

**PROCESSO DE GESTÃO EM INCINERAÇÃO DE  
RESÍDUOS SÓLIDOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE:  
UMA APLICAÇÃO EM MATERIAIS E  
APROVEITAMENTO ENERGÉTICO.**

---

**por**

**Renato Vaz dos Reis**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Área de Concentração em Qualidade e Produtividade, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Engenharia de Produção**

**PPGEP**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2004**

**Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Tecnologia  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção**

A comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a Dissertação  
de Mestrado

**PROCESSO DE GESTÃO EM INCINERAÇÃO DE  
RESÍDUOS SÓLIDOS DE SERVIÇO DE SAÚDE:  
UMA APLICAÇÃO EM MATERIAIS E  
APROVEITAMENTO ENERGÉTICO.**

Elaborada por

**Renato Vaz dos Reis**

como requisito parcial para obtenção do grau de

**Mestre em Engenharia de Produção**

---

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

---

**Dr. Djalma Dias da Silveira**

(Presidente/Orientador)

---

**Dr. Jorge Orlando Cuellar Noguera**

---

**Dra. Elaine Verena Resener**

Santa Maria, 15 de abril 2004

**“Sonha com tudo que desejas, luta por tudo que sonhas e conquista tudo o que realmente quiseres”.**

## **Agradecimentos**

A Deus, pelas oportunidades e a presença em todos momentos da vida.

À Universidade Federal de Santa Maria, pelas oportunidades oferecidas.

Ao professor Djalma Dias da Silveira, pela orientação neste trabalho, sem o qual não poderia concluir esta tarefa.

Aos demais professores, colegas e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, que de alguma forma, contribuíram para elaboração desta dissertação.

À Sur Engenharia, pelo apoio e flexibilidade, sem o que, não seria possível realizar este trabalho.

À GSA do Brasil, pela valiosa contribuição bibliográfica.

A todos que se uniram para apoiar e impulsionar sua conclusão, não sendo o único vencedor, e sim todos aqueles que, juntos, ajudaram para este objetivo ser atingido.

A minha família, Lisete, Ariele e Thiago, pela compreensão, apoio e tolerância, pelos momentos não compartilhados, devido a sobrecarga de trabalho.

## SUMÁRIO

---

Lista de tabelas.....	viii
Lista de gráficos.....	ix
Lista de figuras.....	x
Lista de reduções.....	xi
Lista de anexos.....	xii
Resumo.....	xiii
<i>Abstract</i> .....	xiv
<b>CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 – A Geração de Resíduos.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 – Objetivos.....</b>	<b>5</b>
<b>1.3 – Justificativa.....</b>	<b>5</b>
<b>CAPÍTULO II - REVISÃO .....</b>	<b>6</b>
<b>2.1 - A questão Ambiental.....</b>	<b>6</b>
2.1.1 – Os Resíduos de Serviços da Saúde.....	7
2.1.2 – Classificação dos Resíduos dos Serviços de Saúde.....	11
2.1.2.1– Resíduos potencialmente infectantes – Classe A.....	12
2.1.2.2 – Resíduos farmacêuticos e químicos perigosos - classe B..	13
2.1.2.3 – Resíduos radiativos – Classe C.....	14
2.1.2.4 – Resíduos comuns – Classe D.....	14
2.1.2.5 – Perfurocortantes – Classe E.....	15

2.1.3 - Tratamento e Eliminação.....	15
2.1.4- Gestão de resíduos sólidos de saúde.....	16
2.1.4.1- Princípios e legislação.....	17
<b>2.2- A incineração de resíduos.....</b>	<b>17</b>
2.2.1- O processo de incineração.....	17
2.2.2- A questão da incineração de resíduos hospitalares no mundo.....	20
2.2.3- A incineração de resíduos hospitalares.....	23
2.2.3.1- Tecnologias de incineradores.....	27
2.2.3.2 – Lavadores de Gases ou Torres Lavadoras.....	34
<b>CAPÍTULO III - METODOLOGIA.....</b>	<b>39</b>
<b>3.1 - Desenvolvimento de um projeto de incinerador .....</b>	<b>39</b>
3.1.1 – Delimitação do Projeto.....	39
3.1.2 – Processo de implantação de um incinerador.....	40
3.1.3 - O Planejamento.....	40
3.1.4 - Caracterização do resíduo.....	41
3.1.5 - Utilização dos resíduos.....	45
3.1.6 - Localização da usina.....	45
<b>CAPÍTULO IV- RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>47</b>
<b>4.1 – O incinerador implantado em Salto.....</b>	<b>47</b>
<b>4.2 – Descrição do sistema implantado.....</b>	<b>49</b>
<b>4.3 – O lavador de gases – Descrição do processo implantado....</b>	<b>53</b>
<b>4.4 – O reaproveitamento das cinzas.....</b>	<b>56</b>
<b>4.5– Discussão do Processo.....</b>	<b>58</b>
4.5.1 – Tratamento e utilização da água de resfriamento.....	58

4.5.2 – Tratamento das cinzas.....	59
4.5.3 – A lavagem de gases.....	59
4.5.4 – Racionalização das rotinas de trabalho.....	60
<b>4.6 – Ações retificadoras.....</b>	<b>61</b>
<b>CAPÍTULO V – CONCLUSÕES, SUGESTÕES E</b>	
<b>RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>63</b>
<b>5.1 – Conclusões.....</b>	<b>63</b>
<b>5.2 – Sugestões e Recomendações.....</b>	<b>64</b>
<b>CAPÍTULO VI – BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>65</b>

## **LISTA DE TABELAS**

TABELA 1 - Incineração nos países desenvolvidos.....22

TABELA 2 - Características físicas de Resíduos de Serviço de Saúde..26



## **LISTA DE GRÁFICOS**

GRÁFICO 1 – Influência do Poder Calorífico dos Resíduos na Temperatura.....	43
--	----

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Incinerador com ar controlado.....	27
FIGURA 2 - Incinerador Rotativo.....	30
FIGURA 3 - Incinerador de câmaras múltiplas.....	32
FIGURA 4 - Ejetor em um bocal tipo venturi .....	35
FIGURA 5 - Lavador tipo Venturi .....	36
FIGURA 6 - Lavador convencional.....	38
FIGURA 7 - Fluxograma do Processo.....	39
FIGURA 8 - Vista da Planta Incineradora em Salto (Uruguai).....	48
FIGURA 9 - Vista do Incinerador RTU.....	49
FIGURA 10 – Fluxograma do processo de trocas térmicas.....	51
FIGURA 11 - Vista Isométrica do Sistema de Incineração.....	53
FIGURA 12 - Modelo de Lavador de Gases.....	54
FIGURA 13 - Vista de componentes do processo de lavagem dos gases de combustão.....	56
FIGURA 14 - Cura dos blocos ao ar livre.....	57

## LISTA DE REDUÇÕES

ABLP	Associação Brasileira de Limpeza Pública
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
ASME	Associação Americana de Engenheiros Mecânicos (inglês)
°C	Graus escala Celsius
CEF	Centro Ecológico Futuro
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CONSEMA	Conselho Estadual do Meio Ambiente
EEUU	Estados Unidos
EPI	Equipamento de Proteção Individual
FEPAM	Fundação Estadual de Proteção Ambiental
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
NR	Norma Regulamentadora
PCI	Poder Calorífico Inferior
PPGEP	Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção
RSS	Resíduos de Serviços da Saúde
RSSS	Resíduos Sólidos de Serviços de Saúde
Ton./H	Toneladas por hora
USP	Universidade de São Paulo

## **LI STA DE ANEXOS**

ANEXO 1 – Matéria jornalística do Jornal El País.

ANEXO 2 – Análise das cinzas de incineração.

ANEXO 3 – Laudo analítico da água de recirculação.

ANEXO 4 – Análise da amostra de água do lavador.

ANEXO 5 – Análise de emissões e cinzas.

ANEXO 6 – Comprovantes de eficiência de incineradores.

## **RESUMO**

Dissertação de Mestrado  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção  
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

### **PROCESSO DE GESTÃO EM INCINERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE: UMA APLICAÇÃO EM MATERIAIS E APROVEITAMENTO ENERGÉTICO.**

Autor: Renato Vaz dos Reis

Orientador: Djalma Dias da Silveira

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 15 de abril de 2004.

Este trabalho aborda questões relativas a incineração de resíduos sólidos e suas implicações, com reaproveitamento de energia térmica e resíduos de cinzas geradas.

Um dos fatores de preocupação nos estudos de preservação do meio ambiente, é a geração contínua e cumulativa de resíduos sólidos pelo homem. Com base neste tema, abordamos uma das formas de solução, que são os processos de pirólise e incineração destes resíduos, em fornos especiais de elevado padrão tecnológico, envolvendo lavagem de gases e suas implicações, e o reaproveitamento da energia térmica envolvida no processo, para o aquecimento de água utilizada dentro da própria indústria, com opção para injeção em caldeiras, bem como dos resíduos de cinza visando o uso na construção civil, reduzindo o volume destas cinzas enviadas para aterro.

Este projeto demonstrou sua viabilidade, pois aborda um estudo sobre temas importantes: qualidade ambiental, reaproveitamento de subprodutos com conseqüente redução de custos.

## ***ABSTRACT***

### **MANAGEMENT PROCESS INCINERATION OF HEALTH SOLIDS RESIDUES: APLICATION IN MATERIALS AND REUSING THE THERMIC ENERGY.**

Author: Renato Vaz dos Reis

Advisor: Djalma Dias da Silveira

Pos-graduation Program on Production Engineering

This dissertation covers aspects related to the incineration of the sanitary solid waste, using the thermic energy and ashes for other applications having in mind the consequences to the environment.

In fact one of the major concern related to the environment is the continuous and cumulative generation of solid waste by the humanity. Therefore, we will cover one solution which consists on the usage of pyrolysis processes, incinerating this solid waste in specific high technology ovens using air washers. The thermic energy deriveted from this process is reutilized for the in-house water heating for air conditioning or usage in boilers. The usage of the ashes is directed to usage in building materials (bricks, aggregators, etc...) reducing considerable the volume shipped for embankment.

This project showed up as a very important issue because it resulted in no damage to the environment and reduced costs due to the energy sawings and utilization of subproducts from the process.

Santa Maria, April 2004.

# **1. INTRODUÇÃO.**

## **1.1 – A Geração de Resíduos**

Os sistemas produtivos atuais, manufaturados ou serviço, independente do segmento de mercado, passam obrigatoriamente por reformulações e desenvolvimento contínuos no campo dos resíduos lançados no meio ambiente, sob risco do não cumprimento de normas de proteção ambiental, e, conseqüentemente da própria continuidade do negócio.

A geração de resíduos sólidos tem acompanhado os conglomerados urbanos por séculos, mas nos últimos anos, com a crescente concentração humana nos centros urbanos, os problemas tem se agravado e gerado a busca de novas soluções.

Segundo Lima, (1995), “o lixo urbano resulta da atividade diária do homem em sociedade e que os fatores principais que regem sua origem e produção, são basicamente, dois: o aumento populacional e a intensidade da industrialização.” Existe uma tendência, de que o aumento da população exige um maior incremento na produção de bens de consumo, onde cada vez mais se transforma matéria-prima em produto acabado para atender a demanda urgente, gerando maior quantidade de resíduos, seja por descarte, seja por embalagens destes mesmos produtos. Esta tendência deve sofrer alterações futuras, em função da conscientização e educação dos envolvidos neste processo.

Ao mesmo tempo em que o aumento populacional ocorre, existe também o aumento da geração dos chamados resíduos de saúde

domiciliares, as demandas por serviços de saúde serão crescentes, e se não forem adotadas técnicas corretas e políticas de gestões de tratamento, teremos conseqüentemente, a geração de maior quantidade dos denominados Resíduos dos Serviços da Saúde (RSS), e segundo Lucena (2001), “O problema se agrava e chega à temeridade quando o foco são os municípios, que nem sempre possuem aterros sanitários adequados e muito menos incineradores”.

Conforme Magalhães (2000), no Brasil, apesar de inúmeros esforços, ainda não se sabe ao certo quanto lixo hospitalar é produzido, nem como é tratado quando chega ao destino final. Os números estimados por leitos ocupados, atingem a marca de 2 a 10 quilos/leito/dia. Para justificar tal hipótese a Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS), também sustenta índices aproximados de 2,5 quilos/leito/dia, avaliado em outros países, o que fundamenta os parâmetros registrados no Brasil.

De acordo com a publicação Pólis (1998), na América Latina, pelo menos nos hospitais, a média de geração de resíduos varia entre 1,0 e 4,5 kg/leito/dia. Por sua periculosidade potencial, costumam já ter coleta separada do lixo comum em alguns municípios, sendo destinados a autoclaves, incineradores, valas especiais, ou muitas vezes aos próprios lixões.

As formas de tratamento abordadas neste trabalho, contemplam a pirólise e incineração de Resíduos Sólidos de Serviços de Saúde, (RSSS). A pirólise é um método, que vem se consolidando através de décadas, desde seu surgimento conceitual em 1897, pois trata-se de um processo de decomposição química por calor (450 à 550 graus centígrados), na ausência de oxigênio, gerando subprodutos como gases, combustíveis



líquidos e resíduos sólidos, que garantem a auto sustentação do ciclo de combustão, pois no passo posterior a sua geração, são oxigenados e inflamados gerando temperaturas em torno de 1200 graus centígrados, que garantem a incineração da própria massa de resíduos geradora destes combustíveis.

O conceito teórico da incineração, conforme Lima, (1995), consiste de uma reação química entre o combustível e o comburente. Entretanto para que este conceito seja válido, se faz necessário o lixo como um combustível, e isso somente é possível, quando a energia química presente em seus componentes libera energia térmica à medida que ocorre a queima. Esta energia química latente, quando liberada em forma de calor, pode ser denominada de calor de combustão.

De acordo ainda com Schneider (2001), a incineração consiste na oxidação dos materiais, a altas temperaturas, sob condições controladas, convertendo materiais combustíveis em resíduos não combustíveis (escórias e cinzas), com a emissão de gases.

Para o caso dos Resíduos Sólidos de Serviço de Saúde (RSSS), a incineração é um método preconizado como o mais adequado para assegurar a eliminação de microorganismos patogênicos presentes na massa dos resíduos, desde que sejam atendidas as necessidades de projeto e operação adequadas ao controle do processo. A autoclavagem também é um método largamente utilizado, porém como é um processo que envolve temperaturas baixas, e não reduz volume, é considerado como tratamento prévio, como analisaremos no próximo capítulo. A incineração é um termo comumente utilizado para designar todos os sistemas de queima, porém, incineração refere-se ao processo de combustão efetuado em incineradores

de câmaras múltiplas, o qual apresenta mecanismos para um rigoroso monitoramento e controle dos parâmetros de combustão. Atualmente é aceita para tratamento para a maioria de RSSS, principalmente os infecciosos, patológicos e perfuros-cortantes, tornando-os inócuos.

Como a incineração é um processo onde envolve a liberação de calor, através da combustão (oxidação), seu aproveitamento tornou-se quase que obrigatório em função da crise de energia, para substituir os derivados do petróleo.

O desafio de rumar para um futuro energético menos dependente ou livre de combustíveis fósseis, com o desenvolvimento de tecnologias alternativas, se apresenta como uma necessidade premente para o homem nos próximos anos.

Neste contexto, este trabalho visa trazer uma contribuição para o aproveitamento de energia térmica proveniente da incineração de resíduos sólidos, direcionado para os RSSS, em função do atendimento das necessidades de uma determinada situação, podendo também, ser adaptado para outros tipos de resíduos. O projeto aborda o problema do acúmulo destes resíduos, com suas conseqüências: a maior parte destinada para depósito em lixões a céu aberto, que são a forma mais primitiva, mais degradante e mais agressiva ao meio ambiente, contaminando o solo, lençol freático e a atmosfera.

A economia de energia proposta neste trabalho, é baseada no reaproveitamento de energia térmica liberada no processo de incineração dos fornos e presente nos gases de combustão.

Estamos portanto, diante de um vasto trabalho, de pesquisa e desenvolvimento de técnicas que permitam colaborar com a evolução destes processos.

## **1.2 – Objetivos.**

1.2.1 – Geral: Avaliar o processo de reaproveitamento de energia térmica liberada em fornos de incineração de RSSS, com a reutilização dos subprodutos, na forma de cinzas, para uso na fabricação de materiais destinados para construção civil.

1.2.2 – Específicos:

- Buscar uma melhoria no tratamento de emissões gasosas, lançadas para o meio ambiente, visando a qualidade ambiental.
- Desenvolver formas mais apropriadas, de racionalização nas rotinas de trabalho da planta, e conseqüente melhoria nas condições de segurança do trabalho, em usinas de incineração de resíduos sólidos.
- Eliminar a necessidade de compra e gastos com energia elétrica, de bombas de pressurização e aquecimento de água, equipamentos estes, utilizada no processo de limpeza e higienização da planta incineradora.
- Redução do volume das cinzas destinadas a aterro, através da sua utilização, na fabricação de materiais de construção.

### **1.3 – Justificativa.**

Atualmente existe uma discussão ampla sobre a disposição final dos RSSS, e suas conseqüentes implicações com a saúde pública, e o meio ambiente.

A incineração é preconizada, como um dos métodos mais seguros para tratamento destes resíduos, bem como para a maioria do lixo urbano. Em paralelo, os estudos para o conseqüente aproveitamento da energia térmica liberada neste processo.

A justificativa deste trabalho baseia-se na importância em melhorar a qualidade das emissões atmosféricas, dos efluentes, e dos resíduos de cinzas depositadas em aterros, bem como no reaproveitamento da energia térmica, liberada em fornos de incineração.

## **2. REVISÃO**

### **2.1 - A questão Ambiental.**

A problemática do aproveitamento de resíduos urbanos, surge com vários fatores determinantes, que ocasionam inúmeros transtornos a toda sociedade moderna.

Segundo Rocha (1993), “seguramente há na atividade humana um grande desperdício de material nutritivo. A produção média diária de uma pessoa é de 0,6 kg de lixo, sendo que 85% do total gerado é constituído de matéria orgânica biodegradável. Além do mais cada 10 milhões de habitantes produzem em média 5 mil toneladas de materiais recicláveis, ou 2 milhões de toneladas orgânicas anualmente. Há grandes possibilidades

então de minimizar a poluição e os impactos, em paralelo a obtenção de lucros, utilizando e reciclando materiais encontrados no lixo.”

Uma das alternativas de minimizar os efeitos ao meio ambiente, conforme Lima (1995), é a da conversão biológica do lixo, com recuperação de energia, sendo uma fonte inesgotável de energia. Os métodos biológicos para a produção de combustível, a partir do lixo, baseiam-se no rendimento da atividade microbiana, principalmente de bactérias anaeróbias que, através de seu metabolismo, transformam a matéria orgânica em produtos combustíveis, como o gás metano e o hidrogênio.

A magnitude do problema que afeta diretamente a saúde pública e compromete o ambiente, pode ser estimada, se for considerado que apenas 63% dos domicílios brasileiros contam com coleta regular de lixo. Nas cidades este serviço atinge 80% do total das moradias. Além disso, do lixo que chega a ser coletado no país, 76%, é depositado a céu aberto, o restante sendo destinados a aterros (controlados ou sanitários), usinas de compostagem e, uma parcela ínfima, a centrais de triagem/beneficiamento para reciclagem.

De acordo com a publicação Pólis (1998), a coleta e a destinação de resíduos sólidos nas cidades brasileiras é um dos principais problemas enfrentados pelo poder público municipal consumindo até metade do seu orçamento.

### 2.1.1 – Os resíduos de serviços da saúde. (RSS)

Conforme Ribeiro (2000), “os resíduos sólidos da saúde (RSS), são freqüentemente citados pelos profissionais de limpeza pública como um tema especialmente complexo, que envolve problemas de difícil solução, com graves implicações para a saúde pública e o meio ambiente. Observa-se muitas vezes uma grande dificuldade entre os profissionais em compreender claramente as questões mais específicas da questão, especialmente quanto a composição e os riscos específicos no manuseio e tratamento dos resíduos infectantes.”

Recentemente, Rodrigues (2001), analisa que seringas, bisturis e remédios vencidos jogados nos lixões e aterros sanitários, restos humanos contaminados, sangue, cianetos e substâncias utilizadas em análises clínicas e laboratoriais são descartadas diretamente na rede pública de esgoto, e muitas outras substâncias e materiais que ninguém sabe quantificar acumuladas em lixões são uma questão séria, de saúde e segurança pública.

Quando depositado em lixões públicos ele pode gerar um tipo de chorume (líquido escuro e turvo proveniente do armazenamento e repouso do lixo), bastante perigoso, pois o risco de contaminação do local é muito alto. A chuva provoca constantemente uma lavagem do lixo, aumentando assim o volume do chorume e, portanto, diminui a concentração de muitos íons ali presentes. O fator temperatura também é importante, pois muitos íons não são solúveis em água em temperaturas baixas enquanto outros têm a sua solubilidade reduzida em temperaturas elevadas. O chumbo por exemplo, é solúvel em água quente na forma de cloretos, enquanto a prata e o mercúrio não o são.

Numa cidade como São Paulo, em que são geradas mais de 90 t por dia desse tipo de lixo, a solução parece ser ainda mais complexa e discutível. Atualmente o lixo hospitalar está sendo destinado ao incinerador Vergueiro, uma construção de 1967, que ficou muitos anos paralisada no porto antes de ser montada, inadequada porque não tem sistema de controle dos gases gerados, funcionando como um simples queimador gigante a céu aberto. Por isso, vem gerando uma polêmica com a população vizinha, incomodada com o cheiro que exala na região.

Já em outras cidades, tanto no Estado de São Paulo como no Brasil, não há aterro sanitário, pouquíssimas possuem valas sépticas, autoclaves ou incineradores, e a maior parte do material hospitalar é jogada em lixões e aterros a céu aberto, sem controle de acesso a catadores de lixo e à população em geral. Pode-se imaginar o tamanho do problema, pois o chorume, formado pela solubilização de componentes do lixo na água, principalmente da chuva, entrará em contato com as camadas que são intercaladas com aterros periódicos. Essa água fica em contato com o lixo durante certo período e, por ação natural da gravidade, essa infiltração irá parar normalmente em uma camada impermeável do solo, como rochas, ou mesmo superfícies previamente preparadas para receber o lixo, onde irá acumular e logicamente escoar, contaminando o lençol freático. Se o poder público não está conseguindo resolver o problema, a sociedade precisa exigir soluções dos hospitais e demais geradores, que necessitam fazer a segregação do lixo, e não ser como hoje em que grande parte acaba sendo misturada nos depósitos e coletada como lixo domiciliar comum (Rodrigues, 2001).

Conforme Ribeiro (2000), existe uma grande falta de preparo dos profissionais da área da saúde, sejam administradores ou técnicos, em relação as questões de meio ambiente, inclusive quanto as questões de resíduos sólidos, não apenas seu tratamento e disposição final, como tudo que diz respeito ao gerenciamento do sistema de limpeza urbana, preservação dos recursos naturais e do meio ambiente e até mesmo dos problemas da saúde pública, relacionados aos resíduos.

Este distanciamento entre os dois setores mais envolvidos com o problema, tem sido o maior entrave para o desenvolvimento de soluções. Embora não se discuta a responsabilidade dos serviços de saúde pelo tratamento de resíduos por eles gerados, são ainda poucos no Brasil, os estabelecimentos que realmente tem essa preocupação e a demonstram com medidas concretas e eficazes (Ribeiro, 2000).

De acordo com Schneider (2001), a denominação atribuída aos resíduos de estabelecimentos que prestam serviço de saúde é controversa. Muitos termos são usados indistintamente como sinônimos: resíduo sólido hospitalar, resíduo hospitalar, resíduo biomédico, resíduo clínico, resíduo infeccioso ou infectante.

Faz-se necessário, portanto, atribuir um sentido mais preciso a cada um destes termos. A evolução sofrida pela terminologia, com o passar do tempo e com o amadurecimento da questão, denota que, inicialmente, os resíduos eram chamados de resíduos hospitalares e a designação sólidos, era usada quando se desejava limitar o estudo da parcela sólida dos resíduos dentro das instalações hospitalares. A denominação Resíduos de Serviços de Saúde foi considerada, posteriormente, como o termo mais apropriado e abrangente, considerando os resíduos dos mais diversos



estabelecimentos de assistência à saúde, sendo adotado pela ABNT, através das NBR 12807, 12808, 12809 e 13221, onde trata respectivamente da terminologia, classificação, procedimento de manuseio e transporte dos R.S.S, os quais foram definidos como os “resíduos resultantes das atividades exercidas por estabelecimentos prestadores de serviços de saúde”.

Os RSS são os constituídos pelos resíduos assépticos ou sépticos ou seja, que contém, ou que potencialmente podem conter microorganismos patogênicos. São produzidos em serviço de saúde, tais como: hospitais, clínicas veterinárias, postos de saúde, clínicas médicas e odontológicas, farmácias, postos de saúde, laboratórios de análises clínicas, laboratórios de análise de alimentos, laboratórios de pesquisa, empresas de biotecnologia, casa de repouso e casas funerárias. A resolução do CONAMA nº 05/1993, estende-se ainda aos resíduos gerados nos portos e aeroportos e terminais rodoviários e ferroviários.

De forma sucinta são: agulhas, seringas, gases, bandagens, órgãos e tecidos removidos, meios de cultura e animais usados em testes, sangue coagulado, luvas descartáveis, remédios com prazo de validade vencidos, instrumentos de resina sintética, filmes de raio-x. Os resíduos assépticos destes locais constituídos por papéis, restos de preparação de alimentos, resíduos de limpeza (pó, cinzas), e outros materiais que não entram em contato direto com pacientes, ou com resíduos sépticos anteriormente descritos, são considerados como domiciliares.

### 2.1.2. Classificação dos Resíduos dos Serviços de Saúde

A Classificação dos RSS objetiva destacar a composição destes resíduos, segundo as suas características biológicas, físicas, químicas, estado da matéria e origem, para seu manejo seguro, conforme NBR 12808 da ABNT, de janeiro de 1993, e a resolução do CONAMA n° 05/1993.

#### 2.1.2.1 Resíduos potencialmente infectantes – Classe A

Material proveniente de isolamento composto por resíduos oriundos de quartos de pacientes em isolamento ou que tenham entrado em contato com esses, inclui-se aqui sangue e secreções de pacientes que apresentem doenças transmitidas por esta via. São resíduos com a possível presença de agentes biológicos que, por suas características de maior virulência ou concentração, podem apresentar riscos de infecção. Enquadram-se neste grupo:

A1 - Material biológico composto por culturas ou estoque de microorganismos provenientes de laboratórios clínicos ou de pesquisa, meio de cultura, instrumentos utilizados para manipular, misturar ou inocular microorganismos, vacinas vencidas ou inutilizadas, filtros e gases aspirados de áreas altamente contaminadas, bem como secreções, sangue, urina, fezes e esperma.

A2 - Sangue humano e hemoderivados, são compostos de bolsas de sangue com prazo de utilização vencido ou sorologia positiva, amostras de sangue para análise, soro plasma e outros subprodutos.

A3 - Resíduos cirúrgicos, anatomopatológico e de curativos são compostos por tecidos, membros, órgãos e peças anatômicas, do ser

humano, que não tenham mais valor científico ou legal, e/ou quando não houver requisição prévia pelo paciente ou seus familiares, produtos de fecundação sem sinais vitais, com peso menor que 500 gramas ou estatura menor que 25 centímetros, ou idade gestacional menor que 20 semanas, sangue e outros líquidos resultantes de cirurgias, drenagens, autópsias e biópsias, além de resíduos contaminados por estes materiais, como algodão, gases e esparadrapo proveniente de curativos,

A4 - Carcaças, peças anatômicas e vísceras de animais, provenientes de estabelecimentos de tratamento de saúde animal, de universidades, de centros de experimentação, de unidades de controle de zoonoses e de outros similares, assim como camas de animais e suas forrações.

A5 - Todos os resíduos provenientes de pacientes que contenham ou sejam suspeitos de conter agentes Classe de Risco IV, que apresentem relevância epidemiológica e risco de contaminação.

A6 - Kits de linhas arteriais endovenosas e dialisadores, quando descartados. Filtros de ar e gases oriundos de áreas críticas.

A7 - Órgãos, tecidos e fluidos orgânicos com suspeita de contaminação com proteína priônica e resíduos sólidos resultantes, da atenção a saúde de indivíduos ou animais com suspeita de contaminação com proteína priônica (materiais e instrumentos descartáveis, indumentária que tiveram contato com os agentes acima identificados).

#### 2.1.2.2 – Resíduos farmacêuticos e químicos perigosos – classe B

Resíduo farmacêutico (tipo B1) é composto por medicamentos vencidos, contaminados, não mais necessários ou interditados.

Resíduos químicos perigosos (tipo B2), são aqueles constituídos de lixo tóxico, corrosivo, inflamáveis, explosivos, reativos, genotóxicos ou mutagênicos por exemplo, quimioterápicos, germicidas fora de especificação, solventes, ácidos etc.

#### 2.1.2.3 – Resíduos radiativos – Classe C

São compostos por materiais radioativos ou contaminados com rádio monoclídeos de baixa radioatividade, provenientes de laboratórios de análises clínicas e serviços de medicina nuclear.

#### 2.1.2.4 – Resíduos comuns – Classe D

São compostos por todos os resíduos que não se enquadram em nenhuma categoria anterior, e que por suas características semelhantes aos resíduos domésticos., podem se acondicionados em sacos plásticos na cor preta.

Os materiais recicláveis, podem ser acondicionados em caixas de papelão ou sacos pretos abertos. São todos aqueles passíveis de reaproveitamento, tais como papéis, garrafas, plásticos, metais, alumínio, lixo administrativo, resíduos de limpeza de jardim e restos de preparo de alimentos.

#### 2.1.2.5 – Perfurocortantes – Classe E

São os objetos e instrumentos contendo cantos, bordas, pontos ou protuberâncias rígidas e agudas, capazes de cortar ou perfurar, tais como lâminas de barbear, bisturis, agulhas, escalpes, ampolas de vidro, lâminas e outros assemelhados, bolsas de coleta incompleta, quando acompanhada de agulha, provenientes de serviço de saúde.

#### 2.1.3 – Tratamento e Eliminação.

Entende-se por tratamento de resíduos sólidos o conjunto de ações, desenvolvidas em condições controladas, que alteram as características físicas e químicas, eliminando a patogeneidade dos resíduos, tornando-os adequados e seguros para uma determinada forma de destinação final, podendo ser a eliminação, por exemplo, por incineração.

O tratamento dos RSSS, pode ser dividido em duas fases. A primeira denominada de tratamento prévio, ou pré-tratamento, e a segunda, como tratamento final.

O tratamento prévio, difere do tratamento final, por ser desenvolvido no próprio local de geração dos resíduos. Seu objetivo principal é de reduzir os riscos de manuseio, transporte e armazenagem de determinados tipos de resíduos altamente infectantes, de forma que estes não deixem a área que foram gerados sem tratamento. A forma mais utilizada como tratamento prévio é a Auto-clavagem, onde utiliza-se autoclaves comuns, para

esterilização dos RSSS, em vapor saturado a uma temperatura média de 150 °C.

O tratamento final, tem um caráter mais amplo, com a deposição final destes resíduos.

No caso dos resíduos de saúde, os tratamentos tem a principal função, de reduzir ou eliminar o risco de transmissão de doenças infecciosas, existentes principalmente, nos de classe A, classificados como potencialmente infectantes, com a possível presença de agentes biológicos. Outros tipos de tratamento, são empregados, nos resíduos de classe B, que tem características específicas tais como, resíduos radiativos, químicos, farmacêuticos e outros. Também os resíduos classificados como comuns, recebem eventuais tratamentos, visando redução de volume, reaproveitamento ou compostagem, semelhantes aos empregados para os resíduos domiciliares.

As técnicas utilizadas para tratamento final dos RSSS, são apresentadas na seção 2.2.3.2, mas podem ser citadas como:

- Deposição em vala séptica.
- Incineração.
- Sistema de microondas.
- Vitrificação.
- Plasma.
- Inativação térmica.
- Oxidação com sais fundidos.

#### 2.1.4- Gestão de resíduos sólidos de saúde.

#### 2.1.4.1- Princípios e legislação.

No Brasil, a legislação que dispõe sobre Regulamento técnico para o gerenciamento de resíduos de serviço de saúde, desde a sua geração até seu destino final, é a Resolução RDC n.º 33, de 25 de fevereiro de 2003, da ANVISA, onde baseia-se em normas preexistentes da ABNT, Decreto Federal, e Norma da Comissão Nacional de Energia Nuclear.

No Rio Grande do Sul, este tema é baseado no decreto N° 38.356 de 01 abril de 1998, que aprova a Lei de 27 de julho de 1993, onde os projetos devem ser licenciados pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental – FEPAM, a qual é o órgão ambiental estadual.

A incineração dos RSSS, no estado, é disposta pela Resolução N°009 de 25 de outubro de 2000 do CONSEMA, que é a norma que trata do licenciamento ambiental, de sistemas de incineração de resíduos provenientes de serviços de saúde, classificados como infectantes.

## **2.2– A incineração de resíduos.**

### 2.2.1 – O processo de incineração.

Conforme análise de Fridman (2000), desde o momento em que o homem descobriu o fogo, ficaram conhecidas as virtudes destrutivas do mesmo, e com isto, sua capacidade de eliminar tudo o que é indesejável em cada espécie.

É a partir da constatação acima que o processo de destruição através do fogo passou a fazer parte de comunidades humanas. No entanto, observou-

se que realizado ao natural era bastante poluidor e incômodo, pela geração de fumos, odores desagradáveis e cinzas levadas por gases, iniciando-se então, o processo de melhoria da combustão.

Seguindo ainda a análise de Fridman (2000), para caracterizar os aspectos negativos da queima ao natural, analisa-se a corriqueira fogueira de lenha.

Conseguida a ignição, de um amontoado de lenha, percebe-se vários fatos, que podem se agrupados em três aspectos distintos:

- Uma gradual transformação da lenha original em carvão incandescente (brasa);
- Acima da lenha em alteração, a chama amarela avermelhada brilhante que tem origem na oxidação (combustão) de produtos orgânicos que se destilaram da lenha e alguns dos destilados decompostos termicamente (entre outros o ácido acético, o alcatrão, álcool metílico, etc.).
- Terminada a etapa de produtos que se destilam, resta somente um leito de sólidos ao rubro, onde ainda segue o processo de oxidação.
- Observando-se nas adjacências da fogueira, não será difícil perceber um odor acre e penetrante nos gases da mesma. Estes odores característicos tem como causa os destilados citados antes e que não se oxidaram (um aspecto de poluição atmosférica).

O motivo da existência de gases não queimados é de que, no trajeto ascensional, os destilados e vapores da lenha, à medida que se distanciam das zonas onde a oxidação é intensa, vão se misturando ao ar, e se resfriando. As reações de oxidação quase deixam de existir, faltando temperatura de ignição. Parte dos gases permanece em seu estado natural,



daí a razão de odores das mais variadas espécies, nascendo aí um elemento de perturbação ambiental.

Desde a fogueira em análise, em pequena dimensão, até os resíduos em grande escala (de uma comunidade), os fenômenos descritos atingem tal intensidade, que passam a se constituir definitivamente em um mecanismo poluidor. Acrescendo a isto as partículas de carbono e outras, arrastadas pelo mecanismo de escoamento de gases, a fogueira é um exemplo parcial típico e visível de pirólise.

Nas experiências feitas para ultrapassar a situação descrita, o primeiro caminho foi de confinar a fogueira, realizá-la dentro de um envoltório – um forno. O resultado foi pior que o original. Limitou-se o acesso e mistura de ar com gases e vapores e a combustão tornou-se incompleta, fumaça e odores resultantes de materiais orgânicos não oxidados, foram as conseqüências. Conseguiu-se colocar mais ar no interior do forno, esfriou-se o mecanismo de combustão acima do leito em oxidação e outra vez gases não queimados foram o resultado.

Com isto, durante muito tempo, os incineradores de câmara, foram responsáveis por amplos mecanismos poluidores. Foi quando trabalhos técnicos na área, deram origem a um envoltório, com duas e três câmaras para minimizar os efeitos anteriormente descritos. E nesta classe de equipamentos os fenômenos de combustão se processam da seguinte maneira:

- Uma primeira câmara onde, com ar suficiente e meios de se manter temperaturas entre 450 e 550 °C, são queimados sólidos passados a carbono e parte dos gases gerados pelos mecanismos de destilação e

decomposição térmica (pirólise). Para a manutenção de temperatura é às vezes necessário o emprego de um combustível auxiliar.

- Gases gerados na primeira câmara, encaminham-se para uma segunda onde recebem ar suficiente para a queima total e um fornecimento de calor auxiliar para manter a temperatura em nível de ignição. Desta forma são oxidados todos e quaisquer orgânicos existentes no circuito gasoso. É óbvio que para isto ocorrer, são necessários ar, temperatura e um tempo de permanência para as reações se completarem. Cabe acentuar, que alguma forma de promover a mistura de ar e gases deve existir, normalmente por ventilação mecânica. Naturalmente, com gases que se escoam e agitação em um meio que existam grãos de pequenas dimensões e também partículas, ocorre a possibilidade de ingresso no fluxo gasoso, e se alcançarem o meio exterior, passarão a ser fontes de poluição ambiental.

- Uma terceira câmara (ciclone) onde, por uma sensível redução de velocidades de gases, se possa coletar particulados e ampliar o tempo de reação, e na seqüência do fluxo dos gases, instalar um sistema de filtro e/ou lavador de gases. Desta forma chega-se ao incinerador atual, ou seja a máquina para realizar processos de oxidação em temperaturas elevadas, ou em outras palavras, queimar tudo que é passível de combustão e manter em temperaturas elevadas o que não é susceptível de ignição (Fridman, 2000).

A descrição ampliada da tecnologia de incineração é abordada na seção 2.2.3.1.

2.2.2- A questão da incineração de resíduos hospitalares no mundo.

Analisando a situação específica de incineração, surgem considerações. Conforme Hayashi (1993), “existe até hoje um preconceito muito grande, de que um incinerador é uma fábrica de poluição”.

No Brasil, assim como em muitos outros países em desenvolvimento, ainda persiste a idéia, de que a incineração de resíduos é prejudicial, é fonte de poluição pela fumaça, pois está viva a memória de que as antigas fornalhas, que um dia foram chamados de incineradores, atacam o ecossistema. Esta idéia e de outros “fantasmas”, como as dioxinas e furanos, (substâncias tóxicas), atemorizam a todos, levando inclusive, muitas vezes a opção de incineração, a ser descartada pelos administradores públicos.

O fato é que no Brasil, não existe uma norma federal que discipline esta atividade, e segundo Lucena (2001). “uma legislação fragmentada e incoerente...”, fazendo com que alguns estados criassem sua legislação própria a respeito. O que há no âmbito nacional, conforme Kolberg (1999, p. 3-4), é um documento da ABNT, a NBR 11.175, designado “Incineração de resíduos sólidos – Padrão de desempenho”, que fixa exigências para o funcionamento de fornos de resíduos.

No Rio Grande do Sul, em outubro de 2000, foi aprovada a norma técnica de incineração de resíduos para serviços de saúde (Resolução n. 009, do CONSEMA), o que já dá um impulso importante para esta atividade, rumo a desmistificação do assunto.

Com relação à geração de gases tóxicos, em artigo publicado em “O Estado de São Paulo”, o chefe do laboratório de poluição da Faculdade de Medicina da USP, Saldiva, (1999), afirma que existem mais de 210 tipos ou formas de dioxinas, mas somente 17 (8%) são consideradas tóxicas.

Outra constatação de Saldiva, é de que a dioxina é produzida principalmente, na queima de pneus e plásticos em caldeiras. Por outro lado, sempre foi afirmado, que uma das formas de geração de dioxinas e furanos, se dá através da incineração de organoclorados, (produtos que contém cloro, como plástico e papel). Em recente pesquisa da Sociedade Norte Americana de Engenheiros Mecânicos (ASME, 1999), a qual atesta que a quantidade de dioxina gerada em incineradores independe, da quantidade de cloro ou organoclorados no lixo incinerado. Segundo conclui o estudo, a dioxina uma vez formada, é destruída sem ser liberada, em incineradores modernos, com torres lavadoras de gases e que atendam as normas de emissões gasosas daquele país. Na Tabela 01, abaixo, são apresentados dados de incineração em países desenvolvidos, observando-se, que tão alto percentual de incineração, não seria permitido pela própria comunidade, em populações tão bem informadas.

País	População (milhões)	Lixo (milh.t/ano)	Nº de Incineradores	% incinerado	Recup. de Energia
Suíça	7	2,9	29	80	80%
Japão	123	44,5	1893	72	Principais
Dinamarca	5	2,6	32	65	100%
Suécia	9	2,7	21	59	100%
França	56	18,5	100	41	68% capac.
Holanda	15	7,1	9	39	50% usinas
Alemanha	61	40,5	51	30	
Itália	58	15,6	51	17	30% capac.
E.E.U.U.	248	180,0	168	19	75% usinas
Espanha	38	11,8	21	15	24% usinas
Reino Unido	57	35,0	7	5	25% capac.

TABELA 01 - Incineração nos países desenvolvidos:  
 FONTE: BNDS, 1997.

### 2.2.3. – A incineração de Resíduos Hospitalares.

Segundo conceituação apresentada por Lima (1995), pode-se dizer que: “Incineração é um processo de redução de peso, volume e das características de periculosidade dos resíduos, com a conseqüente eliminação da matéria orgânica e características de patogeneidade, através da combustão controlada”. Hoje deve-se expandir ainda mais esta conceituação, afirmando que a incineração é também um processo de reciclagem da energia liberada na queima dos materiais, visando a produção de energia elétrica e de vapor. A redução em volume dos R.S.S. é geralmente superior a 90%, e em peso superior a 75%.

Conforme Menezes (2000), a incineração no Brasil, ainda se caracteriza pela existência de grande quantidade de incineradores de porte pequeno, instalados em hospitais, casas de saúde, etc. distribuídos pelo Brasil. São equipamentos simples com capacidade de incineração até 100 quilogramas por hora. A grande maioria destes, com algumas exceções, está desativada, ou incinerando de forma precária, em geral com emissões elevadas. A razão principal para tanto, é que estes equipamentos são geralmente mal operados, e mantidos de forma inadequada. É fácil entender o porquê desta situação: isto deve-se ao conceito generalizado de que trabalhar com lixo é uma punição, e as instituições acabam por designar os funcionários inadequados para estes postos, e dão atenção mínima para o treinamento e a reposição de peças.

Naturalmente o foco principal da administração de um hospital, segundo o autor citado anteriormente, terá que ser sempre no atendimento a seus pacientes, e nos problemas de ordem médica, e não nas técnicas de

gerenciar e tratar lixo. As experiências revelam que com raras exceções, a instalação de incineradores em hospitais, acaba por não dar certo, ou daria certo por curto período de tempo.

Para que se tenha garantia da proteção ao meio ambiente, o lixo do serviço de saúde, deveria ser gerenciado na instituição de saúde, separando-o e acondicionando em embalagens padronizadas, e depois levando-o à plantas de destruição térmica operados por equipes qualificadas, municipais, públicas ou privadas (Menezes, 2000).

Fridman (2000), analisa, que de modo geral, no Brasil, não há separação razoável entre os resíduos infectantes e os institucionais, os tratamentos de descontaminação são feitos pelo total coletado.

No caso do emprego da incineração, para descontaminação, o aspecto citado não só compromete o custo do equipamento e do processo, como também a operação, qualidade do tratamento e aspectos ambientais.

A gestão interna nas instituições, de separação e seleção dos RSSS, é da maior importância, devido aos custos que envolvem a incineração. Para se ter um referencial de valores, segundo dados da GSA do Brasil, o valor cobrado, praticado em nível mundial gira em torno US\$ 1.0/kg de RSSS incinerado, e o custo de implantação de um sistema sofisticado de incineração, completo, incluindo lavador de gases, com instrumentação de leitura e controle das emissões, com capacidade para 300 kg./h, é da ordem de US\$ 300.000.00.

A inconstância em componentes presentes, quer em quantidades, como em espécie, quando se incinera resíduo hospitalar (mistura heterogênea de resíduo infectante e institucional), torna a operação do incinerador difícil e irregular, devido a variação da potência calorífica do resíduo, assunto este

abordado no capítulo 3, seção 3.1.4. A Tabela 2 abaixo, mostra a variabilidade das características físicas, incluindo o poder calorífico, dos R.S.S.

Componente	Poder calorífico superior base seca Kcal/Kg	Massa específica, carga como é recebida no incinerador Kg/m <sup>3</sup>	Teor de água do componente % de peso	Poder calorífico carga como é recebida no incinerador Kcal/Kg
Pecas humanas	4400 – 6670	800 – 1200	70 – 90	450 – 2000
Pecas de animais infectados	5000 – 8870	500 – 1300	60 – 90	500 – 3560
Plásticos	7770 – 11120	80 – 2300	0 – 1	7770 – 11120
Esfregões e absorventes	4400 – 6670	80 – 1000	0 – 30	3110 – 6670
Anti-sépticos e álcool	6100 – 7770	800 – 1000	0 – 0,2	6100 – 7770
Vidros	0	2800 – 3600	0	0
Roupas de cama, Pelos, papel, matéria fecal	4450 – 5000	320 – 730	10 – 50	2220 – 4500
Gases, compressas, pecas de roupa, esfregões, papel celulose	4450 – 6670	80 – 1000	0 – 30	3110 – 6670
Plástico, PVC, seringas	5400 – 11100	80 – 2300	0 – 1	5330 – 11100
Bisturis, agulhas, navalhas	30	7200 – 8000	0 – 1	30
Líquidos residuais	0 – 5550	990 – 1010	80 – 100	0 – 1110

TABELA 2 – Características físicas de Resíduos de Serviço de Saúde

FONTE: Fridman - 2000



### 2.2.3.1– Tecnologias de Incineradores.

Existe uma extensa variedade de incineradores, sendo que os principais tipos utilizados são:

- **Ar controlado:** incinerador em que a vazão de ar de combustão é reduzida, através do controle do insuflamento no ventilador de entrada, visando minimizar a turbulência e geração de material particulado, conforme mostra a Figura 1;

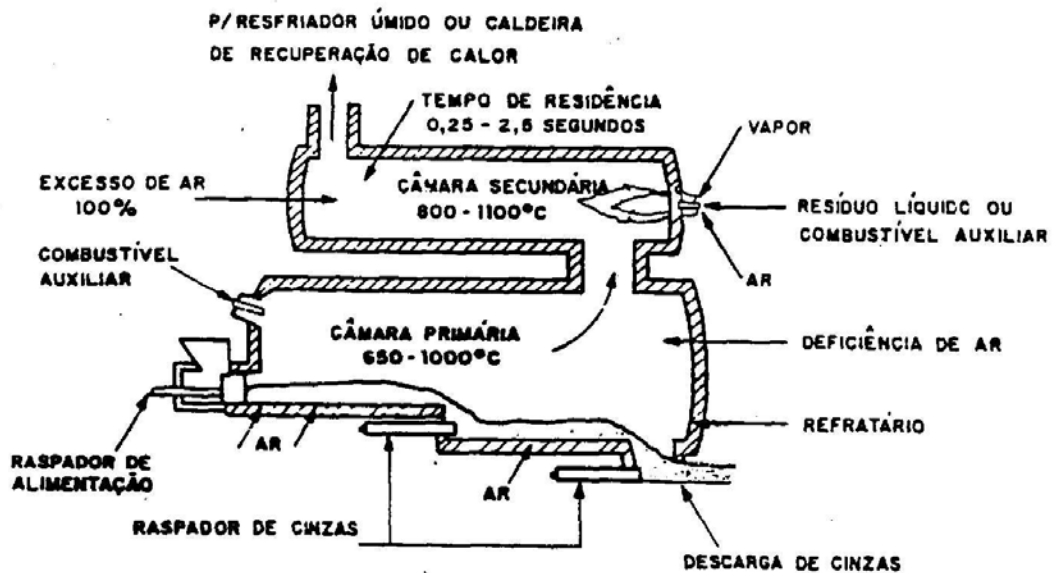


FIGURA 1 – Incinerador com ar controlado

FONTE: Fridman – 2000

Esta classe de equipamentos é constituída de duas câmaras, uma primeira de incineração, interligada a uma segunda, de combustão. O

formato das câmaras tanto pode ser cilíndrico, como o de um paralelepípedo.

No equipamento do tipo ar controlado, a combustão ocorre conforme a seqüência:

- A primeira câmara é pré aquecida até cerca de 600 ° C, para efetuar o carregamento. Este será único, no caso de uma partida por operação, ou receberá cargas intermitentes à medida que o processo for se desenvolvendo (dependendo da natureza da carga, de 6 a 10 carregamentos por hora).
- O ar é suprido no nível da soleira, em quantidade abaixo da estequiométrica (proporção), visando manter uma deficiência de ar, na câmara primária.
- O processo de combustão se desenrola promovendo simultaneamente, a evaporação de água, vaporização da fração volátil, processos de decomposição térmica e finalmente dando surgimento ao carbono fixo, que oxida-se.

Os incineradores de ar controlado possuem também queimadores auxiliares, e por meio do material que se encontra na câmara de incineração, é dada a ignição aos resíduos. Os produtos gasosos, combustíveis e outros com origem na primeira câmara, são dirigidos para a segunda, ou de combustão. No trajeto recebem então, ar em quantidade superior a estequiométrica, (ar em excesso) para combustão. Este último é introduzido de forma a propiciar mistura íntima entre combustível e comburente. Na câmara de combustão, com o auxílio de queimador, a temperatura é mantida suficientemente elevada para que toda a matéria oxidável no seio do fluxo gasoso seja queimada. Na primeira câmara, o

trabalho do queimador será não só o de manter ignição, como também temperatura suficiente para que o carbono se oxide.

Analisando alguns aspectos da operação, de alguns equipamentos de ar controlado, observa-se:

- O suprimento de ar na câmara de incineração no nível da soleira, é realizado em velocidades muito baixas. Este fator limita consideravelmente o arraste de particulados, minimizando assim, aspectos que poderiam contribuir para poluição ambiental.
- Dos fatores que governam o processo de incineração, sem dúvida a temperatura é o mais importante.
- A forma de fornecer ar admite um excelente controle de temperatura nas duas câmaras. Regula-se a temperatura somente por meio de uma aceleração do ritmo de combustão ou de sua redução. E isto é simplesmente feito aumentando ou diminuindo o suprimento de ar, por meio de borboletas nos dutos de ar. A regulação obtida da maneira descrita, nos permite, não só a realização satisfatória do processo, como também manter as temperaturas dentro dos limites permissíveis para os refratários, e na primeira câmara, abaixo dos pontos de fusão de cinzas, vidros e até alguns metais.
- Este tipo de incinerador podem suprir processos contínuos de queima de resíduos, se o sistema estiver dotado de descarga automática de resíduos de combustão e cinzas.
- **Forno rotativo:** consiste em um incinerador com tambor rotativo para fazer o resíduo girar e ficar exposto ao ar de combustão, ilustrado pela Figura 2.

Este tipo é dotado de no mínimo, duas câmaras. Uma, a primeira, de incineração, e uma segunda, de combustão. O que diferencia dos outros tipos, é o fato da câmara de incineração cilíndrica ser giratória. Este cilindro é construído em posição inclinada em relação a horizontal (de 1 a 3°), e seu movimento de rotação faz com que a carga se desloque.

Os fornos rotativos são equipamentos inerentemente contínuos.

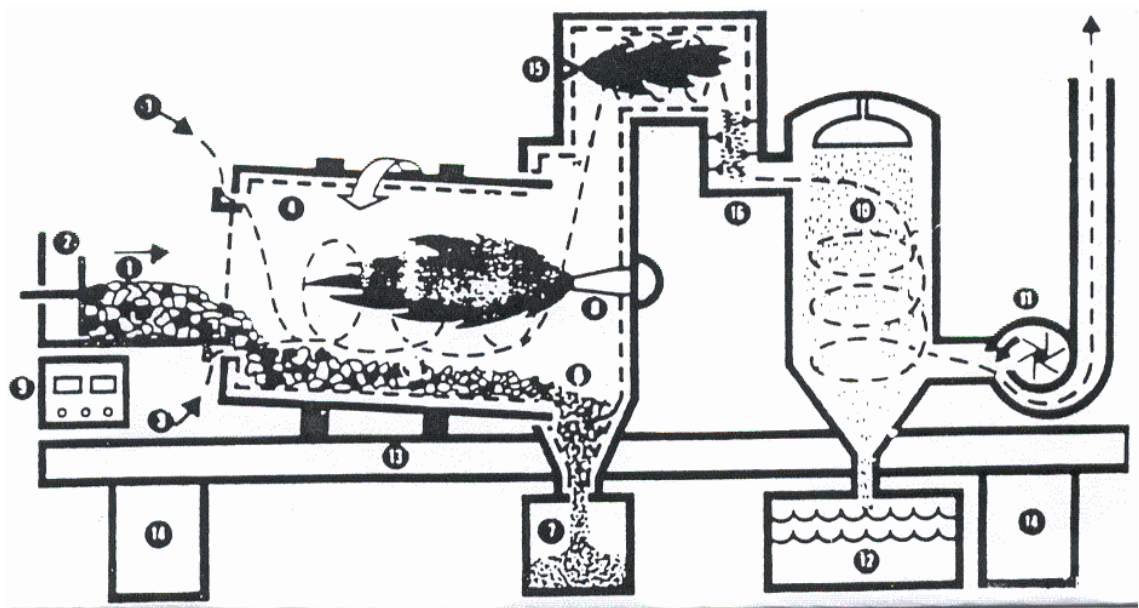


FIGURA 2 – Incinerador rotativo

FONTE: Fridman - 2000

Os resíduos são colocados em moega de carga e alimentam o forno, quer por conjuntos hidráulicos, ou parafuso sem fim. No interior do forno, o deslocamento se dá sem outro auxílio a não ser a inclinação e rotação (velocidades periféricas de 15 a 30 m/min.). Fornos rotativos trabalham

tanto no modo excesso de ar como no ar controlado. Possuem também queimadores na primeira e segunda câmara.

Em operação, os resíduos são supridos pelo carregador e postos em chama, pelo queimador, no giro do cilindro são, sem interrupção, levantados e despejados, apresentando assim, sempre novas superfícies para oxidação. Apesar das velocidades baixas de gases na primeira câmara, pelo tipo de movimento de resíduos e cinzas, ocorre um substancial transporte das mesmas no interior dos fluidos. Devido a este fato, o equipamento rotativo não dispensa o uso de sistemas de coleta e retenção de particulados.

As cinzas que permaneceram no forno ao fim do trajeto, são descarregadas em ambiente onde não há ingresso de ar. A movimentação de materiais é regulada, de maneira a dar às cinzas, o tempo necessário para a requeima.

O incinerador rotativo é um equipamento universal, prestando-se à incineração de qualquer tipo de resíduo.

Dada a presença obrigatória de dispositivos de despoeiramento, a movimentação de gases é feita por exaustão mecânica.

A limitação de capacidade incineradora situa-se na segunda câmara, onde se avalia a máxima quantidade de gases que se pode oxidar. Estes incineradores tem capacidade de até cerca de 3 t./h.

- **Câmaras múltiplas:** incinerador com compartimentos em série para acomodar diferentes fases de incineração e facilitar a separação do material particulado, como do tipo utilizado por incineradores que utilizam pirólise na primeira etapa de combustão, mostrado na Figura 3.

Conforme Fridman (2000), são equipamentos utilizados para incineração de resíduos institucionais e também resíduos infectantes. São adequados para peças do corpo humano, animais, tecidos, onde a ausência de voláteis e a maior uniformidade de composição, admitem um controle mais preciso de combustão.

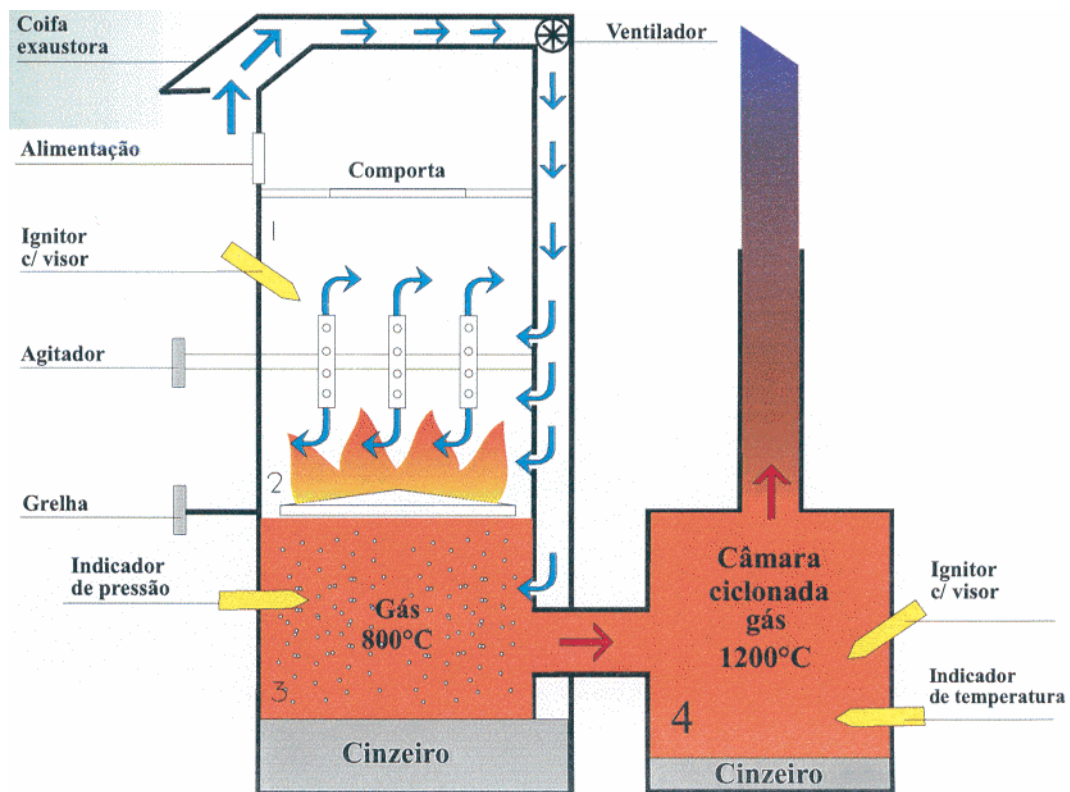


FIGURA 3 – Incinerador de câmaras múltiplas.

FONTE: GSA do Brasil

Outras formas construtivas podem ser citadas:

- **Grelhas móveis:** incinerador típico para lixo municipal, munido de grelhas, cujo movimento permite o deslocamento gradual do resíduo ao longo do incinerador;

- **Injeção de líquido:** incinerador com bicos atomizadores para a incineração do resíduo líquido em suspensão;
- **Leito fluidizado:** leito cilíndrico vertical, com o corpo mantido em alta turbulência por vazão de ar recirculante, especialmente adequado para resíduos em forma de lodo;
- **Fornos de cimento:** grandes fornos utilizados para a produção de cimento, o que devido a alta temperatura de operação e grande massa de matéria-prima processada, permite incineração de vários tipos de resíduos.
- **Queimadores de gás:** dispositivos para queima de gases combustíveis residuais, provenientes de processos de fabricação;
- **Incineração catalítica:** processo de destruição de resíduos gasosos em que o catalisador permite o uso de temperaturas menores.

Cabe apresentar observações quanto ao regime de operação: pode-se incinerar resíduos em regime de bateladas, ou seja, alimentando uma carga por vez, e aguardando que se complete sua incineração, para depois alimentar outra carga; ou em regime contínuo, em que a alimentação de resíduos não pára durante a incineração. O regime de bateladas é típico para incineradores pequenos, e geralmente apresenta os inconvenientes da queda de temperatura e aumento da turbulência no momento da alimentação de cada carga, causando emissões indesejadas.

Visando melhor explicar e ilustrar este tema, nos capítulos III e IV, são apresentados fluxogramas definindo os passos deste processo.

Outras tecnologias térmicas pode ser mencionadas:

- **Pirólise:** semelhante a incineração, mas realizada com admissão restrita de ar de combustão, provocando a decomposição térmica do lixo a baixas temperaturas.

- **Esterilização a vapor:** aquecimento com vaso fechado, pressurizado com vapor;
- **Vitrificação:** aquecimento de massa de solo contaminado pela passagem de corrente elétrica, pirolizando os contaminantes orgânicos e imobilizando metais tóxicos, numa matriz vitrificada;
- **Plasma:** aquecimento de resíduos a altíssimas temperaturas pela aplicação de correntes elétricas;
- **Inativação térmica:** aquecimento a seco, sem adição de vapor, água ou chama;
- **Sal fundido:** oxidação a alta temperatura pelo contato com um sal fundido. Ex.: cloreto de sódio.

#### 2.2.3.2 – Lavadores de Gases ou Torres Lavadoras

Estes equipamentos são usados para captação de particulados presentes nos gases de combustão e, quando ao meio líquido forem adicionados hidróxidos alcalinos, serão também eliminadores de ácido e dióxido de enxofre.

Conforme Lima (1995), as torres de lavagem de gases, são dispositivos também freqüentemente utilizados no tratamento e limpeza de gases da incineração de lixo. Estes dispositivos fundamentam-se no princípio de que as partículas sólidas presentes nos gases de combustão, podem ser coletadas por meio de borrifamento de um fluido viscoso, como a água ou outro solvente em regime de alta pressão.



De acordo com Ruppenthal (2001), os lavadores destinam-se à captação de pó ou de gases poluentes mesmo a temperaturas elevadas. O gás carreando material particulado é forçado através de uma aspensão de gotas, as partículas em contato com as gotículas de água caem, formando lodo que é periodicamente recolhido. Um eliminador de gotas, semelhante ao que se usa em torres de resfriamento de água, impede as gotículas de seguirem além do lavador.

Os tipos mais usados de lavadores são:

- Lavador de gases Venturi.

Possuem um sistema de bocal tipo Venturi, por onde são injetado os gases provenientes da incineração. Na passagem pelo bocal, os gases recebem um jato de água (denominado agente motor), através de um ejetor, com o objetivo de retirar o material particulado dos gases, como mostra a figura 4 abaixo. Dependendo do projeto do equipamento, pode ser usado mais de um bocal de passagem de gases, sendo assim denominados de multiventuri.

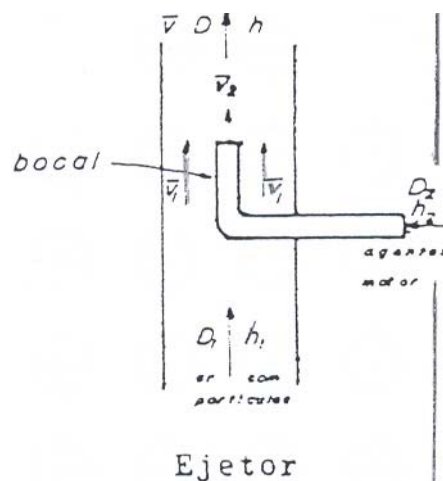


FIGURA 4 – Ejetor em um bocal tipo venturi.

FONTE: Silva, 1980.

O lavador tipo Venturi de forma completa é apresentado na Figura 5 abaixo:

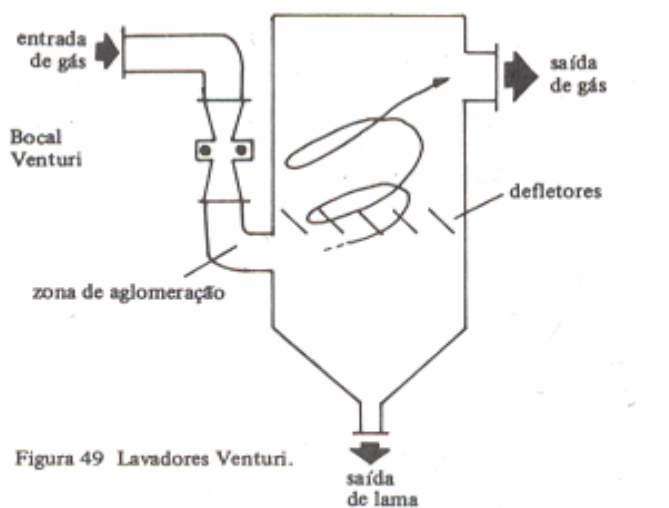


FIGURA 5 – Lavador tipo Venturi

FONTE: Lima, 1995.

- Lavador tipo torre com enchimento (scrubber).

Neste tipo de equipamento, é introduzido um enchimento dentro do corpo do lavador, com a finalidade de promover um contato íntimo entre a corrente gasosa ascendente e a corrente líquida descendente, para melhorar a eficiência de separação do material particulado dos gases de incineração.

O produto que compõe o recheio, normalmente é construído em plástico, o que corresponde a uma alta eficiência de separação, com grande flexibilidade e área de contato, contribuindo para aumento de transferência de massa no sistema.

- Lavador de ar convencional (air washer);

Trata-se de um dispositivo que coleta partículas dos gases de incineração, sob a ação de água pulverizada, utilizando-se bicos (spray), pressurizados por uma bomba. Os bicos ficam no interior de uma câmara, pulverizando a água, que promove o contato com o fluxo de ar, tanto contra corrente, ou a favor da corrente, ou ambos.

A coleta de partículas é primeiramente por impactação, seguido de uma remoção maior no eliminador de gotas, que é um dispositivo inercial.

A utilização destes lavadores, quando operados por água fria, coletam também vapores e gases condensáveis, uma vez que a câmara funciona como um condensador, fenômeno termodinâmico que causa a aglomeração das pequenas partículas.

A câmara de lavagem pode conter uma ou mais árvores de sprays, dependendo da eficiência desejada.

É um lavador de pequena perda de carga, porém com grande vazão de água de circulação, implicando em bomba de alta potência, e tubulação hidráulica maior. São apropriados para solução de problemas com exigências não tão severas. Na figura 6 abaixo, é mostrado este tipo de equipamento.

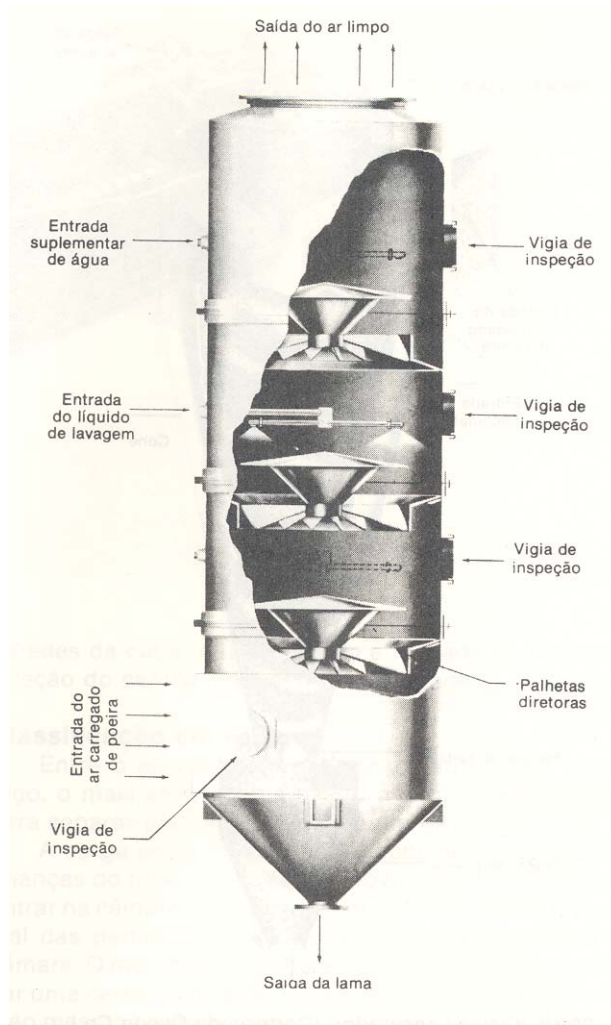


FIGURA 6 – Lavador Convencional

FONTE: Foust, 1982.

Podem ser citados ainda outros tipos de equipamentos para esta finalidade:

- Ciclone úmido;
- Ciclone úmido com ventilador (separador dinâmico);
- Separador úmido, tipo orifício;
- Precipitador dinâmico, tipo úmido;

## CAPÍTULO III – METODOLOGIA

### 3.1- Desenvolvimento de um projeto de incinerador.

#### 3.1.1.- Delimitação do projeto

Neste trabalho desenvolveu-se um incinerador para RSSS, em função da necessidade, que se apresentava para esta situação, em plantas de incineração, em fornos de empresas que atuam no segmento de incineração de resíduos hospitalares, podendo ser adaptados, para outros tipos de resíduos sólidos, que possam ser incinerados em fornos, visando além dos aspectos ecológicos citados, obter ganhos com reaproveitamento de energia e resíduos. A figura 7 abaixo, mostra o fluxograma do processo.

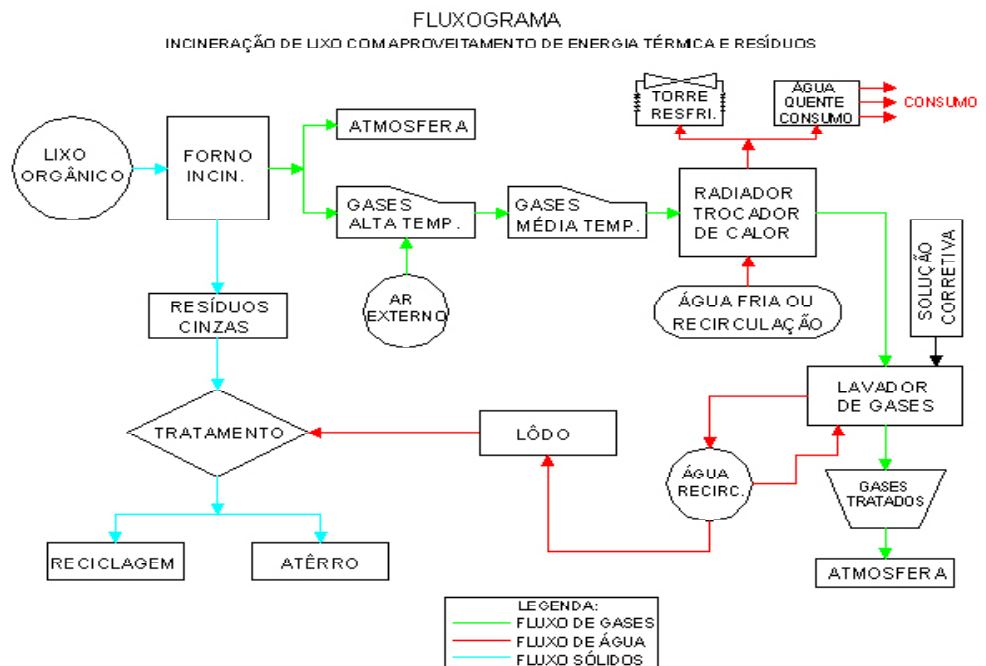


FIGURA 7 – Fluxograma do Processo

### 3.1.2. – Processo de implantação de um incinerador

Conforme Fridman (2000), para que se possa conseguir um equipamento satisfatório, é necessário o conhecimento dos seguintes aspectos, além da capacidade incineradora:

- Para atender carga e manuseio:
  - Embalagens adequadas ao resíduo.
  - Pesos, volumes e formas.
- Para atender dimensionamento de câmaras de combustão:
  - Poder calorífico dos resíduos
  - Teor de umidade
  - Faixa de massas específicas dos resíduos presentes
  - Tipo e quantidade de plásticos presentes
  - Espécie e quantidade de líquidos presentes e também seu eventual caráter de inflamabilidade.
- No que diz respeito a problemas ambientais:
  - Conteúdo de halógenos, principalmente vindos do PVC.
  - Teor de metais pesados
  - Teor de resíduos perigosos.

### 3.1.3. – O Planejamento

Diferentes tecnologias de incineração foram desenvolvidas em função dos tipos e estado físico dos resíduos. Pode-se considerar que todas elas possuem basicamente quatro áreas distintas, citadas abaixo:

Preparação dos resíduos e alimentação;

- Combustão;
- Controle das emissões;
- Controle dos efluentes e resíduos.

Um planejamento estratégico a longo prazo é essencial para se implantar uma usina de incineração com sucesso. Os responsáveis pelas decisões precisam conhecer a influência de uma variedade de questões no processo de planejamento a definir;

- quem assume a propriedade e as responsabilidades decorrentes, o que inclui os riscos ligados à instalação;
- quem toma as decisões legais e de engenharia;
- seleção e coordenação do transporte para a usina;
- venda de um produto (eletricidade), se for o caso;
- geração de capital, se for o caso acima.

No caso de incineração com recuperação de energia, deve-se conhecer:

- composição do lixo, diretamente relacionada à recuperação de energia. A umidade e a redução da porcentagem de plásticos por exemplo, diminuem a energia gerada, elevando o custo da tonelada incinerada;
- a tarifa de energia recuperada; a receita obtida com a venda de eletricidade, tem grande influência sobre o custo da tonelada incinerada.

#### 3.1.4 - Caracterização do resíduo

Para se incinerar um resíduo é indispensável caracterizá-lo corretamente. Incinerar um resíduo desconhecido, ou em condições

operacionais erradas, pode ocasionar desastres ao meio ambiente. Assim, são itens essenciais na caracterização do resíduo para determinação de:

- **Poder calorífico:** também denominado como potência calorífica, indica quanto calor é liberado durante a queima do resíduo, e é numericamente igual ao seu calor de combustão. É determinado pela queima em oxigênio, de uma amostra com peso conhecido, em uma bomba calorimétrica, e a energia liberada é detectada, medindo-se o aumento de temperatura da bomba e da aparelhagem ao redor.

Utiliza-se dois métodos para expressar o poder calorífico, que diferem no estado que se escolhe a água presente no sistema, depois da combustão:

- O poder calorífico total, absoluto ou superior de um combustível (PCS), é o calor liberado na sua combustão completa, sob pressão constante e a temperatura externa de 25 °C, quando toda a água inicialmente presente, como líquido no combustível, e a que se encontra presente nos produtos da combustão, está condensada no estado líquido.

- O poder calorífico útil, ou inferior (PCI), define-se de forma semelhante, salvo que o estado final da água no sistema, é o estado de vapor a temperatura externa de 25 °C, ou sendo, o PCI obtém-se do PCS, subtraindo-se o calor latente de vaporização da água formada e vaporizada na combustão.

Resíduos com alto PCI consomem menos combustível. No caso específico do lixo doméstico o valor médio é de 1.300 kcal/kg. (5,44 MJ/kg). Um Poder Calorífico muito variável pode dificultar o controle de temperatura do incinerador, e causar combustão incompleta com emissão de material tóxico, fusão e acúmulo de cinzas devido a temperaturas



excessivas, geração de monóxido de carbono (CO), devido a insuficiência de ar de combustão.

Abaixo é apresentado gráfico, demonstrando a influência do poder calorífico superior do resíduo urbano, relacionado a presença de ar, na temperatura do incinerador.

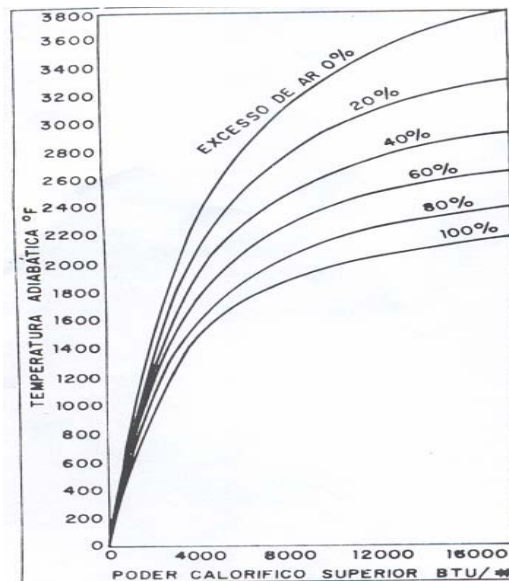


GRÁFICO 1 – Influência do Poder Calorífico dos Resíduos na Temperatura.

FONTE: Santos, 1998

- **Cinzas:** é o que sobra depois da incineração, sendo constituída por matéria mineral, carbono não queimado e maior parte dos metais. A porcentagem de cinzas permite estimar o espaço necessário para o aterro. As cinzas são a escória (captadas na base), e as voláteis, captadas no lavador de gases. A observação visual, apesar de rudimentar, pode nos dar indícios de um bom processo de queima, onde as cinzas resultantes devem

se apresentar soltas, e com a coloração indo desde o creme até o cinza claro.

- **Umidade:** indica a porcentagem de água contida no resíduo. Um teor alto de umidade prejudica a recuperação de energia.

- **Composição elementar:**

- **Carbono, hidrogênio e oxigênio:** elementos químicos principais dos resíduos orgânicos que permitem calcular as condições de combustão;
- **Enxofre, cloro orgânico e nitrogênio:** estes elementos formam gases ácidos corrosivos que podem afetar a durabilidade do equipamento. Os óxidos de enxofre (Sox) e o ácido clorídrico (HCl), são removidos por absorção em solução alcalina. Os óxidos de nitrogênio (Nox), devem ter sua geração minimizadas, pelo controle das condições de combustão, com câmaras duplas e queimadores especialmente projetados.
- **Metais:** mercúrio, cádmio, chumbo e outros, podem conferir grande toxicidade ao resíduo, ou às correntes gasosas e líquida que saem do incinerador. Precisam ser identificados para a definição do processo de sua remoção da corrente gasosa ou líquida. São fatores primordiais na classificação das cinzas incineradas;
- **Dioxinas e Furanos:** são produtos tóxicos que podem ser formados na combustão de compostos que contém cloro, como plástico e papel, quimicamente conhecidos como PCDDs e PCDFs. São determinações para uma classe de compostos policlorados e difenílicos. O resfriamento brusco dos gases de combustão, é o método de controle, que limita esta formação.

- **Características especiais:** existem propriedades dos resíduos que devem ser levadas em consideração no projeto do incinerador e nos cuidados operacionais visando garantir a integridade dos operadores e do equipamento, quais sejam: toxicidade (PCBs com ascarel), corrosividade (ácidos), odor (gás sulfídrico), liberação de fumaça (ácido clorídrico) reatividade (pentacloro de fósforo), dentre outros.

### 3.1.5 – A utilização dos resíduos

Visando reduzir a área do aterro destinada para depósito das cinzas, e também o da reutilização de forma econômica, foi planejado o sistema de utilização das cinzas, agregando-se cimento, água e areia, com o objetivo de fabricar, a partir desta escória, blocos de concreto para uso dentro da planta industrial, na construção de calçadas e muros.

### 3.1.6– Localização da usina

A escolha do local para a usina será uma das decisões mais difíceis. Uma variedade de barreiras sociais e técnicas terá de ser negociada para uma localização bem sucedida:

- Efeito sobre os moradores. Os moradores estarão preocupados com efeitos sobre a saúde associados com a usina, redução do valor das propriedades e aumento do tráfego nas vizinhanças;
- Impacto ambiental. A incineração tem o potencial de criar uma variedade de preocupações ambientais;
- Planos de desenvolvimento. É necessário avaliar os planos para o futuro uso da área de uma possível usina;
- Proximidade da fonte de geração de lixo. Os custos de transportes são expressivos dentro de um sistema de gerenciamento integrado de lixo;
- Proximidade dos mercados para a energia, quando for o caso. A energia gerada terá de ser entregue aos compradores. É preciso considerar a localização das linhas de distribuição de eletricidade;
- Aspectos logísticos. Zoneamento de área e rotas de acesso também precisam ser considerados;
- Disposição das cinzas geradas. É necessário o acesso a um aterro adequado;
- A tecnologia de incineração a ser usada.

Além das considerações citadas acima, no Rio Grande do Sul, esta atividade, para estar em conformidade com a legislação vigente, deverá ter sua licença ambiental liberada pela FEPAM, conforme estabelece a Resolução nº 009 de 25 de outubro de 2000 do CONSEMA. De acordo com esta norma, precede à emissão de Licença Prévia (LP), a apresentação e aprovação do Estudo de Impacto Ambiental (EIA), e do respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA).

## Capítulo IV – RESULTADOS E DISCUSSÃO.

### **4.1 – O incinerador implantado em Salto**

Neste trabalho, analisou-se a implantação e o desenvolvimento prático do projeto, feito para uma planta de incineração de Resíduos Sólidos de Saúde (RSS), na cidade de Salto, no Uruguai. Figura 8 abaixo, onde mostra uma vista geral da planta incineradora da Trenal S.A. Conforme dados da imprensa, (El Pais, 2000), a planta denominada Centro Ecológico Futuro (CEF), foi concebida em resposta a crescente necessidade de dar um tratamento ecologicamente responsável, aos resíduos hospitalares contaminantes que são gerados no país, sendo na data, a única planta incineradora em funcionamento habilitada pelos ministérios da Saúde Pública e Habitação, localizada em Salto, no Uruguai, em uma área vizinha ao aterro sanitário, por questões ambientais e logística.

A planta, segundo este veículo de imprensa, (ver anexo 1) é considerada modelo, e atende todas as normativas nacionais vigentes (Decreto 253/79 e Decreto 135/999), naquele país. Dispõe ainda de um laboratório para avaliar de forma sistemática as características dos efluentes líquidos, sólidos e gasosos, com engenheiro químico como técnico responsável pela operação do sistema.

A usina incineradora dispõe de 700 metros quadrados de área coberta, em um terreno de 3.000 metros quadrados, localizada na interseção das rodovias 3 e 31, na periferia da cidade.

O sistema implantado foi o de três incineradores independentes, possibilitando a operação em conjunto, permitindo desta forma, a flexibilidade de serem operados individualmente ou em grupo, dependendo

da situação do volume de RSS, recebidos para incineração no dia, absorvendo assim, eventuais flutuações de produção. A figura 8, mostra uma vista parcial da planta.



FIGURA 8- Vista da Planta Incineradora em Salto (Uruguai)

Os incineradores implantados são de fabricação da GSA do Brasil Tratamentos Ambientais Ltda., tipo RTU (Reator Térmico Umwelt), de tecnologia alemã. Abaixo Figura 9, Vista do Incinerador RTU.



FIGURA 9 - Vista do Incinerador RTU.

FONTE: GSA do Brasil

#### 4.2 – Descrição do sistema implantado

No planejamento das operações da planta, foi montado um organograma de atribuições, para cada gerente envolvido no processo, desde a instalação e operação, transporte, e administração geral.

Na fase inicial, desenvolveu-se uma coleta de dados, seguindo um roteiro de passos, conforme a metodologia do trabalho, para a criação das premissas do projeto, de forma que a planta foi concebida, utilizando os passos descritos nos itens 3.1.2, 3.1.3 e 3.1.4, que contemplou os seguintes aspectos:

- As embalagens para coleta dos resíduos, feito na origem dos pontos geradores (hospitais, clínicas, etc.), foram padronizadas em sacos plásticos apropriados, conforme especificado pela NBR 9191/1993, de cor branca-

leitosa, tipo 2, código LSE, devidamente identificados, com símbolo de infectante, para o acondicionamento dos RSS da classe A, onde é utilizada até 2/3 da capacidade volumétrica do saco plástico, sendo totalmente fechado, após o enchimento, não permitindo o derramamento do conteúdo, mesmo que virados, e caixas padronizadas rígidas para resíduos pérfuro-cortantes, sendo estas embalagens, colocadas em reservatórios plásticos de 200 litros, e fechados hermeticamente para transporte em caminhões próprios para este tipo de carga.

O objetivo é o de não gerar volumes muito grandes, para facilitar o manuseio, e evitar problemas na alimentação do incinerador.

- No próximo passo, visando caracterizar os resíduo, nos pontos de origem de geração dos RSS, foram coletadas amostras para verificação e controle do teor de umidade, poder calorífico e massa específica, verificando se estavam de acordo com as especificações do projeto do incinerador. Foi desenvolvido junto aos pontos de geração, um plano de gerenciamento dos RSS, para evitar a mistura de classes, principalmente plásticos, pérfuro-cortantes, metais pesados e resíduos de caráter explosivos.

- Na etapa posterior, foram projetadas e construídas salas para estocagem do produto, dentro da área da planta industrial, salas estas, com isolamento térmico e refrigeração, para evitar uma eventual decomposição dos resíduos. No início da jornada de trabalho, a sala é aberta, dando-se seqüência a retirada do material, pelo método FIFO (o primeiro que entra, é o primeiro que sai), sendo colocados em carrinhos de tração manual, sendo no próximo passo, colocados na caçamba elevadora de alimentação do incinerador.



Os resíduos são incinerados, tendo suas emissões controladas pelo lavador de gases, sendo a escória da incineração levadas para uma central de triagem para peneiração da cinzas, para separação do material não incinerado, tais como metais proveniente de pérfuro-cortantes e vidros, pois as temperaturas atingidas pelo incinerador, não atingem os pontos de fusão destes materiais, que estão na faixa de 1500 a 1600 °C.

O regime de trabalho implantado foi o de dois turnos diários de 8 horas, e um terceiro turno, para limpeza, manutenção e retirada das cinzas.

Para um volume de alimentação de 250 kg/h de lixo hospitalar, em três fornos simultaneamente (sendo um forno com capacidade produtiva média de 160 kg/h, e dois com capacidade individual média de 45 kg/h), com as chaminés de descarga de gases interligadas, obteve-se temperaturas médias de aquecimento da saída de água de até 85 °C, a uma vazão de 4.000 litros/hora, em condições normais de temperatura e pressão, com a água a temperatura ambiente, durante a fase de testes da planta, apesar das oscilações de produção, fato normal nesta fase de implantação. Na figura 10 abaixo, o fluxograma de trocas térmicas do sistema.

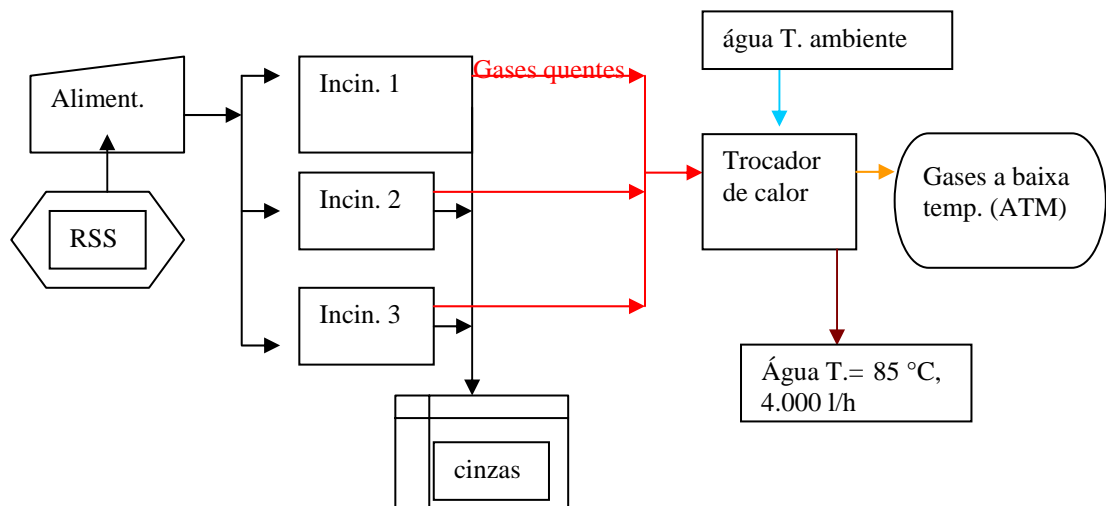


FIGURA 10 – Fluxograma do processo de trocas térmicas

Em função de falta de condições tecnológicas para coleta de dados, instrumentação adequada, das flutuações e oscilações dos parâmetros a serem analisados na implantação do sistema, não foi possível fazer um balanço prático final de energia do projeto. Um balanço energético teórico de projeto foi executado, porém por se tratar de tecnologia do fabricante, não foi possível sua divulgação.

Em síntese, os gases provenientes na exaustão das chaminés, é coletado, a uma temperatura média de 800 °C. Visando rebaixar esta temperatura, adequando-a a uma situação operacional de segurança, melhor rendimento térmico e durabilidade dos componentes envolvidos no projeto, é realizada a mistura com ar ambiente, reduzindo esta temperatura para a faixa de 450 °C. Num passo seguinte, esta mistura é forçada passagem por um sistema de trocadores de calor, tipo feixe de tubos, com troca de calor provenientes dos gases pelas paredes externas destes tubos, contra a passagem forçada internamente de água fria por meio de ação mecânica de uma moto-bomba hidráulica, em sistema de contracorrente.

O efeito de troca térmica produz o aquecimento da água, (vide rendimentos citados acima), na passagem pelo trocador, que é direcionada, através de uma rede hidráulica, para consumo interno na planta industrial, neste caso, utilizada principalmente, para higienização dos contentores plásticos que transportam o lixo hospitalar, eliminando-se desta forma, outra fonte de energia, do uso de equipamentos com motor elétrico para aquecer e pressurizar a água de limpeza, (bombas tipo lava-jato). Em caso de não utilização desta água aquecida, a mesma é desviada através de um jogo de registros hidráulicos, para uma torre de resfriamento, com conseqüente redução de temperatura, retornando para o trocador de calor

num ciclo fechado. Na figura 11, Vista Isométrica do Sistema de Incineração.

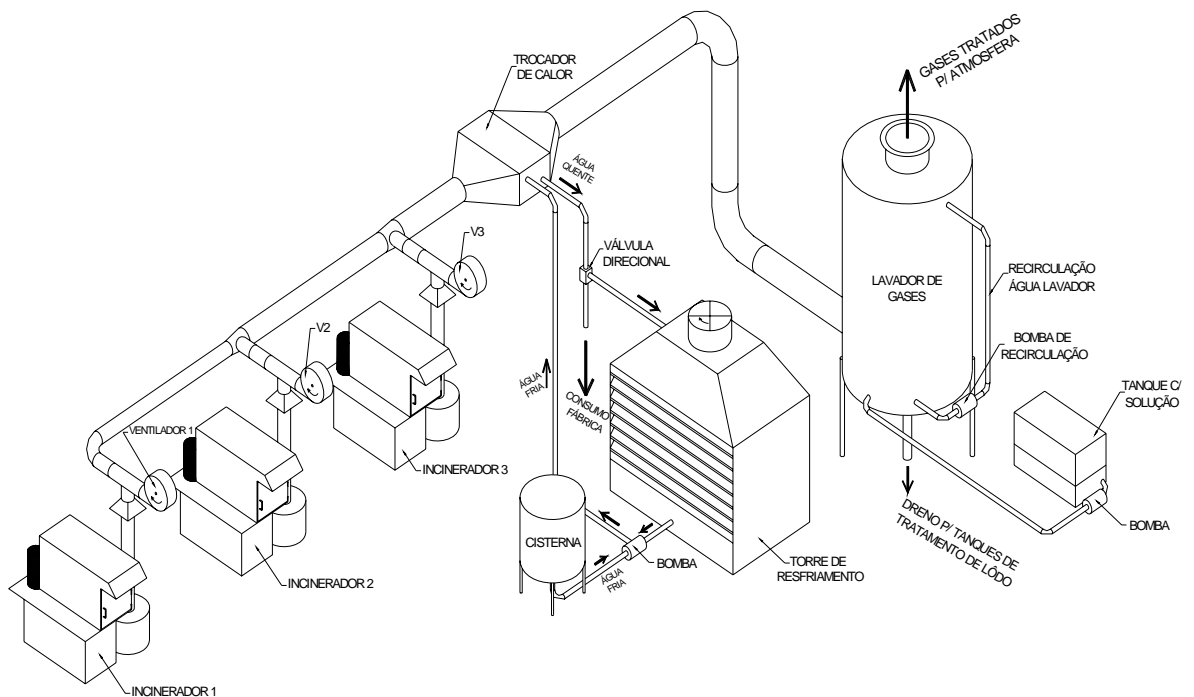


FIGURA 11 - Vista Isométrica do Sistema de Incineração.

### 4.3 – O lavador de gases. – Descrição do Processo Implantado

A tecnologia escolhida, foi a do lavador convencional tipo “air-washer”, com árvores de “sprays”, em função de ser um equipamento com maior facilidade de fabricação, além de ter as vantagens de coletar vapores e gases condensáveis e de suportar grandes vazões com pequena perda de carga.

Os gases provenientes da incineração, após passagem pelo sistema trocador de calor, devem sofrer a ação forçada através de uma aspersão de

gotas visando o umedecimento ou lavagem pela água, monitorando-se as características físico-químicas da água de recirculação da lavagem de gases, objetivando reter particulados e minimizar a emissão de Sox na atmosfera, ilustrado abaixo pelo esquema de funcionamento da figura 12.

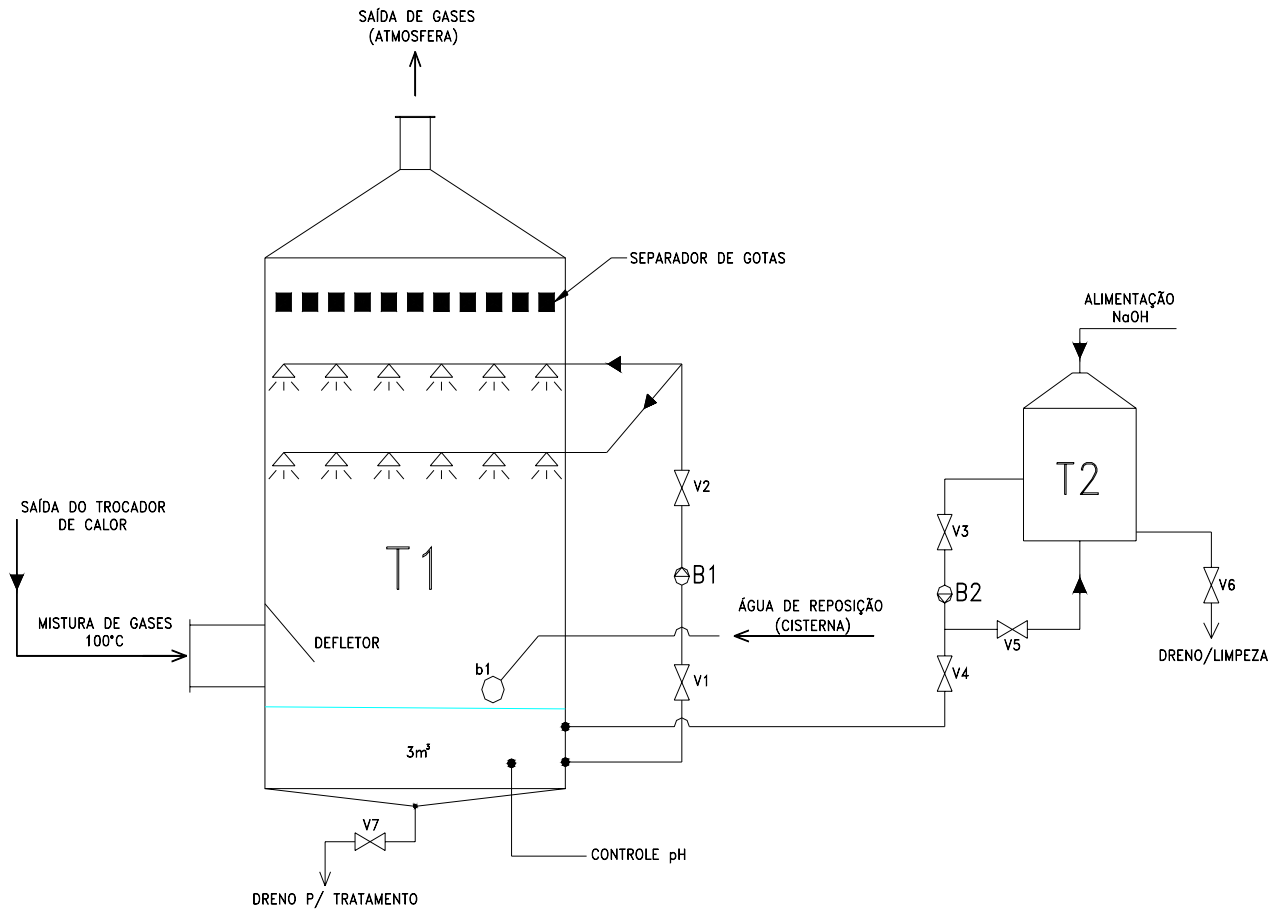


FIGURA 12 – Modelo de Lavador de Gases

FONTE: G.S.A do Brasil

A legenda utilizada na figura 12 representa:

T1 – Tanque lavador de gases

T2 – Tanque lavador de solução NaOH – 50%

B1 – Bomba de recirculação 5,0 CV – 20 m<sup>3</sup>/h

B2 – Bomba dosadora da solução soda cáustica – 0,5 CV, 2,0 kg/h

b1 – Válvula de bóia

V1; V2....V7 – Válvulas.

Para executar o processo de neutralização das emissões, os gases serão forçados a passar pelo interior do tanque T1, construído em aço inoxidável, onde sofrerá a ação de lavagem, por uma solução básica (NaOH), reagindo desta forma para a neutralização do Sox, bem como a retenção dos particulados remanescentes. A dispersão da solução, será dada pela parte superior do tanque T1, através de bicos aspersores, (“sprinklers”), sendo esta ação executada por uma moto-bomba hidráulica, com carcaça e rotor fabricada aço inoxidável, ou outro material que possa ser resistente à solução de NaOH.

A passagem através dos bicos a alta pressão, provoca a nebulização da solução, que em contracorrente, com os gases executa a lavagem dos mesmos. Observa-se que a bomba e todo circuito hidráulico está dimensionada, e com válvulas na entrada e saída da bomba, para uma eventual ajuste no aumento ou redução na vazão de líquido, visando a garantia da completa nebulização da solução, na saída dos referidos aspersores. O líquido com os particulados, retorna para a base do tanque T1, onde os sólidos serão decantados para o fundo por ação da gravidade. Na linha abaixo da superfície da solução, ocorre a aspiração do líquido, por intermédio da bomba, formando um ciclo fechado. A Figura 13, mostra o tanque, e parte dos componentes do processo.



FIGURA 13 – Vista dos componentes do processo de lavagem dos gases de combustão.

FONTE: El Pais (2000)

A deposição dos sólidos em suspensão na solução, forma um lodo no fundo do tanque, que diariamente ao final do turno de trabalho é retirado, e escoado para os tanques de tratamento e leitos de secagem, para após deposição em aterro sanitário.

#### **4.4 – O Reaproveitamento das Cinzas.**

Para a situação do reaproveitamento das cinzas, sendo este processo efetuado dentro do perímetro da planta, obteve-se uma produção de até 150 bloquetes de concreto/dia, com peso médio de 1,6 kg, usando-se as cinzas geradas, misturadas com cimento areia e água, na proporção em volume, de uma parte de cimento, três de areia, três de cinzas, acrescida de água, até

formar uma massa homogênea em uma betoneira. Após a homogeneização da mistura, a massa é colocada em formas metálicas pré-montadas, com o formato de um paralelepípedo de concreto, com as dimensões de 20x15x5 cm, que são curadas previamente, a temperatura ambiente, e após retirados das formas e armazenados em um galpão, onde acontece a cura final. Após um período mínimo de cura, de uma semana, estes blocos são enviados para o canteiro de obras, onde são utilizadas exclusivamente na construção de muros e calçadas internas do parque industrial, não sendo utilizados para construção de salas, ou qualquer outro tipo de construção, que eventualmente fosse utilizado por pessoas.

A Figura 14, mostra o sistema de formas, onde a cura acontece ao ar livre.



FIGURA 14- Cura dos blocos ao ar livre

## **4.5 – Discussão do Processo.**

### 4.5.1- Tratamento e utilização da água de resfriamento.

A situação de reutilizar a energia térmica liberada no processo, conforme Lima, (1995), surgiu como alternativa, visando reduzir os custos de compra, manutenção e consumo de energia elétrica, dos equipamentos utilizados (hidro-lavadores de alta pressão, com aquecimento da água), para a higienização dos recipientes utilizados para o transporte dos RSSS, e áreas internas da planta.

Nas situações em que não havia necessidade da utilização desta água, foi criada a alternativa do ciclo fechado, com a água passando através de torres de arrefecimento, para baixar a temperatura e retornar, com a função de reduzir a temperatura dos radiadores, com um ponto de reposição de água no circuito, através de uma válvula bóia, com objetivo de manter o nível do reservatório, repondo as perdas por evaporação, ou eventuais vazamentos.

Em eventuais situações de emergência, como falta de energia elétrica, ou parada do sistema de bombeamento e arrefecimento, foi previsto um dispositivo de abertura e saída direta dos gases, na chaminé dos fornos incineradores, diretamente para a atmosfera, sem passagem pelo trocador de calor e lavador de gases, eliminando os riscos do superaquecimento do sistema.

A descrição de situações de alterações no projeto e no processo, são descritas abaixo, na seção 4.6.



#### 4.5.2 - Tratamento das cinzas.

Prevendo situações de não conformidade no processo, ou situações de emergência, algumas regras foram definidas. Na avaliação das cinzas, em caso de ser detectado a presença de restos de matéria orgânica não incinerada (falha de operação), este material é separado na saída da peneira classificatória descrita na seção 4.4, e enviado novamente para alimentação dos fornos, para garantia total de incineração dos resíduos sólidos.

Os anexos 3 e 6, com análise de cinzas de incineração, em equipamentos e processos similares, mostram dados de incineradores.

#### 4.5.3 – A lavagem dos gases.

De acordo com Lima (1995) e Ruppenthal (2001), o sistema de lavagem de gases, demonstrou estar adequado para este tipo de processo, sendo necessário alguns ajustes no início do processo, na dosagem da solução básica.

Prevendo situações de emergência, para evitar o superaquecimento do lavador, o mesmo sistema de proteção descrito na seção 4.5.1, através de descarga direta dos gases quentes para atmosfera, demonstrou ser eficiente.

O anexos 4 e 5, mostram laudos de análise físico químicas da água de recirculação, em um equipamento lavador similar, mostrando que a água de lavagem, está impregnada de sólidos totais e dissolvidos, sugerindo a necessidade de um tratamento, quando da sua substituição, devido a saturação por sólidos.

Análise de emissões, em processos e equipamentos semelhantes, são apresentados no anexo 6, indicam que o processo atende aos limites da legislação. No anexo 7, dados de alguns órgãos, demonstrando a eficiência em situações similares.

Neste trabalho, não foram avaliadas dioxinas e furanos, em função das condições técnicas dos laboratórios disponíveis na oportunidade no Uruguai.

#### 4.5.4 – Racionalização das rotinas de trabalho.

Visando garantir a preparação dos colaboradores envolvidos nas atividades da indústria, bem como as operações com a devida segurança do trabalho, com o uso de E.P.I. indicado para cada tarefa, foi desenvolvido um plano de acompanhamento e padronização das rotinas nos diferentes turnos de trabalho, com a forma correta de manuseio, desde a coleta, passando por todos os passos dos fluxos internos: recebimento dos resíduos a serem incinerados, estocagem, alimentação do material a ser incinerado nos elevadores de entrada dos incineradores, controle de todo processo de incineração, lavagem dos gases, monitoramento do pH da água, arrefecimento do sistema de água, retirada e reutilização de cinzas, e todas as formas diversas de controles de níveis, pressões e temperaturas.

Todas as rotinas de operação e segurança do trabalho, foram elaboradas em forma de “check-list”, apresentadas e discutida com todos os envolvidos, o que resultou em um plano de rotinas do trabalho, facilitando

e garantindo a operacionalização da produção e segurança do trabalho dos operadores do processo.

#### **4.6 - Ações retificadoras**

O processo foi discutido entre as equipes de projeto, montagem e operação da usina, sofrendo avaliações no decorrer da implantação da planta, levando ao implemento de ações, visando a melhoria de eficiência.

Inicialmente houveram adaptações do sistema de bombeamento da água para passagem forçada, através do trocador de calor. Em determinadas situações, quando um ou dois fornos de incineração não estava em operação, logicamente, havia uma redução na temperatura da água na saída do trocador. Esta vazão de água a temperatura mais baixa, não satisfazia a exigência do uso destinado, de complemento da limpeza dos recipientes plásticos retornáveis, utilizados para carregamento de Resíduos Sólidos de Saúde, e também da limpeza dos pisos da planta incineradora. Com isto foi adotada a ação, para esta determinada situação de fechamento parcial do registro de saída da bomba, reduzindo a passagem de água, e com isto ajustando-se até obter uma temperatura ideal para consumo na indústria, tomando o cuidado de não reduzir em demasia a passagem de água, o que poderia ocasionar altas temperaturas na água de saída, e conseqüentemente uma provável vaporização. Numa linha paralela a esta ação, foi reduzida a vazão da tomada de ar externo, que provocam a mistura e redução das temperaturas dos gases, nos ventiladores de saída das chaminés dos fornos, através da instalação de registros em chapa metálica, na tubulação que aspira ar para os ventiladores, e com isto restringindo a passagem de ar

externo, com conseqüente, aumento da temperatura dos gases, até a faixa de 450 °C, para auxiliar no rendimento térmico do equipamento.

Outra situação apresentada, foi a de que inicialmente, em função da urgência da instalação do projeto, o trocador de calor foi concebido e fabricado em aço carbono comum. Observou-se que, principalmente em dias com temperaturas mais baixas, a água em forma de vapor presente nas emissões, ao entrar em contato com o feixe de tubos frios, condensava, e por conseqüência, por conter ácidos, ocasionava a corrosão dos tubos do trocador de calor. O problema foi corrigido substituindo-se o trocador de calor fabricando-o em aço inoxidável.

Com relação ao sistema de reutilização das cinzas, na fase de por em marcha os equipamentos, surgiram problemas de apresentação de material estranho no produto final (bloquetes), como pontas de seringas e vidros, que não se decompunham no processo de incineração. Visando eliminar os resíduos de vidro e metais, que acompanham as cinzas, foi instalada uma peneira vibratória, para separar estes materiais, das cinzas que são destinadas a fabricação. Os materiais estranhos inertes retirados nesta fase, são destinados ao aterro sanitário.

## CAPÍTULO V – CONCLUSÕES, SUGESTÕES E RECOMENDAÇÕES

### 5.1 – Conclusões

Este trabalho demonstrou sua viabilidade técnica, além do aspecto da qualidade ambiental, pois proporciona, com o processo de incineração, o reaproveitamento de energia térmica gerada através deste processo, objetivando a produção de água quente para consumo interno em plantas, criando opções de uso: utilização para higienização, ou outras necessidades próprias do processo, opção de injeção em caldeiras para auxiliar na geração de vapor, além do aproveitamento dos resíduos das cinzas, para fabricação de bloquetes para uso na construção civil.

Destaca-se ainda, as contribuições do desenvolvimento e melhoria da técnica do tratamento das emissões, através da implantação do sistema lavador de gases, com foco no tema da qualidade ambiental, a não necessidade de compra e utilização de equipamentos de limpeza com água quente, com conseqüente custo da energia elétrica, a redução do volume de cinzas, que são depositadas no aterro sanitário, em até 90%.

Verificou-se ainda, no decorrer da implantação do processo de trabalho, a melhora da produtividade devido a racionalização e padronização dos procedimentos de rotinas, melhorando as condições de trabalho e segurança dos colaboradores envolvidos. O trabalho contribui em dois temas importantes: qualidade ambiental e redução de custos.

A validade do estudo ficou demonstrada também, não somente pelos aspectos práticos que o trabalho apresentou, desde sua fase inicial de

projeto, passando por todas as fases: fabricação, montagem, posta em marcha, ajustes, ações corretivas, treinamento e preparação das pessoas envolvidas na sua operação, manutenção e gerenciamento, e finalmente sua operação, como também pelo grau de dificuldades que o trabalho exigiu, haja vista, a pequena disponibilidade de material bibliográfico de projetos similares ao tema abordado.

## **5.2 – Sugestões e Recomendações**

Como sugestões e recomendações, cita-se a de que o método seja testado em outras empresas, adaptando-se as características do empreendimento, visando o reaproveitamento da energia térmica da água de resfriamento, seja aproveitada para injeção em caldeiras, visando a redução do consumo de combustível utilizado para a geração de vapor, seja também, analisando-se a possibilidade da co-geração de energia elétrica.

Avaliar o processo de secagem da lama resultante da lavagem de gases, a qual atualmente, está sendo recolhida em leitos de secagem.

## CAPÍTULO VI – BIBLIOGRAFIA .

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução RDC n. 33** de 25 de fevereiro de 2003. Dispõe sobre o Regulamento Técnico para gerenciamento de resíduos de serviços de saúde. Brasília, 2003. 15 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Incineração de Resíduos Perigosos – Padrões de Desempenho**. NBR 11175. Rio de Janeiro, jun.1990. 5p.

\_\_\_\_. **Classificação dos Resíduos dos Serviços de Saúde**. NBR 12808 .Rio de Janeiro, Jan. 1993. 3p.

BARCELLOS, D. R. **Gerenciamento do Lixo Hospitalar: estudo de caso**. 91 f. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2000.

BNDS. **Resíduos Sólidos Urbanos**. Disponível em: <<http://www.kompac.com.br/publicacoes/estado.htm>>. Acesso em 29 ago.2003.

CONSELHO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE – CONSEMA. **Resolução n. 009** de 25 de outubro de 2000. Dispõe de norma para o licenciamento ambiental de sistemas de incineração de resíduos provenientes de serviços de saúde, classificados como infectantes (Grupo A) e dá outras providências. Porto Alegre, 2000.20p.

\_\_\_\_. **Resolução n. 05** de 05 de agosto de 1993. Dispõe de normas mínimas para tratamento de resíduos sólidos oriundos de serviços de saúde, portos e aeroportos e terminais rodoviários e ferroviários. Brasília, 1993. 23p.

DUDAS, L. Origem e Destinação dos Resíduos Sólidos. **Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Paraná.Net Mídia Computação Gráfica: em CD rom. Instituto Ambiental do Paraná ( IAP) – SEMA**.

MARTIN, L. Ano 2000. **El país**, Medio Ambiente - Suplemento Especial. Montevideu, p. 15-jun. 2000.

FOUST, A.S. & WENZEL L.A. & CLUMP, C.W. & MAUS, L. & ANDERSEN L.B. **Princípios das Operações Unitárias**. Rio de Janeiro : Ed. Guanabara Dois, 1982.

FRIDMAN, J. **Tratamento e Disposição Final de Resíduos de Serviço de Saúde**, Associação Brasileira de Limpeza Pública. ABLP. São Paulo. 2000. p.29-31.

HAYASHY, J. Incinerando sólidos com qualidade. São Paulo, **Revista Brasileira de Engenharia Química**, p.4 dez. 1993.

KOLBERG, M. S. Ano 1999. Resíduos Sólidos – Regras de Incineração. **Jornal do CREA-RS**, Porto Alegre, p.3-4, jan. 1999.

LIMA, L.M.Q. **Tratamento de Lixo**. São Paulo: 2. ed. Hemus, 1991.

\_\_\_\_\_. **Lixo – Tratamento e Biorremediação**. São Paulo: 3. ed. Ed. Hemus, 1995.

LUCENA, L. C. – Lixo Hospitalar e Legislação. São Paulo. **Revista Banas Ambiental**, n. 11, p. 14-19, 2001.

MAGALHÃES, T. – Quem cuida? ... Quem sustenta?. **Revista Brasileira de Saneamento e Meio Ambiente**, n.16, p.66-70, Dez. 2000.

MANSUR, G. **Lixo Hospitalar**. Engenharia Sanitária, 1988.

MENDONÇA, R. A incineração como forma de disposição do lixo, In: 1º SIMPÓSIO PARANAENSE SOBRE DESTINO FINAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS, 1983. **Anais de Incineração**. Curitiba. p.8-12.

MENEZES, R. A. **Estágio atual da incineração no Brasil**. Disponível em: <<http://www.kompac.com.br/publicacoes/estado.htm>>. Acesso em 29 ago.2003.

PINTO, M.S. A coleta e disposição do lixo no Brasil. **FGV**, Rio de Janeiro, 1999. p. 60-64.



PÓLIS - FINATEC, **Lixo Hospitalar**. Brasília: Universidade de Brasília.1998. 56p.

RIBEIRO, V.O. **Tratamento e Disposição Final de Resíduos de Serviço de Saúde**, Associação Brasileira de Limpeza Pública. São Paulo: Ed. ABLP, 2000.

ROCHA, Aristides A. **Resíduos sólidos e meio ambiente: série Seminários e Debates**. São Paulo: Ed. Pini, 1993.

RODRIGUES, Hayrton P. **Banas Ambiental**. São Paulo: n.11, abr., 2001.

SALDIVA, P.H. Ano 1999. **O Estado de São Paulo**, A verdade sobre as dioxinas. São Paulo, p.15 jun. 1999.

SANTOS, M. C. Incineração de Resíduos Perigosos. São Paulo, **Revista Brasileira de Engenharia Química**. n. 1, p. 16-25, 1998.

SCHNEIDER, V.E. & RÊGO R.E. & CALDART V. & ORLANDIN S.M. **Manual de Gerenciamento de Resíduos Sólidos de Serviço de Saúde**. São Paulo : Ed. Balieiro, 2001.

SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO, **Manuais de Legislação Atlas**. São Paulo: Ed. São Paulo, 1988.

SILVA, R.B. **Ventilação Mecânica**. São Paulo: Ed. Grêmio Politécnico, 1980.

SILVA, R. J. Controles no Co-processamento de resíduos em fornos de clínquer e os mecanismos de formação de dioxinas e furanos, São Paulo. **Revista Meio Ambiente Industrial**, v. 41, p.42-46, 2003.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. **Sistemas de gestão Ambiental**. Santa Maria, 63 p.[2001]. RUPPENTHAL, J. E.

WINDOWS 98: **Waste combustor and dioxins/furans: facility design is the solution**. New York, U.S.1999. Disponível em:

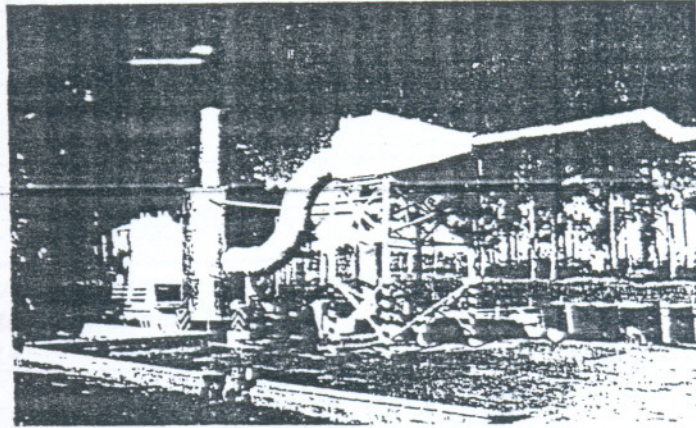
<[http://c3.org/news\\_center/ccc\\_periodicals/chlorine\\_stew\\_breakthroughs/stewbreak1-97.html](http://c3.org/news_center/ccc_periodicals/chlorine_stew_breakthroughs/stewbreak1-97.html)>. Acesso em 27 de agosto de 2003.

\_\_\_\_.: **Lavadores de gases**. Disponível em [meltingnet.com.br/lavadorar.htm](http://meltingnet.com.br/lavadorar.htm). Acesso em 29 de outubro de 2003.

LA ORGANIZACION DE SERVICIOS CENTRO ECOLOGICO FUTURO

# Una planta incineradora de residuos modelo en la región

La organización de servicios Centro Ecológico Futuro (CEF), fue creada hace dos años en respuesta a la creciente necesidad de dar un tratamiento ecológicamente responsable a los residuos hospitalarios contaminantes que se generan en el país.



TRENAL. La planta modelo opera en Salto con 700 metros cuadrados de superficie cubierta

Integrada por técnicos especializados y personal capacitado, dotada de una flota de camiones acorde a su actividad y una planta incineradora de residuos modelo en la región, la empresa cuya razón social es Trenal S.A., es la única planta incineradora en funcionamiento habilitada por los Ministerios de Salud Pública y de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente, para prestar el servicio integral de retiro, traslado, incineración y disposición final de residuos hospitalarios contaminantes, según la normativa vigente. La metodología utilizada por CEF en su planta ubicada en Salto, comprende la incineración controlada por el método de pirólisis en múltiples etapas. "Este método evita procedimientos antiguos o poco efectivos que suponen mayores riesgos sanitarios para la población" explicó uno de los directores de la empresa, Marcelo Conserva.

provisión de los materiales necesarios para el almacenamiento intrainstitucional, el retiro desde el centro generador, el traslado en vehículos especialmente acondicionados, la incineración hasta su disposición final. La empresa, provee a sus clientes la cantidad de tarrinas necesarias para el buen desarrollo del servicio. Estos envases de material sólido y resistente poseen un sistema de cierre hermético, de fácil manejo, que elimina toda posibilidad de contaminación. El gerente comercial señaló además que "las tarrinas son sometidas a un fuerte tratamiento de desinfección luego de vaciadas, lo que permite reiterar su uso sin peligro alguno. Se entregan a solicitud, bolsas de polietileno virgen con el espesor acorde a las normas vigentes y envases descartadores de elementos punzocortantes, los que son reti-

rados por la empresa en la frecuencia que el cliente considere pertinente.

## TRASLADO SEGURO

Los residuos se trasladan en vehículos especialmente acondicionados, de uso exclusivo para este tipo de carga. Poseen una caja rígida completamente cerrada e impermeable y cuentan con sistemas refrigerados de conservación. La caja de carga, separada de la cabina del conductor, se encuentra debidamente sellada a efectos de que su contenido no llegue al exterior, siendo a su vez impermeable con superficie interior lisa y ángulos

sanitarios fáciles de limpiar. "El personal a cargo de estos vehículos -dijo Conserva- está especialmente capacitado para el manejo del material contaminante y lleva un estricto control del material transportado a través de remitos de entrada y salida y hojas de ruta. El directivo explicó que luego de cada descarga, los vehículos son sometidos a un tratamiento de desinfección que asegura una limpieza total de la caja para su posterior utilización.

## PLANTA MODELO

La planta de incineración ubicada en la intersección de las rutas 3 y 31 en el

Departamento de Salto, dispone de unos 700 metros cuadrados de superficie cubierta y se encuentra instalada en un predio de 3 Ha. dentro del Vertedero Municipal. Cuenta con un Arreglo de tres Hornos Pírolíticos y un Sistema de Tratamiento de Efluentes gaseosos que minimiza la contaminación del aire (sistema de características únicas en el país). De acuerdo a lo informado por el Ing. Qro. Américo Kurucz, responsable técnico de la Planta, el método de tratamiento utilizado genera una cantidad muy baja de cenizas residuales (menor a 3% del volumen de residuos procesados) de escasa toxicidad. Estas son mezcladas con cemento y utilizadas en la fabricación de bloques y ladrillos que son reutilizados en la propia Planta en caminería y otras obras de infraestructura. La Planta dispone de un Laboratorio de Control a efecto de evaluar en forma sistemática las características de los efluentes líquidos, sólidos y gaseosos. Todos los efluentes generados en la Planta son sometidos a control y tratamiento de modo de cumplir con los valores guía establecidos por las normativas nacionales vigentes (Decreto 253/79, Decreto 135/999). "En caso de que surgiesen imponderables que dificulten la prestación del servicio -aclaró Kurucz- existen Planes de Contingencia ante las distintas situaciones que pudiesen presentarse. En caso de dificultades en el Sistema de Transporte, se dispone de vehículos de alternativa equipados con elementos de control de última generación. Las unidades móviles se encuentran conectadas entre sí y con la Planta.

El Cr. Andrés Gamboggi, señaló además, que "el objetivo de la empresa es prestar un Servicio Completo, Ambientalmente Responsable y sin deudas para las generaciones futuras".

## EN TODO EL PAÍS

El Gerente Comercial, informó que CEF está implementando en los centros de salud públicos y privados de todo el país que han formalizado su relación contractual, un completo plan de gestión de sus residuos hospitalarios contaminantes. Entre sus clientes actuales, se encuentran los Centros de Salud privados de Montevideo: Hospital Italiano, Hospital Británico, los Sanatorios Evangélico y Español, CUDAM, Banco de Prótesis y SMI entre otros. A los cuales se le suman los hospitales públicos capitalinos como el Hospital Piñeiro del Campo, Hospital Pasteur, Vilardebó, Policial, Saint Bois, el Instituto de Traumatología, el Servicio de Enfermedades Infecto-Contagiosas. En el interior del país, CEF atiende a centros privados y públicos de distintas localidades de los departamentos de Salto, Durazno, Rivera, San José, Colonia, Soriano, Artigas, Paysandú, Tacuarembó, Río Negro, Florida, Canelones y Flores. La empresa ofrece, a aquellos clientes que así lo soliciten, asesoramiento en la cumplimiento y presentación del Plan Integral de Gestión, incluyendo asesoramiento en la manipulación intrainstitucional de los desechos contaminantes.

## MANEJO RESPONSABLE

El decreto 135/999 obliga a todos los centros de atención de salud a contar con un plan integral de gestión para sus residuos sólidos. El gerente de Gestión Comercial de la organización, Cr. Andrés Gamboggi, explicó que "el CEF brinda a sus clientes (sanatorios, hospitales, mutualistas, emergencias médicas móviles, clínicas, laboratorios de análisis medicinales y consultorios médicos, odontológicos y veterinarios entre otros), ese plan de gestión integral abarcando desde la



EJECUTIVOS. Marcelo Conserva y Andrés Gamboggi, directivos del CEF

# ANEXO 2 – Análise de cinzas de incineração (folha 1)

Medições Ambientais

C.C N<sup>o</sup> 920003

Amostra N<sup>o</sup> 04360

## BOLETIM DE EXAMES DE RESIDUO SÓLIDO

CLIENTE

ENDEREÇO

MUNICÍPIO

COLETOR Interessado

LOCAL DA COLETA	<i>Cinzas provenientes de um Incinerador de Lixo Hospitalar condicionada em dois Containers Plásticos.</i>					
	<i>OBRA: .</i>					
Data e hora da Coleta	DATA DE ENTRADA NO LABORATÓRIO				08/10/03	
Chuvas nas Últimas 24 h	Sim	<input type="checkbox"/>	não	Temperatura °C	Amostra	Ar

Observações:

Métodos de análises baseados na 20ª edição do "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater"- APHA - AWWA - WEF

ND = Não Detectado.

Determinações efetuadas no extrato lixiviado.

Lixiviação efetuada de acordo com a norma NBR 10005.

Dados de Lixiviação

pH Inicial	11,0
mL de ácido acético 0,5N gastos	400ml
Horas de Lixiviação	28:00
pH Final	5,42

# ANEXO 2 – Análise de cinzas de incineração (folha 2)

Medições Ambientais

C.C N<sup>o</sup> 920003

Amostra N<sup>o</sup> 04360

## BOLETIM DE EXAMES DE RESIDUO SÓLIDO,

**CLIENTE**

**ENDEREÇO**

**MUNICÍPIO**

**COLETOR**

Interessado

LOCAL DA COLETA	<i>Cinzas provenientes de um Incinerador de Lixo Hospitalar condicionada em dois Containers Plásticos.</i>					
	<i>OBRA:</i>					
Data e hora da Coleta				DATA DE ENTRADA NO LABORATÓRIO	08/10/03	
Chúvas nas Últimas 24 h	Sim	não	Temperatura °C	Amostra	Ar	

PARÂMETRO	RESULTADO	V.M.P	UNIDADE	EXPRESSO
Arsênio	ND	5,0	mg/L	As
Bário	0,90	100,0	mg/L	Ba
Cádmio	0,16	0,5	mg/L	Cd
Chumbo	0,25	5,0	mg/L	Pb
Cobre	0,14	-	mg/L	Cu
Cromo Total	0,58	5,0	mg/L	Cr
Fluorêto	0,49	150,0	mg/L	F
Mercúrio	ND	0,1	mg/L	Hg
Níquel	1,97	-	mg/L	Ni
Prata	ND	5,0	mg/L	Ag
Selênio	ND	1,0	mg/L	Se
Zinco	100.	-	mg/L	Zn
Vanádio	ND	-	mg/L	V

# ANEXO 3 – Laudo Analítico da água de Recirculação (folha1)

Marco Antônio Dexheimer



LQ 0666/94

Porto Alegre, 16 de março de 1994.

## LAUDO ANALÍTICO

### 1. OBJETIVOS

Determinar as características de amostra líquida.

### 2. MATERIAL ANALISADO

Material encaminhado pela Empresa CALÇADOS MAJOLA Ltda. identificado como "Água do Lavador de Gases do Incinerador".

Material recebido dia 10.03.94.

### 3. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS

Sólidos Totais	1.365,0	mg/l
Sólidos Suspensos	110,0	mg/l
Sólidos Dissolvidos	1.252,0	mg/l
pH "in natura"	5,58	
Óxido Total	ND*	
Fenóis	0,017	mg/l

Aspecto: líquido, incolor, e transparente.

ND\* = NÃO DETECTADO

### 4. ANÁLISE MICROBIOLÓGICA

Contagem Total de Bactérias (a 37°C): ZERO;

Contagem de Coliformes Totais: ZERO

## ANEXO 3 – Laudo Analítico da água de Recirculação (folha 2)

Marco Antônio Dexheimer



LQ 0666/94 FOLHA 2

### 5. COMENTÁRIO TÉCNICO

A amostra analisada indicou a presença predominante de solutos dissolvidos e concentração menor de sólidos suspensos.

~~Os teores encontrados caracterizaram que a "água do lavador de gases" pode absorver ainda grande quantidade de material, não havendo necessidade de substituí-la.~~

Pesquisou-se fenóis e cromo, por se tratar de incineração de couros curtidos com tanino vegetal (fenóis), e que eventualmente poderiam conter cromo.

Não houve crescimento de microorganismos.

  
DANIEL NUNES  
CRQ Nº 05402752

# ANEXO 4 - Análise da Amostra de água do lavador



Marco Antônio Dexheimer

LQ 1723/94

Porto Alegre, 27 de junho de 1994.


## 1 MATERIAL ANALISADO

A amostra foi encaminhada pela Empresa GSA DO BRASIL - TRATAMENTOS AMBIENTAIS, identificada como "amostra de água do Lavador de Gases - Majolo".

Material recebido dia 16.06.94

## 2 RESULTADOS

PARAMETROS	RESULTADOS	METODOLOGIAS
Cor (mg/l Pt)	60,0	Espectrofotométrico
Turbidez (mg/l SiO <sub>2</sub> )	95,0	Nefelométrico
Cromo (mg/l)	0,634	Espectrofotometria de Absorção Atômica
pH	9,69	Potenciométrico
Sólidos Suspensos (mg/l)	174,0	Gravimétrico
Sólidos Totais (mg/l)	2.850,0	Mufa a 105 °C

  
EDU RICARDO BELTRAME  
CREA Nº 76916  
CRQ Nº 05301723



Porto Alegre, 19 de julho de 1995.

COMENTÁRIO TÉCNICO

ASSUNTO: ANÁLISE DOS RESULTADOS DO LQ 1028/90 DESTE LABORATÓRIO

Os objetivos do citado laudo foram indicados pelo interessado.

1ª) Emissões Gasosas

As análises realizadas na monitorização dos gases, durante o processo de incineração, mostrados no item 4, apresentaram-se abaixo dos valores limites da legislação.

Para fins de comparação, transcrevemos os padrões de emissão do projeto de norma 1:603.06-001 da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT - "Incineração de Resíduos Sólidos Perigosos":

- (a) Ácido Clorídrico - 1,8 Kgh;
- (b) Ácido Fluorídrico - concentração de 5mg/Nm<sup>3</sup>;
- (c) óxidos de enxofre - 280 mg/Nm<sup>3</sup>;
- (d) óxidos de nitrogênio - 560 mg/Nm<sup>3</sup>;
- (e) Material particulado - 70 mg/Nm<sup>3</sup>.

2ª) Análises das Cinzas

As cinzas, sobrantes da incineração, foram analisadas de acordo com a Norma Brasileira 10.004 - "Resíduos Sólidos/Classificação".

O Ensaio de Lixiviação - Norma Brasileira 10.005 - indicou que as cinzas não possuíam caráter "Perigoso - Tóxico".

A análise microbiológica do mesmo material mostrou que as cinzas não possuíam característica "Perigoso - Patogênico".

MARCOS DOS SANTOS AIDOS  
CREA RS 21437


# ANEXO 6 – Comprovante de eficiência de incineradores



## COMPROVAÇÃO de EFICIÊNCIA do RTU

A Incineração Controlada realizada através do RTU - Reator Térmico Umwelt, é a forma mais segura e econômica de eliminação do lixo, sem cheiro, sem fumaça e sem emissão de particulados, como atestam as várias análises realizadas. A sobrevivência de esporos termorresistentes nas cinzas é negativo em todas as situações e para os tipos de resíduos apresentados, principalmente o lixo hospitalar e doméstico.

O laudo analítico dos gases, cinzas e particulados, comprova a alta eficiência e total segurança do Reator Térmico Umwelt (RTU), em todas as situações, tanto na emissão dos gases, onde os parâmetros medidos são quase insignificantes em relação aos parâmetros da norma brasileira, como na disposição das cinzas comprovadamente inertes e isentas de qualquer perigo.



**MINISTÉRIO DA MARINHA**  
SECRETARIA DA COMISSÃO INTERMINISTERIAL PARA OS RECURSOS DO MAR  
ESTAÇÃO ANTÁRTICA "COMANDANTE FERRAZ"

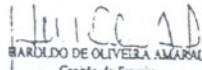
**ATESTADO DE CAPACIDADE TÉCNICA**

Atendendo a solicitação de V. Sª, como Chefe da Estação Antártica "Comandante Ferraz", por dois períodos (Inverno de 1995 e o atual período - março'97 à março'98), visto que o equipamento "UMWELT" modelo RTU 30, utilizado nesta Estação para a incineração do lixo gerado, tem como papel, madeira, material orgânico e inerte, à exceção de plásticos, vidro e metal, instalado em 1991, com início de operação no dia 22/01/91, vem atendendo às exigências do Protocolo de Madrid do Tratado da Antártica, do qual o Brasil é signatário, concomitantemente com outros países, tem demonstrado ser eficiente e eficaz, e consequentemente, motivo de orgulho por membros de outras nações e de organizações internacionais que rotineiramente recebemos em visita.

A sua operação, realizada semanalmente, dispense de 120 a 140 minutos para incinerar cerca de 40 Kg de material, com volume próximo de 19 litros, na faixa de temperatura de combustão de 750 °C à 1000 °C, em um local onde a temperatura ambiente pode variar de -6 °C à +6 °C, dependendo da época do ano.

Cabe ressaltar que o equipamento, durante todo o período, opera em condições eficientes, cujas temperaturas externas variam de +19 °C à -30 °C. No que diz respeito à aquisição de sobresselentes, até o presente momento, todos são atendidos com presteza.

Atenciosamente,

  
**BARDO DE OLIVEIRA AMARAL**  
 Chefe de Estação  
 Chefe da Estação Antártica "Comandante Ferraz"


**FUNDAÇÃO DO MEIO AMBIENTE - FATMA**  
Rua Felipe Schmit, 485 - Centro  
88 300-010 - Florianópolis - SC


**DECLARAÇÃO**

A Fundação do Meio Ambiente - FATMA, com sede à Rua Felipe Schmit, 485, bairro Centro, no município de Florianópolis, DECLARA, para os devidos fins, que nada tem a opor quanto a utilização dos Incineradores, tipo Reator Térmico Umwelt.

Sabendo no entanto que a instalação do acima referido equipamento de incineração deverá ser obrigatoriamente precedida do estudo técnico e de projeto bem como da análise de emissão atmosféricas de acordo com os procedimentos estabelecidos na Legislação Ambiental em vigor.

Florianópolis, 14 de Setembro de 1995

  
**MÁRIO CESAR SOBRINHO**  
 Diretor de Controle da Poluição  
 em Florianópolis



**HOSPITAL SANTA CRUZ**


**Atestado de Capacidade Técnica**

O Hospital Santa Cruz, mantido pela Sociedade Beneficente e Lúterica São Francisco de Avare, que sede em Porto Alegre - RS, com o total de 231 leitos instalados e 02 UTIs, gera diariamente um volume de lixo muito grande, que não pode ser transportado para fora do Suspeital devido ao perigo de contaminação. A queima do lixo hospitalar era feita anteriormente em uma fornalha e um incinerador antigo, com tecnologia superada. Ambos emitiam muita fumaça, fuligem e cheiro desagradável. Diante dessa inconveniência a Prefeitura Pública sugeriu a queima durante a noite e estipu a troca por outro incinerador mais moderno e eficiente.

Em março de 1996, o Hospital Santa Cruz adquiriu da empresa GSA do Brasil Tratamento Ambiental Ltda, um incinerador para resíduos orgânicos, modelo RTU 30. A opção pelo incinerador RTU da GSA do Brasil foi a soma de vantagens que o equipamento oferece como a fabricação local, assistência técnica permanente, avançada tecnologia na incineração com temperatura entre 800 a 1250°C, combustão baseada em cruzes cilíndricas, fácil manejo, sem ruídos e principalmente pela tradição como fornecedores de equipamentos de longa durabilidade.

Passados mais de dois anos, desde a instalação, podemos afirmar que a GSA do Brasil ofereceu excelente atendimento aos operadores e ao setor de manutenção, permanece prestando a assistência técnica e fornecendo as peças de reposição. Com o incinerador RTU 30 da GSA do Brasil, o processo de eliminação do lixo hospitalar é muito eficiente e com baixo custo, além de não oferecer nenhum risco à saúde.

Santa Cruz do Sul, 10 de maio de 1998

  
**João Felipe**  
 Gerente de Apoio e Manutenção

REGISTRO DA MATRIZ E LITERARIA SÃO FRANCISCO DE ASSIS HOSPITAL SANTA CRUZ

Atestados de Capacidade Técnica e Laudos de Análises estão a disposição em nossos escritórios.