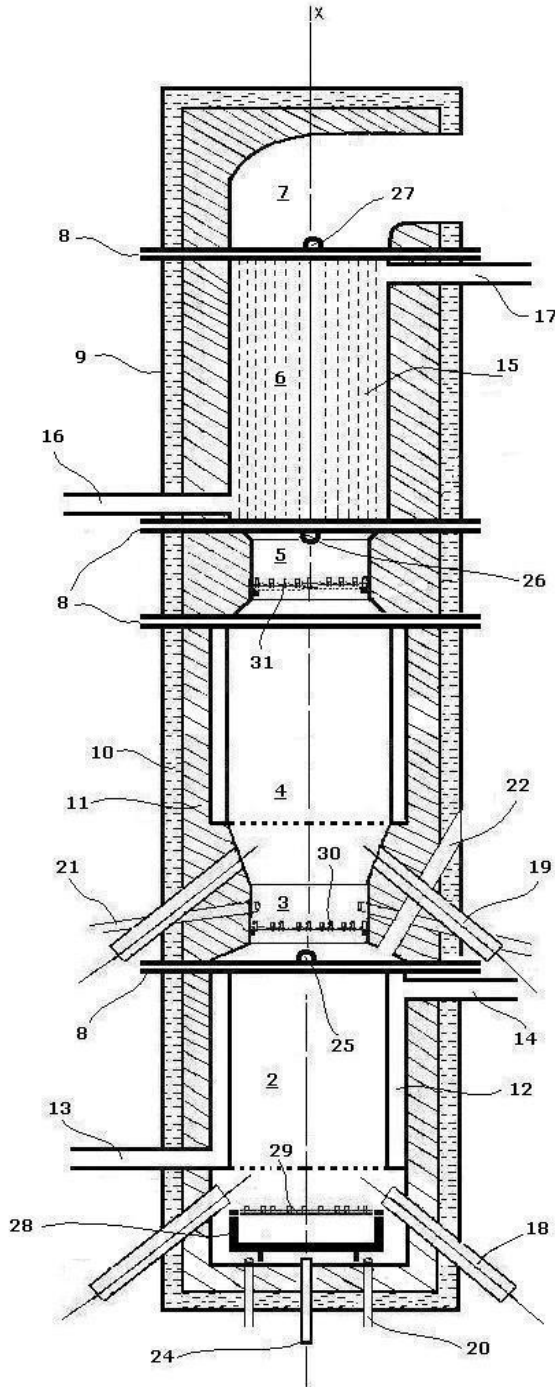
NOMENCLATURA

PARTES PRINCIPAIS:

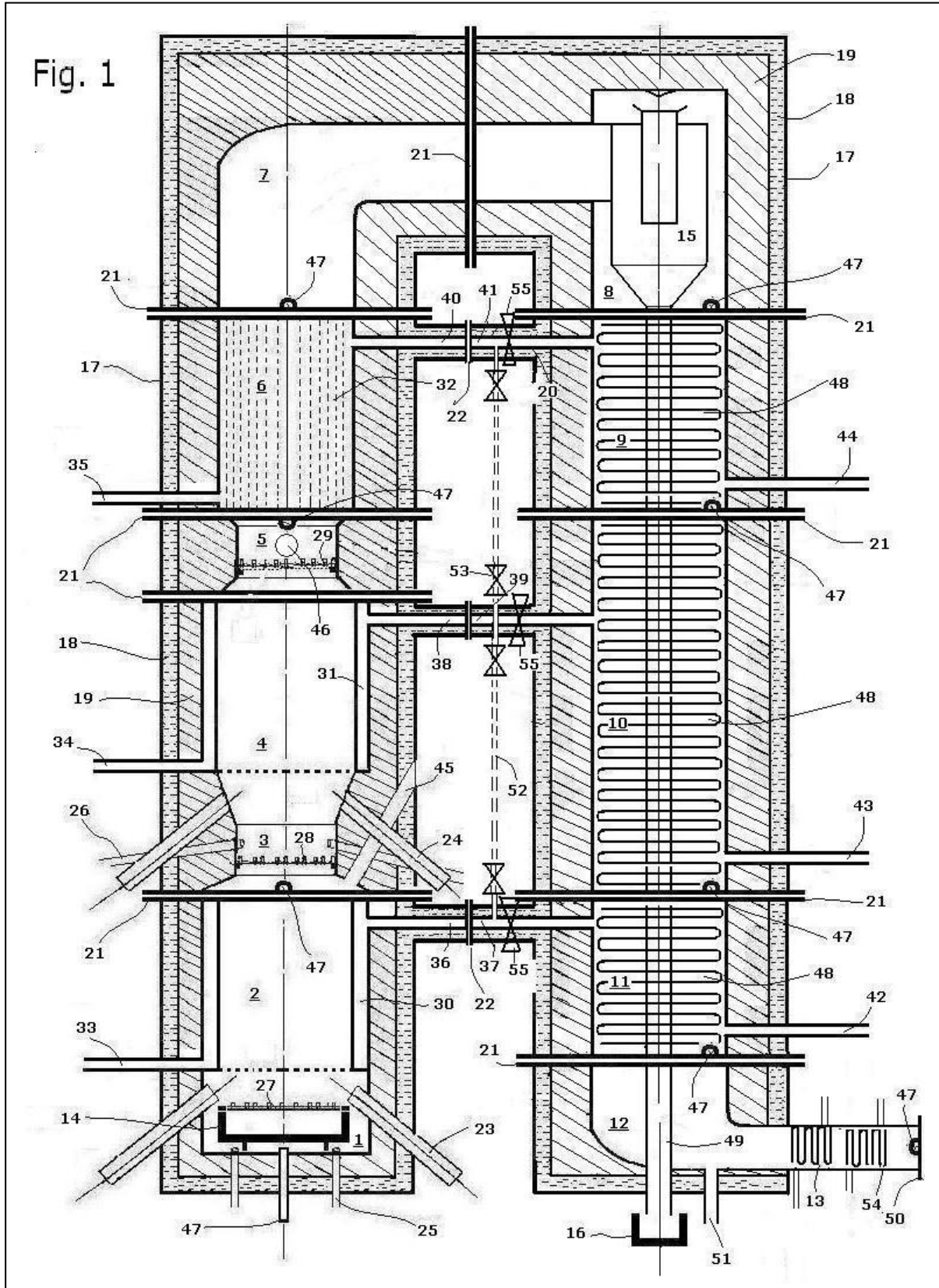
- 1- seção da coleta de cinzas
- 2 - câmara da queima primaria
- 3 - garganta inferior para emissões gasosas primárias
- 4 - câmara de queima secundária
- 5 - garganta intermediária
- 6 - câmara de co-geração calorimétrica
- 7 - seção de saída das emissões gasosas totais

OUTROS COMPONENTES:

- 8 - flanges
- 9 - carcaça ou casco metálico
- 10 - manta refratária de fibra inorgânica
- 11 - parede refratária ou camada de refratário rígido
- 12 - camisa calorimétrica interior da incineração
- 13 - entrada inferior de água fria na camisa calorimétrica inferior da incineração
- 14 - saída inferior da água vaporizada na camisa calorimétrica inferior da incineração
- 15 - calorímetro superior flamotubular da co-geração
- 16 - entrada superior de água no calorímetro superior flamotubular da co-geração
- 17 - saída superior de água vaporizada no calorímetro superior flamotubular da co-geração
- 18 - queimadores de gás da câmara de combustão
- 19 - queimadores de gás da câmara de pós-combustão
- 20 - injetores de ar secundário na seção da coleta de cinzas
- 21 - injetores de ar secundário na câmara de pós-combustão
- 22 - poço de observação da câmara de combustão
- 23 - janela de observação de câmara de pós-combustão
- 24 - poço termométrico da base da câmara inferior, no centro e abaixo do cinzeiro, entre este e a superfície interna inferior
- 25 - poço termométrico do topo da câmara de combustão
- 26 - poço termométrico da entrada da caldeira de co-geração
- 27 - poço termométrico da saída da caldeira de co-geração
- 28 - cadinho cerâmico ou cinzeiro
- 29 - grelha inferior
- 30 - grelha intermediária
- 31 - grelha superior.



**3º - CONCEPÇÃO DE UM CALORÍMETRO INCINERADOR CO-GERADOR
COM CICLONE INTERNO E PROCESSO PARA TRATAR DESCARTES, DEJETOS,
RESÍDUOS SÓLIDOS E FLUIDOS E COLETAR CINZAS E ESCÓRIAS**



NOMENCLATURA DOS COMPONENTES PRINCIPAIS DO CALORÍMETRO COMPOSTO DE INCINERAÇÃO E CO-GERAÇÃO COM CICLONE INTERNO

COLUNA DE INCINERAÇÃO E CO-GERAÇÃO

Conjunto monobloco inferior de incineração, calorimetria e coleta de cinzas e escórias

- 1 - seção da coleta de cinzas
- 2 - seção da câmara calorimétrica de incineração

Conjunto monobloco intermediário de calorimetria e pós-combustão

- 3 - seção da garganta inferior
- 4 - seção da câmara calorimétrica de pós-combustão

Componentes individualizados

- 5 - seção da garganta intermediária
- 6 - câmara de co-geração calorimétrica
- 7 - seção de saída das emissões gasosas da coluna de incineração e co-geração

COLUNA DE SUPERAQUECIMENTO

Conjuntos

- 8 - câmara de entrada da coluna de superaquecimento
- 9 - câmara de superaquecimento superior
- 10 - câmara de superaquecimento intermediária
- 11 - câmara de superaquecimento inferior
- 12 - seção de saída das emissões gasosas da coluna de superaquecimento

Componentes individualizados

- 13 - serpentina de aquecimento de água
- 14 - cinzeiro interno para cinzas e escórias
- 15 - ciclone interno e superior da coluna de superaquecimento
- 16 - cinzeiro externo para cinzas volantes
- 17 - carcaça metálica externa
- 18 - camada isolante
- 19 - camada de material refratário rígido
- 20 - envólucro metálico para camada isolante da linha de vapor
- 21 - flanges
- 22 - flanges da linha de vapor
- 23 - par de queimadores de gás da seção da câmara calorimétrica de incineração
- 24 - par de queimadores de gás da seção da câmara calorimétrica de pós-combustão
- 25 - injetores de ar secundário da seção da câmara calorimétrica de incineração primária
- 26 - injetores de ar secundário da seção da câmara calorimétrica de pós-combustão
- 27 - grelha inferior
- 28 - grelha intermediária
- 29 - grelha superior
- 30 - camisa da seção da câmara calorimétrica de incineração
- 31 - camisa da seção da câmara calorimétrica de pós-combustão
- 32 - trocador flamotubular da câmara de co-geração calorimétrica
- 33 - entrada de água na camisa da seção da câmara calorimétrica de incineração
- 34 - entrada de água na camisa da seção da câmara calorimétrica de pós-combustão
- 35 - entrada de água na câmara de co-geração calorimétrica
- 36 - bocal de saída de vapor saturado da câmara calorimétrica de incineração
- 37 - bocal de entrada de vapor saturado na câmara de superaquecimento inferior
- 38 - bocal de saída de vapor saturado da câmara calorimétrica de pós-combustão
- 39 - bocal de entrada de vapor saturado na câmara de superaquecimento intermediária
- 40 - bocal de saída de vapor saturado da câmara de co-geração calorimétrica
- 41 - bocal de entrada de vapor saturado na câmara de superaquecimento superior
- 42 - saída de vapor superaquecido da câmara de superaquecimento inferior
- 43 - saída de vapor superaquecido da câmara de superaquecimento intermediária
- 44 - saída de vapor superaquecido da câmara de superaquecimento superior
- 45 - poço de observação inclinado da câmara calorimétrica de incineração
- 46 - janela de observação da câmara calorimétrica de pós-combustão
- 47 - poço termométrico
- 48 - serpentina de superaquecimento de vapor saturado
- 49 - duto de descarga das cinzas volantes
- 50 - bocal de saída da coluna de superaquecimento
- 51 - duto de recolhimento de condensado das emissões gasosas
- 52 - linhas de vapor
- 53 - válvulas
- 54 - serpentina do aquecimento de ar primário para os queimadores

CONCLUSÕES:

- 1ª - A INCINERAÇÃO DO LIXO ELIMINA SERES VIVOS PATOGÊNICOS E EVITA A PROPAGAÇÃO DE DOENÇAS.**
- 2ª - A SUSTENTABILIDADE DA "INCINERAÇÃO + CO-GERAÇÃO DE ELETRICIDADE" PODE AUMENTAR PELA CONVERSÃO DE CINZAS EM PRODUTOS CERÂMICOS.**
- 3ª - OS TRATAMENTOS DE GASES ADOTADOS NAS INDÚSTRIAS QUÍMICAS PODEM SER ADAPTADOS PARA AS EMISSÕES GASOSAS DA INCINERAÇÃO DE LIXOS.**
- 4ª - AS USINAS DE INCINERAÇÃO DE LIXO SÃO INDÚSTRIAS QUÍMICAS. A VARIEDADE DE EQUIPAMENTOS FAVORECE A INCINERAÇÃO SELETIVA QUE AGREGA UM FATOR DE CONFIANÇA À TERMODESTRUÇÃO.**
- 5ª - FORNOS DESATIVADOS DE FÁBRICAS DE CIMENTO PORTLAND PODEM INCINERAR LIXO URBANO, APÓS COLETA SELETIVA. ALGUNS GESTORES MUNICIPAIS PODEM ADOTAR ESSA SOLUÇÃO OU INCENTIVAR OS SETORES EMPRESARIAIS A EXPLORAR TAL EMPREITADA.**
- 6ª - A INDUSTRIALIZAÇÃO DA EMISSÃO DE CO₂ PODE REPRESENTAR UMA VIA PARA AMPLIAR A SUSTENTABILIDADE DA INCINERAÇÃO DE LIXO.**

Referências:

ASSUNÇÃO, J. V. – **Controle da Poluição do Ar em Locais de Tratamento e Destinação Final de Resíduos Sólidos Urbanos** - in: Anais do VII Seminário Nacional de Resíduos Sólidos e Limpeza Pública, ABLP – Associação Brasileira de Limpeza Pública, Curitiba, abril de 2000.

HITCHCOCK, D.A. – **Solid-waste disposal: Incineration** – *Chemical Engineering*, p. 185-194, may 21, 1979

KIHARA, Y. – **Impacto da normalização do Co-processamento de resíduos em fornos de clínquer** - Anais do 5º Congresso Brasileiro de Cimento, São Paulo, SP, 8 a 12 de novembro de 1999.

NASCIMENTO, L. C. A.; ALMEIDA FILHO, N.B.; ZAKON, A. – **Cinzas da incineração de lixo: matéria-prima para cerâmicas** - *Ciência Hoje*, 27 (160):63-67, maio (2000)

ZAKON, A. - **Analogias em tratamentos gerais de minérios para a produção de materiais cerâmicos e metalúrgicos: Parte I - Panorama das Tecnologias Inorgânicas** - *Revista de Química Industrial*, 60 (687): 17-20, Jan./Mar. 1992.

ZAKON, A. - **Analogias em tratamentos gerais de minérios para a produção de materiais cerâmicos e metalúrgicos: Parte II - Analogias em Processos e Equipamentos** - *Revista de Química Industrial*, 60 (688): 15-20, Abr./Junho. 1992

ZAKON, A. - **As bases da Engenharia de Processos Inorgânicos no Curso de Engenharia Química** - VI Encontro de Educação em Engenharia, Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro e Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora, Itaipava, RJ, 27 de novembro 01 de dezembro de 2000.

ZAKON, A.; LIMA, R.M.; NUNES, C.E.C.G.; RODRÍGUES, R.C.; FILHO, N.B.A. – **Incinerador Calorimétrico Composto** - Modelo de Utilidade. Registro: MU8402139-0, Depósito de Pedido de Patente em 01/09/2004 - Publicado na RPI 1766 de 09/11/2004.

ZAKON, A.; LIMA, R.M.; NUNES, C.E.C.G. - **Calorímetro-Incinerador, Co-Gerador de Vapor para tratar descartes, dejetos e resíduos sólidos e coletar cinzas e escórias** – Patente de Invenção. Registro: PI0502093-0, Depósito de Pedido de Patente em 27/04/2005 - Publicado na RPI 1803 de 26/07/2005