



ANÁLISE DA EMISSÃO DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS, VIA TESTE DE QUEIMA, PARA INCINERAÇÃO DE RESÍDUOS DE SAÚDE COM VISTAS A LIBERAÇÃO DA LICENÇA DE OPERAÇÃO

Roberto Peres Campello¹ (roberto@luftech.com.br)

1 LUFTECH SOLUÇÕES AMBIENTAIS LTDA, Mestrando em Ambiente e sustentabilidade – UERGS

RESUMO

Este artigo mostra o teste a que deve ser submetido um sistema de incineração de resíduos de saúde, o chamado teste de queima definido pela Resolução CONAMA 316/2002, antes da emissão da licença de operação pelo órgão ambiental competente. O sistema apresentou uma eficiência térmica (câmara primária) de 98,60% e eficiência de destruição de resíduos de 99,9979%. As emissões atmosféricas ficaram de acordo com o preconizado pela legislação federal e a redução de massa/volume atingiu 97,9%, ou seja, para cada 1000 kg de resíduo queimado, sobraram 21 kg de cinzas que, de acordo com as NBR 10004, NBR 10005, NBR 10006 e NBR 10007 foi classificada como Classe I – Perigoso, sendo descartada como tal.

Palavras-chave: incineração de resíduo de saúde; teste de queima; Resolução CONAMA 316/2002.

ANALYSIS OF ATMOSPHERIC POLLUTANTS EMISSION BY BURNING TEST FOR HEALTH SERVICES RESIDUES INCINERATION TOWARD LIBERATION OF OPERATING LICENSE

ABSTRACT

This article shows the test that must undergo a medical waste incineration system, the so-called burn test set by CONAMA Resolution 316/2002, before issuing the operating license by the competent environmental agency. The system presented a thermal efficiency (primary chamber) of 98.60% and waste destruction efficiency of 99.9979%. The atmospheric emissions were in accordance with the recommendations by federal law, and the mass reduction / volume reached 97.9%, that is, for every 1000 kg of burnt residue remaining 21 kg of ash, according to the NBR 10004, NBR 10005, NBR 10006 and NBR in 10007 was classified as Class I - Dangerous, being dismissed as such.

Keywords: health waste incineration; burn test; Resolution CONAMA 316/2002.

1. INTRODUÇÃO

De acordo com o Manual de Gerenciamento de resíduos Sólidos de Serviços de Saúde (FEAM, 2008), resíduo de serviço de saúde ou RSS, por definição, é o resíduo resultante de atividades exercidas por estabelecimento gerador que, por suas características, necessitam de processos diferenciados no manejo, exigindo ou não, tratamento prévio para a disposição final. De acordo com o Art. 16. da Resolução CONAMA 316/2002 os resíduos de serviços de saúde, quando suscetíveis ao tratamento térmico, devem obedecer, segundo a sua classificação, ao que se segue: I - GRUPO A: resíduos que apresentam risco à saúde pública e ao meio ambiente, devido à presença de agentes biológicos, devem ser destinados a sistemas especialmente licenciados para este fim, pelo órgão ambiental competente; II - GRUPO B: resíduos que apresentam risco à saúde pública e ao meio ambiente devido as suas características físicas, químicas e físico-químicas, devem ser submetidos às condições específicas de tratamento térmico para resíduos de



origem industrial; III - GRUPO D: resíduos comuns devem ser enquadrados nas condições específicas de tratamento térmico para resíduos sólidos urbanos.

Os sistemas para tratamento externo dos RSS são passíveis de licenciamento ambiental, de acordo com a Resolução CONAMA nº 237/1997, e de fiscalização e controle pelos órgãos de vigilância sanitária e meio ambiente. Os sistemas de tratamento térmico por incineração devem obedecer ao estabelecido na Resolução CONAMA nº 316/2002.

O resíduo de saúde é complexo, varia de composição dependendo do local de geração e do tipo de serviços que são oferecidos. Assim, uma caracterização exata é muito difícil de conseguir.

A composição do resíduo é de suma importância para um bom dimensionamento do sistema de incineração, uma vez que é a dela que são definidos parâmetros importantes, tais como: poder calorífico do resíduo, e a composição e vazão dos gases gerados, que devem ser tratados.

Na literatura encontramos caracterizações de Niessen (2010), entre outros.

A Tabela 1 apresenta a composição média (em percentual) do resíduo, definido conforme explanado acima.

Tabela 1. Composição média do resíduo

	C	H	O	N	H ₂ O	S	Cl	Cz	%
(bs)	45,1	6,3	35,9	0,7		0,4	0,2	11,3	100,0
(fm)	0,451	0,063	0,359	0,007	0	0,004	0,002	0,113	1,0
(bu)	32,00	4,50	25,50	0,50	29	0,30	0,15	8,05	100,00
(fm)	0,320	0,045	0,255	0,005	0,290	0,003	0,002	0,081	1,0

Onde:

Bs: refere-se à base seca;

Fm: fração mássica

Bu: refere-se à base úmida

O cálculo do poder calorífico superior e inferior foi determinado a partir das informações da Tabela 1 e da seguinte fórmula:

$$PC (kcal / kg) = 8100 * C + 33900 * \left(H - \frac{O}{8} \right) + 2210 * S - 600 * (H_2O + 9 * H)$$

Assim, temos:

$$PCI = 2627 kcal / kg$$

$$PCS = 3944 kcal / kg$$

O poder calorífico calculado foi comparado com valores obtidos com softwares, bem como valores de literatura (a mesma da caracterização).

Em função da composição do resíduo e do poder calorífico do mesmo, foi realizado o projeto do incinerador e do sistema de tratamento de gases necessários para atendimento dos quesitos da Resolução.

Tabela 2 apresenta as principais características de projeto consideradas para o dimensionamento dos equipamentos, bem como informações de processo de equipamentos de diferentes capacidades.



Tabela 2. Características de projeto dos incineradores

Características de projeto	MODELO			
	RGL 200SE	RGL 350SE	RGL 600SE	RGL 1500 SE
Capacidade Nominal – kg/h	Até 50	Até 100	Até 200	Até 500
Capacidade Térmica – kW*	Até 150	Até 300	Até 600	Até 1500
Vazão dos Gases - Nm ³ /h	425	850	1700	4280
Volume de Cinzeiro – litros	50	100	251	400
Temp. Cam. Alimentação - °C	70 a 100			
Temp. Câm. Comb. Prim. - °C	300 a 800			
Temp. Câm. Pós-Comb. - °C	900 a 1200			
Tempo Residência. dos Gases nas Câmaras de combustão - s	2			
Vazão dos Gases depois da Câmara de Pós-Combustão, a 1000°C – m ³ /h	2000	4000	8000	20000

Fonte: Luftech Soluções Ambientais LTDA

Figura 1. Foto de uma instalação



1.1 Comandos e Controles

O sistema de incineração é controlado através da medição contínua de parâmetros operacionais em conformidade com a Resolução 316/2002 do CONAMA, utilizando os valores medidos para garantir a segurança operacional do sistema.

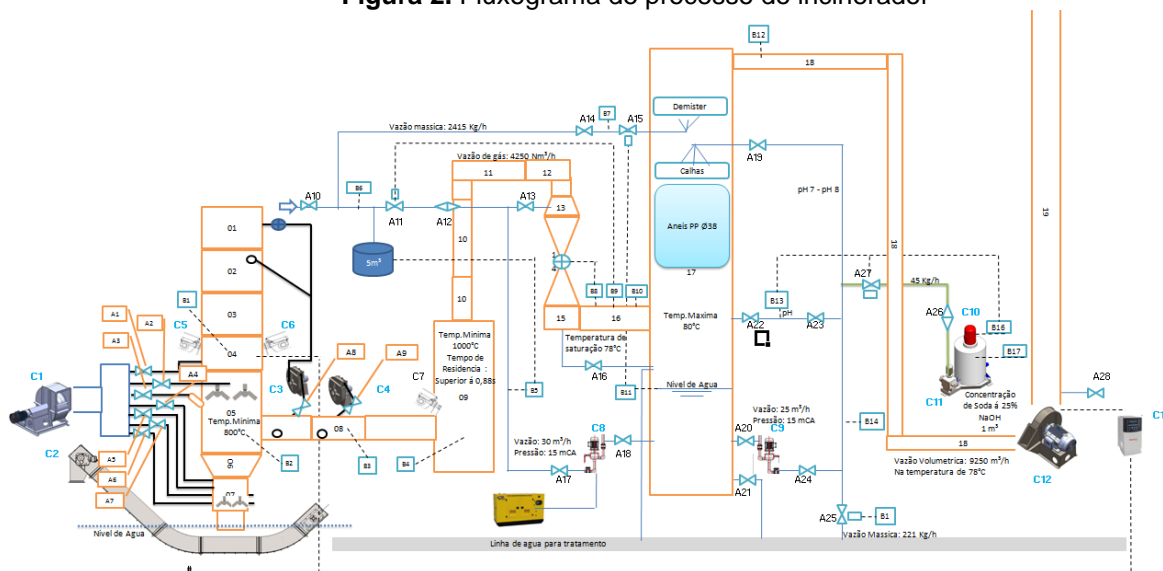
Os parâmetros medidos são: Temperaturas da Câmara de combustão, do 1º Mix e da câmara de Pós-combustão; Pressão na câmara de alimentação; Monóxido de carbono e oxigênio na chaminé de exaustão; pH da água do lavador KO 60.

A manutenção das temperaturas acima dos 800°C, na câmara de pós-combustão, demonstra a destruição das moléculas orgânicas, como dioxinas e furanos. A pressão na câmara de alimentação indica se a exaustão dos gases está eficiente, protegendo o operador. A manutenção



e controle dos níveis de NO_x e SO_x . serve como indicador da qualidade dos gases levados à atmosfera. O monóxido de carbono reflete a eficiência da combustão, e o oxigênio indica se está havendo a diluição dos gases.

Figura 2. Fluxograma de processo do incinerador



1.2 Intertravamento e Correções Automáticas:

O intertravamento do equipamento e a correção automática de parâmetros são feitos para manter o nível de emissões gasosas dentro das normas e proteger os operadores.

O travamento da câmara de alimentação do reator impede que o equipamento continue operando em condições desfavoráveis, e as medidas de correção automática servem para normalizar a operação no menor tempo possível.

Para otimizar esse processo, a Luftech utiliza em seus equipamentos padrões mais restritos do que aqueles exigidos pela Resolução 316/2002 do CONAMA. **A tampa de alimentação de resíduos sólidos será travada sempre que:** 1) a concentração de CO passar de 100 ppmv; 2) a temperatura da câmara secundária (Câmara de pós-combustão) for inferior a 830°C . (o CLP aciona o queimador da câmara de pós-combustão); 3) O pH da água do lavador de gases sair do range de 7 a 8; 4) a pressão no reator se tornar positiva; 5) houver queda do teor de oxigênio nos gases; 6) houver falha ou defeito nos sensores, no tratamento dos gases ou suprimento de ar; 8) houver falta de energia elétrica. 9) aumentar acima de 85°C a temperatura dos gases na saída do Quench Venturi e a entrada de água auxiliar (acionada pela válvula solenóide R 2) não for suficiente para restabelecer a temperatura de controle.

O Sistema de Intertravamento consiste em não liberar a abertura da tampa de alimentação de resíduos sólidos no caso dos valores não corresponderem com o programado. Esse intertravamento é obtido a partir dos dados enviados pelos sensores ao CLP, que são: temperatura, pH, CO , O_2 e pressão. Desta forma o sistema impede a alimentação de resíduos sólidos até que os valores sejam corrigidos. A correção automática ocorre no caso de queda de temperatura, caso em que é acionado automaticamente os queimadores.

1.3 Monitoramento de Temperatura, CO e O_2

No Sistema de Incineração Luftech são monitorados os seguintes parâmetros:

Temperatura: as temperaturas são mostradas no display do CLP para orientar o operador do incinerador e registrados no computador para posterior consulta. Essas medidas são realizadas:



Na câmara de combustão: a temperatura medida deve se manter acima de 450°C, o que é verificado por meio de um termopar; Na câmara de pós-combustão: a temperatura medida deve se manter acima de 850°C, o que é verificado por meio de um termopar.

Pressão: Medida abaixo da tampa interna da câmara de alimentação, esta pressão deve ser negativa e assegura que, quando for aberta a tampa externa da câmara, não ocorrerá escapamento de gases para o exterior. Essa pressão é medida em tempo real pelo sensor e armazenada no computador.

Monóxido de Carbono (CO) e Oxigênio (O₂): estes parâmetros são medidos na chaminé, após o lavador de gases, de acordo com a Resolução 316/2002 do CONAMA. Esses dados são registrados digitalmente em computador e armazenados para posterior verificação.

Para a medição deste parâmetro utiliza-se um Equipamento de Monitoramento Contínuo de CO e O₂ instalado junto ao duto de exaustão, onde se encontram os sensores para coleta e análise dos gases emitidos. O sensor para O₂ é composto de dois discos de dióxido de zircônio que são cobertos em ambos os lados com um anel de platina. Um revestimento adicional de Al₂O₃ protege o sensor de influências do ambiente e aumenta sua vida útil. O sensor para CO funciona segundo o princípio eletroquímico e possui amplitude de medição de 0 a 300 ppm.

2. OBJETIVO

Apresentar o rigoroso teste de queima que Incineradores devem passar para a obtenção da licença de operação da Usina de incineração de Resíduo de Saúde.

3. METODOLOGIA

Foi instalado um sistema de incineração, com capacidade de 500 kg/h em uma empresa no estado do Acre, para processamento de resíduo de saúde gerado no estado.

O equipamento apresenta vários tipos de monitoramento, de modo que foram avaliados: Temperatura, pressão, concentração de O₂ e os demais elementos constantes na Resolução CONAMA 316/2002. As medições de emissões atmosféricas foram executadas na chaminé e dados de temperatura foram analisados em diversos pontos do incinerador.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 3 apresenta os resultados do teste de queima realizado em uma usina de Incineração de Resíduos de Saúde, instalada no estado do Acre. O teste de queima, segundo a Resolução CONAMA 316/2002, é requisito mínimo para obtenção da licença de operação. Com os resultados do teste, o órgão ambiental pode estabelecer condicionantes para licença, caso haja alguma necessidade de adequação ou, caso algum dos parâmetros esteja fora dos limites permitidos pela resolução, indeferir o pedido de licença e exigir outro teste após adequação dos parâmetros.

O teste deve ser realizado por empresa licenciada pelo órgão ambiental. A tabela apresenta os parâmetros analisados, as metodologias para cada ensaio, a norma técnica utilizada para realização da análise, o valor máximo permitido pela Resolução CONAMA 316/2002 bem como os valores encontrados para cada parâmetro, em triplicata. Durante os testes, que normalmente são acompanhados pelos técnicos do órgão ambiental competente, são analisados os parâmetros operacionais e simulados queda de energia, intertravamentos, etc.

Além dos parâmetros da Tabela 3, são analisados outros 12 tipos de dioxinas e furanos, conforme mostra a

Tabela 4. A soma de todos os tipos de dioxinas e furanos não devem exceder o VMP do parâmetro.



Tabela 3. Resultado de todos os parâmetros analisados no teste de queima, em triplicata

Parâmetro	Unidade	Método	Norma Técnica	V.M.P	Resultados		
					Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3
HCl/ Cl ₂	mg/Nm ³	Cromatografia gasosa	CETESB L 9.231	< 0,50	0,29	0,39	0,38
HF	mg/Nm ³	Cromatografia gasosa	CETESB L 9.231	< 0,25	0,12	0,2	0,2
Dioxinas	ng/Nm ³	Cromatografia gasosa	US EPA method 23	<0,50	0,36	0,4	0,17
Furanos	ng/Nm ³	Cromatografia gasosa	US EPA method 23	<0,50	0,3	0,44	0,15
Chumbo	mg/Nm ³	IV nd	US EPA method 29	< 7	3	0,2	0,3
Material Particulado	mg/Nm ³	agv	US EPA method 5	<70	64	38	64
Mercúrio	mg/Nm ³	IV nd	US EPA method 29	<28	9	17	20
Dióxido de Enxofre	mg/Nm ³	IV nd	IEC 1000-4-11	<280	220	190	223
Dióxido de Carbono	mg/Nm ³	IV nd	IEC 1000-4-11	<100	60	70	70
Monóxido de Carbono	mg/Nm ³	IV nd	IEC 1000-4-11	<100	58	48	57
Oxigênio	%	IV nd	IEC 1000-4-11	<7,0	7,3	7,5	8,4
Óxido de Nitrogênio	mg/Nm ³	Quimiluminescência	IEC 1000-4-11	<560	420	360	480
Carbono Orgânico Total	mg/Nm ³	IV nd	IEC 1000-4-11	<100	76	20	72
Fumaça	mg/Nm ³	refletância	IEC 1000-4-11	<100	80	37	30
Compostos Orgânicos voláteis	mg/Nm ³	Cromatografia gasosa	US EPA 8260	<80	60	20	50
Metano	mg/Nm ³	Cromatografia gasosa	IEC 1000-4-11	<100	89	5	87
Propano	mg/Nm ³	Cromatografia gasosa	IEC 1000-4-11	<20	11	5	10
Cromo	mg/Nm ³	IV nd	US EPA method 29	<7	3	2	2
Prata	mg/Nm ³	IV nd	US EPA method 29	<7	4	3	2
Ferro	mg/Nm ³	IV nd	US EPA method 29	<7	5	3	4
Zinco	mg/Nm ³	IV nd	US EPA method 294	<7	2	3	5
Cobre	mg/Nm ³	IV nd	US 4EPA method 293	<7	4	2	2
Cádmio	mg/Nm ³	E.E.A.A	US 1EPA	<28	4	10	13



			method 291				
Tálio	mg/Nm ³	E.E.A.A	US EPA method 29	<28	3	13	8
Arsênio	mg/Nm ³	E.E.A.A	US EPA method 29	<1,4	1	0,5	1
Cobalto	mg/Nm ³	E.E.A.A	US EPA method 29	<1,4	1	0,5	1
Níquel	mg/Nm ³	Fotometria de chama	US EPA method 29	<1,4	0,3	1	1
Telúrio	mg/Nm ³	E.E.A.A	US EPA method 29	<1,4	0,8	1	1
Selênio	mg/Nm ³	E.E.A.A	US EPA method 29	<1,4	0,9	0,5	3
Antimônio	mg/Nm ³	E.E.A.A	US EPA method 29	<7	4	0,5	2
Cianetos	mg/Nm ³	Eletrodo Ion Seletivo	US EPA method 29	<7	0,2	2	2
Estanho	mg/Nm ³	E.E.A.A	US EPA method 29	<7	3	2	2
Fluoreto	mg/Nm ³	Eletrodo Ion Seletivo	US EPA method 29	<7	2	2	2
Manganês	mg/Nm ³	E.E.A.A	US EPA method 29	<7	0,9	2	2
Platina	mg/Nm ³	E.E.A.A	US EPA method 29	<7	0,8	0,5	2
Paládio	mg/Nm ³	E.E.A.A	US EPA method 29	<7	0,7	0,5	2
Ródio	mg/Nm ³	E.E.A.A	US EPA method 29	<7	0,8	1	2
Vanádio	mg/Nm ³	E.E.A.A	US EPA method 29	<7	0,5	0,5	5

Tabela 4. Resultados complementares - Dioxinas e Furanos para as 3 amostras realizadas

DIOXINAS	FTEQ	RESULTADOS (ng/Nm ³)		
		Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3
Mono-, di-, e tri-CDDs (mono-, di- e tri-cloro-dibenzeno-p-dioxinas)	0	0,05	0	0
2,3,7,8 – TCDD (tetracloro-dibenzeno-p-dioxina)	1	0	0	0
Outros TCDDs (tetracloro-dibenzeno-p-dioxina)	0	0,1	0,05	0
1,2,3,7,8 – PeCDD (pentacloro-dibenzeno-p-dioxina)	0,5	0	0,05	0,02
outros – PeCDD (pentacloro-dibenzeno-p-dioxina)	0	0	0	0,05
1,2,3,4,7,8 – HxCDD (hexacloro-dibenzeno-p-dioxina)	0,1	0,1	0,2	0,05
1,2,3,6,7,8 – HxCDD (hexacloro-dibenzeno-p-dioxina)	0,1	0	0	0
1,2,3,7,8,9 – HxCDD (hexacloro-dibenzeno-p-dioxina)	0,1	0	0,1	0,04
outros – HxCDD (hexacloro-dibenzeno-p-dioxina)	0	0,1	0	0



FURANOS	FTEQ	RESULTADOS (ng/Nm ³)		
		Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3
1,2,3,4,6,7,8, – HpCDD (heptacloro-dibenzeno-p-dioxina)	0,01	0	0	0
outros – HpCDD (heptacloro-dibenzeno-p-dioxina)	0	0	0,1	0
OCDD (octacloro-dibenzeno-p-dioxina)	0,001	0,01	0	0
		RESULTADOS (ng/Nm ³)		
FURANOS	FTEQ	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3
Mono-, di-, e tri-CDFs (mono-, di- e tri-cloro-dibenzofuranos)	0	0	0	0
2,3,7,8 – TCDF (tetracloro-dibenzofuranos)	,01	0	0	0
Outros TCDFs (tetracloro- dibenzofuranos)	0	0	0,04	0,01
1,2,3,7,8 – PeCDF (pentacloro-dibenzofuranos)	0,05	0,1	0	0,01
2,3,4,7,8 – PeCDF (pentacloro-dibenzofuranos)	0,5	0,1	0,1	0,05
Outros PeCDFs (pentaclorodibenzofuranos)	0	0	0,1	0
1,2,3,4,7,8 – HxCDF (hexacloro-dibenzofuranos)	0,1	0	0	0
1,2,3,6,7,8 – HxCDF (hexacloro-dibenzofuranos)	0,1	0	0,1	0,05
1,2,3,7,8,9 – HxCDF (hexacloro-dibenzofuranos)	0,1	0	0	0,01
2,3,4,6,7,8 – HxCDF (hexacloro-dibenzofuranos)	0,1	0	0,1	0
outros, – HxCDF (heptacloro-dibenzeno-p-dioxina)	0	0	0	0,01
1,2,3,4,6,7,8 – HpCDF (heptacloro-dibenzofuranos)	0,01	0,1	0	0,01

5. CONCLUSÃO

De acordo com os resultados analíticos encontrados, conforme mostra as Tabela 3 e Tabela 4, podemos chegar às seguintes conclusões: 1 – o rendimento/eficiência térmica do incinerador (Câmara primária) para o teste de queima foi de 98,60%; 2 – a eficiência de destruição de resíduos (E.D.R) foi de 99,9979%; 3 – os gases resultantes do processo de queima e tratamento foram totalmente absorvidos em razão da boa mistura (combustível /comburente) e do tempo de residência nas câmaras de combustão; 4 – as emissões atmosféricas lançada pela unidade de incineração, no teste de queima, ficaram de acordo com o que preconiza a Resolução CONAMA 316/2002, não havendo traços de poluentes perigosos e/ou insalubres; 5 – a eficiência de redução de massa/volume atingiu 97,9 %, ou seja, para cada 1000 kg de resíduo incinerados, restaram 21 kg de cinzas que, de acordo com as NBR 10004, NBR 10005, NBR 10006 e NBR 10007 foram classificadas como Classe I, perigosos, não podendo ser destinada a aterro da construção civil/demolição e/ou para uso como insumo agrícola e/ou mistura para argamassa, tijolo ecológico, usina de asfalto e artefatos de concretos.

Em relação às dioxinas e furanos, um dos principais poluentes atmosféricos, devido a variedade de compostos, também se encontram de acordo com legislação pertinente e isso se dá devido a eficiência de resfriamento do sistema, não permitindo o reforming.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 10.004/2004 – Resíduos Sólidos - Classificação.



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 10005:2004 – Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 10006:2004 – Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 10007:2004 – Amostragem de resíduos sólidos

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. RESOLUÇÃO CONAMA nº 237, de 19 de dezembro de 1997 Publicada no DOU no 247, de 22 de dezembro de 1997, Seção 1, páginas 30841-30843. Disponível em:
http://www.mma.gov.br/port/conama/legislacao/CONAMA_RES_CONS_1997_237.pdf

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. RESOLUÇÃO CONAMA nº 316, de 29 de outubro de 2002. Publicada no DOU no 224, de 20 de novembro de 2002, Seção 1, páginas 92-95. Disponível no portal da internet <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=338>

Fundação Estadual do Meio Ambiente Manual de gerenciamento de resíduos de serviços de saúde / Fundação Estadual do Meio Ambiente. - Belo Horizonte: Feam, 2008. 88 p. ; Il. Disponível em:
http://www.feam.br/images/stories/2015/RSS/manual%20de%20gerenciamento%20de%20rss_feam.pdf . Acesso em: 05 abr. 2016.

NIESSEN, W. R. Combustion and incineration processes: applications in environmental engineering. 4th ed. CRC Press. 2010. 768 p.