



Fundação Educacional do Município de Assis
IMESA - Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis

RENAN RANKE DETZEL ALVES

**TÉCNICAS DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS PERIGOSOS
(CLASSE I) COM ÊNFASE EM CO-PROCESSAMENTO**

ASSIS
2013



Fundação Educacional do Município de Assis
IMESA - Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis

RENAN RANKE DETZEL ALVES

**TÉCNICAS DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS PERIGOSOS
(CLASSE I) COM ÊNFASE EM CO-PROCESSAMENTO**

Trabalho de Curso apresentado ao Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis, como requisito do Curso de Graduação.

Orientadora: Prof^a. Marta Elenita Donadel
Área de Concentração: Química Industrial

ASSIS
2013

ALVES, Renan Ranke Detzel.

Técnicas de Tratamento de Resíduos Perigosos (Classe I) com Ênfase em Co-Processamento / Renan Ranke Detzel Alves.

Fundação Educacional do Município de Assis – FEMA – Assis, 2010.

54p.

Orientadora: Prof^a. Marta Elenita Donadel

Trabalho de Conclusão de Curso – Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis – IMESA.

1. Meio Ambiente 2. Co-processamento 3. Resíduos Sólidos

CDD:
Biblioteca da FEMA



Fundação Educacional do Município de Assis
IMESA - Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis

RENAN RANKE DETZEL ALVES

**TÉCNICAS DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS PERIGOSOS
(CLASSE I) COM ÊNFASE EM CO-PROCESSAMENTO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis como requisito de Curso de Química Industrial, analisado pela seguinte comissão examinadora.

Orientadora: Prof^a. Marta Elenita Donadel

Analisador: Prof.

ASSIS

2013

*Dedico este trabalho a todos aqueles que
me apoiaram e acreditaram nesta realização!*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus em primeiro lugar por ter me concedido a vida, o maior Dom que existe.

Agradeço aos meus familiares, que durante este período de estudos, tiveram paciência e sabedoria para me compreender, apoiar e nunca deixar que o desânimo fizesse parte da minha vida.

Agradeço aos colegas de profissão, pessoas especiais, que marcaram esta fase com alegria, companheirismo, pessoas que deixam para sempre marcas em meu coração.

Agradeço ao corpo de docentes do Fundação Educacional do Município de Assis – FEMA / Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis – IMESA, pessoas qualificadas e competentes para ensinar. Em especial a Professora Marta Elenita Donadel pelo auxílio e atenção constante, e por ser o professora que és.

Por fim, Agradeço a todos, que de alguma forma colaborou para a conclusão desta especialização.

Meus sinceros Agradecimentos!

“Na natureza nada se cria,
nada se perde,
tudo se transforma”.

Antoine Lavoisier

RESUMO

Observa-se que cada vez mais a sociedade gera resíduos que são resultantes das mais variadas atividades dos centros urbanos, tais como as atividades domésticas, industriais, agrícolas, serviços de saúde entre outras. Entre os tipos de resíduos, destacam-se os sólidos, visto que representam uma parcela considerável dentre todos os resíduos gerados. Ressalta-se que os resíduos sólidos são considerados um problema originado pelo modo de vida adotado pela sociedade, que privilegia a produção de bens de consumo único e descartáveis, e quando mal gerenciados, tornam-se um problema sanitário, ambiental e social. De acordo com a ABNT NBR 10.004/04, os resíduos sólidos são divididos em perigosos e não perigosos, sendo que os perigosos estão inseridos na classe I, e os não perigosos na classe II. Para o tratamento de resíduos perigosos, três tipos são mais utilizados, a combustão e incineração, unidades de eliminação de terra e poços de injeção subterrânea. Entre estes, destaca-se o co-processamento que é a destruição de resíduos e de passivos ambientais em fornos de cimento. Em relação a outras técnicas de queima é uma solução pró-sustentabilidade, uma vez que envolve o aproveitamento energético do resíduo ou seu uso como matéria-prima na indústria cimenteira sem afetar a qualidade do produto final. Com a metodologia de pesquisa bibliográfica, o estudo apresenta um tema de extrema importância, abordando sobre os resíduos sólidos e sua periculosidade, bem como aprofundando o conhecimento na técnica do co-processamento.

Palavras-chave: Meio Ambiente. Co-processamento. Resíduos Sólidos.

ABSTRACT

It is observed that increasing the company generates wastes that are resulting from various activities in urban centers, such as household chores, industry, agricultural, health services among others. Among the types of waste, highlight the solid, since they represent a considerable portion of all the waste generated. It is noteworthy that the solid wastes are considered a problem caused by the way of life adopted by the company, which focuses on the production of consumer goods and disposable single, and when poorly managed, they become a problem health, environmental and social. According to ABNT NBR 10.004/04, solid waste is divided into hazardous and non-hazardous, and the dangerous are inserted in class I and class II non-hazardous. For the treatment of hazardous waste, three types are commonly used, combustion and incineration, land disposal units and underground injection wells. Among these, is the co - processing which is the destruction of waste and environmental liabilities in cement kilns. For other techniques burning solution is pro - sustainability, it involves the use of waste energy and its use as raw material in the cement industry without affecting the quality of the final product. With the method of literature review, the study presents an issue of utmost importance , focusing on solid waste and its danger as well as deepening knowledge in the technique of co - processing.

Keywords: Environment. Co -processing. Solid Waste.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Classificação de Resíduos Sólidos ABNT NBR 10.004/04	19
Figura 2: Resíduos Perigosos	21
Figura 3: Resíduos não perigosos (não inertes).....	22
Figura 4: Resíduos não perigosos (inertes)	22
Figura 5: Incinerador	29
Figura 6: Fornalha	30
Figura 7: Reator Químico	30
Figura 8: Processo de Incineração.....	31
Figura 9: Esquema de um incinerador de injeção de líquidos.....	33
Figura 10: Fornos Rotativos	33
Figura 11: Incinerador de câmara fixa.....	34
Figura 12: Incinerador de leito fluidizado.....	35
Figura 13: Aterro Comum	39
Figura 14: Aterro Controlado.....	40
Figura 15: Aterro Sanitário	41
Figura 16: Poço de Injeção Subterrânea.....	43
Figura 17 – Co-processamento	44
Figura 18 – Forno Rotativo – Processo.....	46
Figura 19 – Forno Rotativo.....	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Princípios básicos para solução dos problemas da geração do lixo	26
Tabela 2: Objetivos do Tratamento de Resíduos Perigosos	27
Tabela 3: Reações químicas suscetíveis de ocorrer com o tratamento dos resíduos	27
Tabela 4: Locais de tratamento de Resíduos Perigosos	28

FLUXOGRAMA

Fluxograma 1: Classificação dos Resíduos Sólidos.....	23
---	----

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	13
1 RESÍDUOS SÓLIDOS	15
1.1 Conceito	15
1.2 Classificação	17
1.2.1 Resíduos classe I – Perigosos	19
1.2.2 Resíduos classe II (não perigosos)	21
2 GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS.....	24
2.1 Definição de Gerenciamento de Resíduos Sólidos	24
2.1 Geração de Resíduos Sólidos.....	24
2.2 Do Tratamento dos Resíduos Sólidos	27
2.3 Central de Tratamento de Resíduos – CRT	28
2.4 Métodos para o Tratamento de Resíduos Perigosos	29
2.4.1 Combustão e Incineração.....	29
2.4.1.1 Principais Tipos de Incineradores	32
2.4.1.2 Co-Incineração.....	36
2.4.2 Unidades de Eliminação de Terra	37
2.4.2.1 Aterros	37
2.4.3 Poços de Injeção Subterrânea	42
3 CO-PROCESSAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS (CLASSE I-PERIGOSOS).44	44
3.1 Definindo o Co-processamento	44
3.2 Dos Resíduos para o co-processamento	44
3.2.1 Resíduos que podem ser Co-processados.....	45
3.2.2 Resíduos que não podem ser Co-processados.....	45
3.2 Do Forno Rotativo	46
3.2.1 Características do Forno de clínquer para o co-processamento	47
3.2.2 Vantagens no uso do Forno.....	48
3.3 Benefícios do Co-processamento para o Meio Ambiente.....	48
3.4 Gestão de Co-processamento.....	49

CONCLUSÃO	50
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52

1 INTRODUÇÃO

Nota-se cada vez na sociedade, uma constante pressão degradadora dos recursos naturais, devido o grande crescimento da sociedade.

Acompanhando este fato, aumenta também a busca por matéria-prima para fabricação de produtos manufaturados ou industriais, mais espaço físico para prover moradia, bem como toda a infra-estrutura necessária para se viver dignamente

Todavia, percebe-se que os processos de intervenção do homem no meio ambiente, são executados sem o cuidado de preservar o ambiente que vivem, gerando todo tipo de resíduos.

Visto que a quantidade de processos interventores é considerável, conseqüentemente a quantidade e o volume gerado desses resíduos é algo grandioso, estabelecendo atualmente, a destinação final dos mesmos, uma das maiores preocupações do mundo.

É de ser destacado dentre todos os tipos de resíduos, os resíduos sólidos (RS), visto que representam uma parcela considerável dentre todos os resíduos gerados, e quando mal gerenciados, tornam-se um problema sanitário, ambiental e social.

De acordo com a ABNT NBR 10.004/04, os resíduos sólidos são divididos em perigosos e não perigosos, sendo que os perigosos estão inseridos na classe I, e os não perigosos na classe II. Ainda na classe II dos não perigosos, há outra classificação, os da classe II A, que são os não inertes e os da classe II B, os inertes. (ABNT, 2004).

Os resíduos da classe I (perigosos), foco do estudo, apresentam periculosidade e características como inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade. Como exemplos deste grupo citam-se: resíduos hospitalares, industriais e agrícolas, pilhas, baterias, lâmpadas fluorescentes, medicamentos e produtos químicos vencidos, embalagens de produtos químicos em geral (inclusive de limpeza pesada e inseticidas), restos de tintas e solventes, etc.

Não desmerecendo a atenção para a classe II (não perigosos), o estudo apresenta uma abordagem sobre as Técnicas de Tratamento de Resíduos Perigosos (Classe I) com Ênfase em Co-Processamento, aprofundando os conhecimentos nos aspectos que envolvem a temática.

Neste contexto, o objetivo principal do presente estudo é obter conhecimento sobre os resíduos sólidos, visando enfatizar alguns aspectos, tais como, quem são os geradores de resíduos, quais são os prejuízos que os resíduos sólidos podem trazer para a sociedade e as técnicas optativas para sanar os problemas decorrentes deles.

Como objetivo específico, o estudo pretende abordar sobre os resíduos sólidos perigosos – Classe I. Para tanto será apresentando todos os aspectos característicos deste tipo de resíduos, bem como as técnicas de tratamento do mesmo.

Para complementar o desenvolvimento, será enfatizado o co-processamento dos resíduos sólidos perigosos e como este processo pode trazer benefícios para toda a sociedade e principalmente para o meio ambiente.

A relevância do temática do estudo, se justifica pelo crescimento atual das atividades industriais que acabam por gerar resíduos que necessitam ser gerenciados adequadamente e técnicas que permitam garantir a preservação do meio ambiente e da saúde pública.

O crescimento desse setor e, conseqüentemente, da quantidade e diversidade de resíduos gerados, salienta o desafio a ser enfrentado pelas indústrias, já que este gerenciamento é de competência das mesmas.

Com base na metodologia bibliográfica, o estudo irá desenvolver-se em 3(três) capítulos. O primeiro aborda sobre os resíduos sólidos, dissertando sobre o conceito e sua classificação. O segundo capítulo enfatiza sobre o tratamento dos resíduos sólidos, bem como os métodos disponíveis para o trato dos mesmos. O terceiro e último capítulo descreve o co-processamento dos resíduos sólidos (classe I – perigosos).

Por fim, o presente trabalho busca conhecimentos sobre o tema e disponibiliza a todos profissionais da área e interessados, um estudo que embora simples, fácil na compreensão e rico em informações.

1 RESÍDUOS SÓLIDOS

1.1 Conceito

De acordo com o dicionário online de português, a palavra resíduo refere-se:

s.m. O que resta.

O que resta de substâncias submetidas à ação de diversos agentes: as cinzas são o resíduo da combustão da lenha. Restante, remanescente.

Lógica Método dos resíduos, um dos métodos de indução preconizados por J. Stuart Mill, e que consiste em suprimir a porção de um fenômeno cujas causas já são conhecidas para chegar, por eliminação, às causas da porção restante.

Sinônimo de resíduo: despejo, detrito e lixo. (SANTOS et al, 2009)

No dicionário Aurélio, o termo é mais detalhado, como a seguir reproduzido:

resíduo

[Do lat. *residuu*.]

1.V. *remanescente* (1).

2.Aquilo que resta de qualquer substância; resto:

3.O resíduo (2) do que sofreu alteração de qualquer agente exterior, por processos mecânicos, químicos, físicos, etc.:

4. Fig. O fundo, o âmago, a raiz:

5. Anál. Mat. Produto do valor da integral de uma função analítica de variável complexa ao longo de uma curva fechada que envolve um ponto singular do seu domínio, por $1/(2\pi)$.

6. Bioquím. Cada um dos fragmentos constituintes de um biopolímero, e que mantém, em grande parte, a estrutura de um dos monômeros que deram origem ao biopolímero.

7. Estat. Diferença entre um valor observado numa experiência e o valor mais provável de grandeza sob observação. V. *resíduos*. (FERREIRA, 2004)

É possível perceber com as definições acima, que o termo resíduo, inclui além dos materiais sólidos, outros tipos de materiais de diferentes estados físicos, além de uma variedade de significados.

Engelmann et al (2009, p.1) explica que quando os resíduos tem uma correta destinação, eles poderão ser aproveitados para outro processo: “Resíduos são compostos que não têm mais utilidade para determinada etapa porque tudo o que poderia ser aproveitado já foi utilizado, mas se obtiver uma destinação correta, poderá ser a matéria-prima de outro processo.”

Neste sentido, é certo afirmar que o resíduo pode ser definido como substância que resta após uma operação e que ainda pode ser aproveitada. (ENGELMANN, 2012, p.1)

Feitas estas considerações a cerca da definição de resíduos, é possível conceituar o termo “resíduos sólidos”.

De forma simplista é certo definir resíduo sólido como um conjunto de produtos não aproveitados oriundos de atividades humanas, ou seja, doméstica, comercial, industrial, de saúde entre outros tipos, ou gerados pela natureza, como folhas, terra etc.

Para Tchobanoglous *et al* (1993) apud Carvalho (2012) o resíduo sólido abrange todo o material sólido e semi-sólido que seu possuidor não o considerando importante faz seu descarte.

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR 10.004/04, que trata de Resíduos Sólidos – Classificação, os resíduos sólidos são definidos no item 3.1 como:

Resíduos sólidos: Resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível. (ABNT, 2004, p.1)

Todavia, ressalta-se, que o termo de resíduos sólidos, é usualmente aplicado pela população, como sinônimo de lixo.

Colaborando com a abordagem Calderoni (1998) apud Carvalho (2012, p.1) diferencia o termo “lixo” de “resíduos”:

(...) o conceito de lixo e de resíduo pode variar conforme a época e o lugar. Depende de fatores jurídicos, econômicos, ambientais, sociais e tecnológicos. Para alguns *lixo* está associado ao poder público e *resíduo* ao setor industrial. Para Calderoni resíduo é um material que tem valor comercial, e lixo é um material descartado que não tem valor comercial.

Para extinguir este conceito popular, foi instituída no Brasil em 2 de agosto de 2010, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) que alterou a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, através da Lei nº 12.305/10.

O artigo 3º da referida lei, traz uma séria de definições, entre elas, a diferenciação entre resíduos e rejeitos, nos incisos XV e XVI.

Art. 3º Para os efeitos desta Lei, entende-se por:

(...)

XV - rejeitos: resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada;

XVI - resíduos sólidos: material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível;

Os resíduos sólidos estão classificados, de acordo com a o similaridade da origem e/ou de gerenciamento, da seguinte forma: industriais, urbanos, rurais e de serviço de saúde.

Nesta seara, passa a explicitar sobre a classificação dos resíduos sólidos.

1.2 Classificação

Com a finalidade de classificar e estabelecer os critérios a serem atendidos para a utilização de resíduos sólidos, foi criada pela ABNT a NBR 10.004/04.

Oliveira et al (2009) explica que a ABNT NBR 10.004 foi elaborada em 1987 e revisada em 2004. A norma foi baseada no Regulamento Técnico Federal Norte-Americano denominado “Code of Federal Regulation (CFR) – title 40 – Protection of environmental – Part 260-265 – Hazardous waste management.”

De acordo com os autores, o objetivo principal da ABNT NBR 10004 é classificar os resíduos sólidos quanto à sua periculosidade, considerando seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, para que possam ser gerenciados adequadamente.

NBR 10004 preconiza: A classificação de resíduos sólidos envolve a identificação do processo ou atividade que lhes deu origem, de seus constituintes e características, e a comparação destes constituintes

com listagens de resíduos e substâncias cujo impacto à saúde e ao meio ambiente é conhecido (ABNT, 2004, p. 2).

Outra norma que merece destaque é a Lei nº 12.305/10 – PNRS, onde especifica nos incisos I e II do artigo 13, a classificação dos resíduos sólidos quanto à origem e a periculosidade, como segue:

Art. 13. Para os efeitos desta Lei, os resíduos sólidos têm a seguinte classificação:

I - quanto à origem:

- a) resíduos domiciliares: os originários de atividades domésticas em residências urbanas;
- b) resíduos de limpeza urbana: os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana;
- c) resíduos sólidos urbanos: os englobados nas alíneas “a” e “b”;
- d) resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos nas alíneas “b”, “e”, “g”, “h” e “j”;
- e) resíduos dos serviços públicos de saneamento básico: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos na alínea “c”;
- f) resíduos industriais: os gerados nos processos produtivos e instalações industriais;
- g) resíduos de serviços de saúde: os gerados nos serviços de saúde, conforme definido em regulamento ou em normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama e do SNVS;
- h) resíduos da construção civil: os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis;
- i) resíduos agrossilvopastoris: os gerados nas atividades agropecuárias e silviculturais, incluídos os relacionados a insumos utilizados nessas atividades;
- j) resíduos de serviços de transportes: os originários de portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários e ferroviários e passagens de fronteira;
- k) resíduos de mineração: os gerados na atividade de pesquisa, extração ou beneficiamento de minérios;

II - quanto à periculosidade:

a) resíduos perigosos: aqueles que, em razão de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade e mutagenicidade, apresentam significativo risco à saúde pública ou à qualidade ambiental, de acordo com lei, regulamento ou norma técnica;

b) resíduos não perigosos: aqueles não enquadrados na alínea “a”.

Parágrafo único. Respeitado o disposto no art. 20, os resíduos referidos na alínea “d” do inciso I do **caput**, se caracterizados como não perigosos, podem, em razão de sua natureza, composição ou volume, ser equiparados aos resíduos domiciliares pelo poder público municipal.

Nota-se que são várias as maneiras de se classificar os resíduos sólidos, todavia, as mais comuns são quanto aos riscos potenciais de contaminação do meio ambiente e quanto à natureza ou origem.

Neste sentido, destaca-se a classificação dos resíduos sólidos, de acordo com a ABNT NBR 10.004/04 (Figura 1), como a seguir.

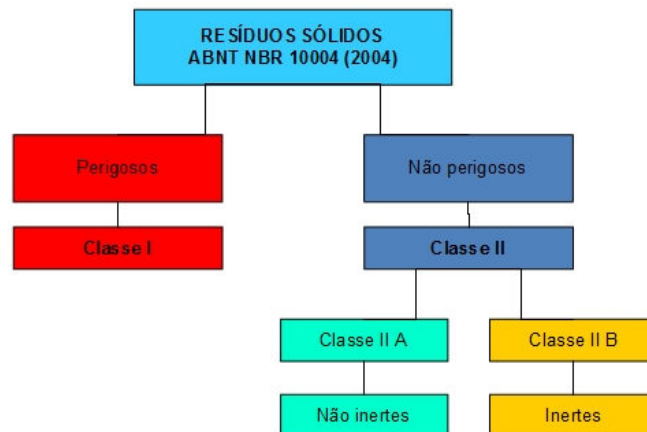


Figura 1 – Classificação de Resíduos Sólidos ABNT NBR 10.004/04
Fonte: ABNT NBR 10.004 (2004)

1.2.1 Resíduos classe I – Perigosos

Nascimento (2009, p.1) explica que:

Os resíduos perigosos são aqueles que podem ser nocivos, no presente e no futuro, à saúde dos seres humanos, de outros organismos e ao meio ambiente. Estes resíduos podem ser poluidores em potencial do solo, do ar, da água, a curto ou longo prazo.

Colaborando com a abordagem, Birene (1999) citado por Nascimento (2009, p.1) enfatiza que:

Assim é de grande importância a integridade dos caminhos por onde o resíduo passa, os meios de transporte utilizados, a sua armazenagem temporária, a destinação que lhe é dada e muitos outros aspectos, incluindo a proteção dos operadores que realizam o manuseio destes resíduos, dependendo do resíduo, do modo como é utilizado e de como foi e é disposto no ambiente. (BIDENE, 1999).

Em síntese, os resíduos perigosos são aqueles que apresentam periculosidade e características como inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade.

a) Inflamável: Quando for um líquido com ponto de fulgor inferior a 60°C, e quando seja líquido, deve ser capaz de produzir fogo por fricção, absorção de umidade ou por alterações químicas nas condições de temperatura e pressão de 25°C e 1atm, ser um oxidante definido como substância que pode liberar oxigênio ou ser um gás comprimido inflamável.

b) Corrosivo: Apresentar aspecto aquoso e pH inferior ou igual a 2 ou superior ou igual a 12,5, ou sua mistura com água, na proporção de 1:1 em peso, produzir uma solução que apresente pH inferior a 2 ou superior ou igual a 12,5, ser líquida ou quando misturada em peso equivalente de água, produzir um líquido e corroer o aço a uma razão maior que 6,35mm ao ano, a uma temperatura de 55°C.

c) Reativo: Se for normalmente instável e reagir de forma violenta e imediata, sem detonar, reagir violentamente com a água, formar misturas potencialmente explosivas com a água, gerar gases, vapores e fumos tóxicos em quantidades suficientes para provocar danos à saúde pública ou ao meio ambiente, quando misturados com a água, possuir em sua constituição os íons CN⁻ ou S²⁻ em concentrações que ultrapassem os limites de 250 mg de HCN liberável por quilograma de resíduo ou 500 mg de H₂S liberável por quilograma de resíduo, ser capaz de produzir reação explosiva ou detonante sob a ação de forte estímulo, ação catalítica ou temperatura em ambientes confinados, ser capaz de produzir, prontamente, reação ou decomposição detonante ou explosiva a 25°C e 1 atm, ser explosivo, definido como uma substância fabricada para produzir um resultado prático, através de explosão ou efeito pirotécnico, esteja ou não esta substância contida em dispositivo preparado para este fim.

d) Patogênico: Se uma amostra representativa dele, contiver ou se houver suspeita de conter, microrganismos patogênicos, proteínas virais, ácidos desoxiribonucléico (ADN) ou ácido ribonucléico (ARN) recombinantes, organismos geneticamente modificados, plasmídios, cloroplastos, mitocôndrias ou toxinas capazes de produzir doenças em homens, animais ou vegetais.

Alguns exemplos de resíduos classe I – perigosos (Figura 2): resíduos hospitalares, industriais e agrícolas, pilhas, baterias, lâmpadas fluorescentes,

medicamentos e produtos químicos vencidos, embalagens de produtos químicos em geral (inclusive de limpeza pesada e inseticidas), restos de tintas e solventes, etc



Figura 2 – Resíduos Perigosos

Fonte: <http://fortalezaemfotos.blogspot.com.br>

Carvalho (2012, p. 5) ressalta: “É importante frisar que todo material em contato com resíduo perigoso fica contaminado e passa também a ser considerado como resíduo perigoso”.

1.2.2 Resíduos classe II (não perigosos)

a) Classe II A (não inertes)

São aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos classe I - Perigosos ou de resíduos classe II B – Inertes.

Podem ter propriedades como combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade. Não apresentam perigo ao homem ou ao meio ambiente, porém não são inertes. Exemplos (Figura 3): a maioria dos resíduos domésticos, sucatas de materiais ferrosos e não ferrosos, embalagens de plástico etc..



Figura 3 – Resíduos não perigosos (não inertes)

Fonte: <http://ambientalsustentavel.org/2012>

b) Classe II B (inertes)

São quaisquer resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor, conforme anexo G da NBR 10.004/04.

Exemplos (Figura 4): entulhos de demolições como pedras, areias, concreto e outros resíduos como o vidro.

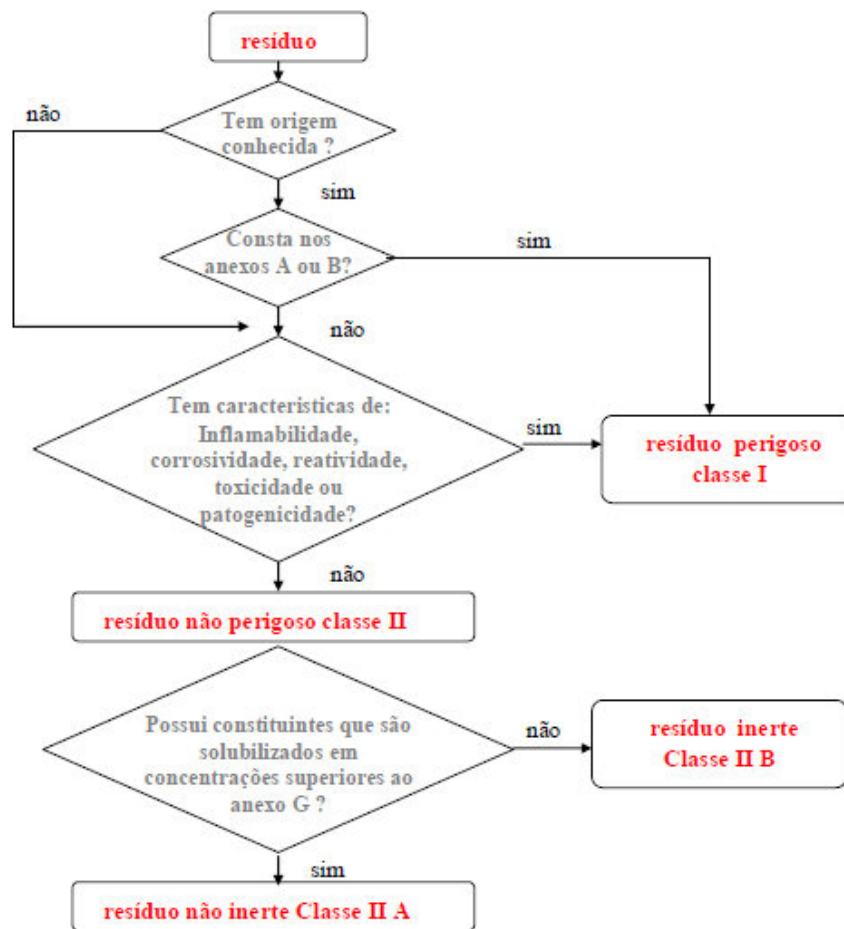


Figura 4 – Resíduos não perigosos (inertes)

Fonte: <http://ambientalsustentavel.org/2012>

Para melhor classificar os resíduos sólidos, Carvalho (2012) sugere uma análise, iniciando no conhecimento de sua origem, e seguindo nos apontamentos de suas características.

Neste sentido, Carvalho (2012, p.6), disponibiliza um fluxograma (Figura 5), para facilitar a classificação dos resíduos sólidos.



Fluxograma 1: Classificação dos Resíduos Sólidos
 Fonte: Carvalho (2012, p.6)

2 GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

2.1 Definição de Gerenciamento de Resíduos Sólidos

A definição de gerenciamento integrado de resíduos sólidos adotada pela *United States Environmental Protection Agency*, é:

(...) aquele que completa o uso de práticas administrativas de resíduos, com manejo seguro e efetivo, fluxo de resíduos sólidos urbanos, com o mínimo de impactos sobre a saúde pública e o ambiente. (MAZZER; CAVALCANTI, 2004, p. 69).

Para que este sistema de gerenciamento integrado de resíduos seja funcional, os autores destacam alguns aspectos que necessariamente deverão estar presentes:

Redução de resíduos (incluindo reuso dos produtos);
Reciclagem de materiais (incluindo compostagem);
Recuperação de energia por resíduo combustível;
Disposição final (aterros sanitários).
(MAZZER; CAVALCANTI, 2004, p. 69)

Quanto à responsabilidade pelo gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos, Barros (2002) apud Mazzer e Cavalcanti (2004) afirma que é da administração pública municipal, todavia, ressalta que para os outros tipos de resíduos sólidos é de responsabilidade do seu gerador.

2.1 Geração de Resíduos Sólidos

Segundo Lizárraga (2001), o tratamento dos resíduos sólidos é um grande problema nacional.

Enfatizando esta afirmação, Burle (2012) menciona que no Brasil, a produção de lixo não para de crescer, e ainda cresce em ritmo mais acelerado do que a população urbana.

Em um estudo realizado pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE) sobre o Panorama dos Resíduos Sólidos

no Brasil, constatou que os brasileiros geraram em 2010, cerca de 60,9 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos (RSU), crescimento de 6,8% sobre 2009. (BURLE, 2012)

No mesmo período, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a população cresceu em torno de 1%.

Segundo a ABRELPE, o total de resíduos coletados também aumentou, em 2010, aproximadamente 7,7%. Outro dado importante levantado, é que foram recolhidas pelos serviços de coleta domiciliar 54,2 toneladas. “Mesmo assim, esse número corresponde a 89% do lixo gerado. Ou seja, os outros 11% ficaram espalhados nas ruas, em terrenos baldios ou foram jogados nos rios.” (BURLE, 2012, p.1)

O autor ainda destaca um triste fato:

(...) do lixo coletado, quase 23 milhões de toneladas, ou 42,4%, foram depositadas em locais inadequados: lixões ou aterros controlados, onde o chorume, líquido originado pela decomposição, não é tratado e pode contaminar os lençóis d'água. (BURLE, 2012, p.1)

É de ser ponderado que mesmo existindo uma legislação pertinente aos resíduos sólidos, e sendo determinando como responsável o gerador, este não desempenha suas funções para um efetivo tratamento ou destinação ao lixo.

Burle (2012) menciona que tal descaso pelo gerador do resíduo sólido, seja pela falta de informação ou por não estar devidamente amparado por um prestador de serviço responsável, seja ele público ou privado.

Colaborando com a abordagem, Siqueira (2001) apud Mazzer e Cavalcanti (2004, p.70) ressalta que:

O equacionamento e a solução dos problemas relacionados com os resíduos urbanos, em todas as etapas do processo, da geração até a disposição final, estão intrinsecamente ligados à conscientização da população envolvida, ao seu estágio de desenvolvimento aos hábitos, às condições econômicas e, naturalmente, à disponibilidade de locais e tecnologias adequadas para tratamento e disposição final.

Neste contexto, como bem observado pelos autores, o tratamento e destinação final dos resíduos ainda são realizados com adoção de soluções imediatas, fazendo o simples descarte. Todavia, com esta prática criam-se depósitos a céu aberto, o que acaba por contribuir para a deterioração do meio ambiente.

Na busca por soluções, ou até mesmo a diminuição dos problemas resultantes da geração do lixo, Siqueira (2001) apud Mazzer e Cavalcanti (2004) relaciona cinco princípios básicos, que são necessários serem adotados pela sociedade (Tabela 1):

Tabela 1 – Princípios básicos para solução dos problemas da geração do lixo

1º Minimização da geração de resíduos;
2º Maximização da reutilização e reciclagem ambiental adequadas;
3º Seleção de processos industriais de produção de materiais menos agressivos ao meio ambiente;
4º Adoção de formas de destinação final ambientalmente adequadas;
5º Expansão dos serviços relacionados ao lixo para toda a população.

Fonte: Siqueira (2001) apud Mazzer e Cavalcanti (2004, p.70)

Os autores explicam que atualmente a base dos sistemas que são adotados para a administração dos resíduos esta no conceito da inesgotabilidade dos recursos naturais. Porém, tal pratica deve ser abandonada, como enfatizam: “Esta visão é absolutamente equivocada e deve ser revista, dentro da ótica do desenvolvimento auto-sustentável.” (MAZZER; CAVALCANTI, 2004, p.70)

Colaborando com a temática, a Professora Denize Dias de Carvalho de Engenharia do Meio Ambiente da Universidade Federal do Rio de Janeiro, ressalta que as diretrizes para o gerenciamento dos resíduos sólidos, estão estabelecidas no vigésimo primeiro capítulo da Agenda 21. A determinação rege que o gerenciamento de resíduos sólidos deve ser de feita de forma compatível com a preservação ambiental. (CARVALHO, 2012)

Neste sentido a autora afirma:

Um novo estilo de vida, com mudanças nos padrões de consumo, nos padrões de produção e de geração de resíduos se impõe para a humanidade. O estabelecimento desses novos padrões comportamentais e culturais depende de um trabalho de educação e conscientização e deve (deveria) ser tarefa da atual geração e das próximas, na construção de um novo modelo de mundo. (CARVALHO, 2012, p. 7)

A Agenda 21 define áreas-programa que permitem o estabelecimento de uma estratégia de gerenciamento de resíduos sólidos compatível com a preservação do ambiente. Tais programas são os princípios mencionados por Mazzer e Cavalcanti (2004), destacados na Tabela 1.

2.2 Do Tratamento dos Resíduos Sólidos

De acordo com os ensinamentos da Professora Dra. Marta Regina Lopes Tocchetto da Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande Sul, o tratamento visa o processamento de resíduos perigosos, com o objetivo de reduzir ou eliminar a periculosidade, imobilizar componentes perigosos, fixando-os em materiais insolúveis, bem como a redução de volume para a disposição.

Tocchetto (2012, p.77) enfatiza que: “Tratar resíduo significa transformá-lo de tal maneira que, possa ser reutilizado ou disposto em condições mais seguras e ambientalmente aceitáveis.”.

Os principais objetivos do tratamento elencados pela autora são (Tabela 2):

Tabela 2 – Objetivos do Tratamento de Resíduos Perigosos

Conversão dos constituintes tóxicos em formas menos perigosas ou insolúveis;
Alteração da estrutura química facilitando sua incorporação ao ambiente;
Destruição dos compostos tóxicos;
Separação de frações tóxicas, reduzindo volume e periculosidade.

Fonte: Tocchetto (2012, p.77)

A autora menciona ainda, que existem diversos tratamentos que podem ocorrer a partir de reações químicas, físicas, biológicas e/ou térmicos. Tais reações subdividem em 4 classes (Tabela 3):

Tabela 3 – Reações químicas suscetíveis de ocorrer com o tratamento dos resíduos

Químicos	Visa remover elementos em geral, dissolvidos ou em soluções coloidais utilizando substâncias químicas.
Físicos	O tratamento de resíduos industriais perigosos inclui operações de clarificação, filtração, adsorção, absorção e/ou flotação, além de secagem e estabilização/solidificação.
Biológicos	No tratamento biológico culturas adaptadas de microrganismos são colocadas em contato com a matéria orgânica dissolvida e em determinadas condições de temperatura, pH e oxigênio esta é decomposta pelas bactérias resultando gás carbônico e água.
Físico-químicos	São os processos térmicos, incluem a incineração, a pirólise e outros. Trata-se de processos em a temperatura elevada modifica as características físicas e químicas do resíduo.

Fonte: Tocchetto (2012, p.77)

Quanto aos locais para ser realizados os tratamentos de resíduos, este podem ser realizados em diferentes locais (Tabela 4):

Tabela 4 – Locais de tratamento de Resíduos Perigosos

Junto à própria fonte geradora;
Em outra instalação que tenha interesse em utilizar o material recuperado;
Em instalações especializadas em tratamento.

Fonte: Tocchetto (2012, p.77)

2.3 Central de Tratamento de Resíduos – CRT

É fato a existência dos efeitos sinérgicos no tratamento dos resíduos. Todavia para aproveitar de forma benéfica esta consequência, foi desenvolvido o conceito da Central de Tratamento de Resíduos – CRT.

Uma das facilidades que a CRT proporciona, é a simbiose química entre resíduos ácidos e básicos, resíduos oxidantes e redutores, que acaba por auxiliar o tratamento conjunto, podendo resultar em menores gastos com reagentes, energia, água e financeiro. (TOCCHETTO, 2012).

De acordo com a professora, para a área ambiental, o CRT abrange além das unidades de tratamento propriamente ditas, laboratórios para caracterização dos resíduos recebidos, áreas para armazenamento, incineradores e aterros controlados para os resíduos finais do tratamento.

Embora objetivo do CRT seja reduzir os gastos com reagentes, energia, água e financeiro, Tocchetto (2012, p.78) ressalta para os perigos com acidentes:

Uma crítica ao tratamento centralizado é de que uma maior quantidade de resíduos em um mesmo local aumenta os riscos de acidentes e pode gerar emissões fugitivas. Porém, a dispersão de resíduos em locais diferentes e em instalações menores, aumenta exponencialmente os riscos de acidente, além de elevar os custos unitários, fato que pode ainda estimular o gerador a optar pelo armazenamento de resíduos por prazos indefinidos, sem tratá-los.

2.4 Métodos para o Tratamento de Resíduos Perigosos

Como já mencionado anteriormente, tratamento de resíduos perigosos refere-se a qualquer processo que destrói, fisicamente altera ou neutraliza resíduos perigosos.

Observa-se que existem vários métodos para o tratamento de resíduos perigosos, porém, apenas alguns são mais utilizados.

A Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (*Environmental Protection Agency*) relaciona três tipos de tratamento de resíduos perigosos:

- a) combustão e incineração;
- b) unidades de eliminação de terra; e
- c) poços de injeção subterrânea.

O tratamento químico também é um método utilizado para lidar com materiais de resíduos perigosos. Os produtos químicos se comportam de várias formas. Alguns pretendem neutralizar o ácido dos resíduos, alterando seus níveis de pH para que ele se solidifica e pode ser filtrado, ou então oxidante dos resíduos para torná-lo menos tóxicos.

2.4.1 Combustão e Incineração

A combustão ou incineração ocorre através do uso de mecanismos, tais como incineradores ou caldeiras (Figura 5), capazes de queimar resíduos perigosos.



Figura 5 - Incinerador

Fonte: <http://www.alunosonline.com.br/quimica/polimeros-poluicao-lixo.html>

Estes mecanismos incluem vários tipos de fornos e fornalhas, fornos e reatores químicos (Figura 6 e 7).



Figura 6: Fornalha

Fonte: <http://www.lippel.com.br/>



Figura 7: Reator Químico

Fonte: <http://www.imsb.com.br>

É um processo de destruição térmica através da combustão, bem como é uma das alternativas para o destino final do lixo urbano. O método reduz o volume e peso do lixo, todavia, o resíduo sempre existirá sendo dispensado em aterro sanitário.

Outro aspecto que deve ser destacado é que a incineração destrói os microrganismos que causam doenças, contidos principalmente no lixo hospitalar e industrial.

De acordo com Nascimento et al (2001), um incinerador pode ser operado sem provocar agressões ao meio ambiente, para isso, deverão ser empregados precipitadores de partículas, filtros eletrostáticos, lavadores de gases, etc.

Todavia, como bem ressaltado pelos autores, se estes cuidados não forem observados, haverá sérios danos à natureza, como a emissão de componentes da classe das toxinas (chumbo, cádmio, mercúrio, crômio, arsênio, cobalto e outros

metais pesados, ácido clorídrico, óxidos de azoto e dióxido de enxofre, dioxinas e furanos, clorobenzenos, clorofenóis e PCBs).

De acordo com o *site* “incineracao.online.pt”¹, o processo de incineração (Figura 8) passa pelas seguintes fases:

Quando os resíduos chegam à incineradora estes passam pela fase de secagem, em que é reduzido o teor de água nos resíduos para fazer com que a combustão dos mesmos seja mais rápida e eficaz. São então transportados para a zona de combustão em que são submetidos a temperaturas entre os 400 e 500°C. Após isto, dá-se a combustão completa, a temperaturas que variam entre os 800 e 1000°C. Os produtos resultantes são gases, águas residuais, cinzas e escórias. Todos eles têm de ser submetidos a tratamentos próprios.

As águas residuais são resultantes do arrefecimento das escórias e da lavagem dos gases e são considerados um resíduo perigoso, devendo por isso sofrer um tratamento adequado.

As escórias deverão ser depositadas em aterros para resíduos perigosos. Por outro lado os gases resultantes deverão ser submetidos a vários processos de forma a serem retiradas as substâncias perigosas.

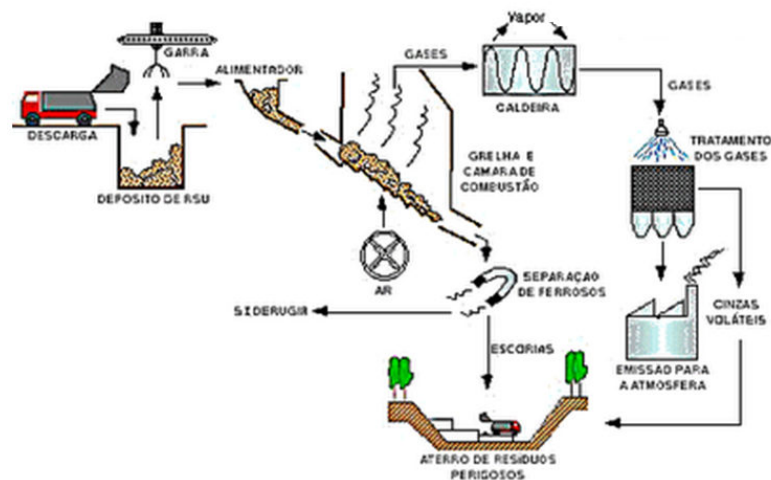


Figura 8 – Processo de Incineração

Fonte: <http://poluicaoresiduos.blogspot.com.br/p/incineracao.html>

Entre as substâncias perigosas que podem ser encontradas nos gases, estão o chumbo, cádmio, mercúrio, cobalto, óxido de azoto, dioxinas e furanos, entre outros.

Nascimento et al (2001) destacam algumas vantagens da queima dos resíduos sólidos, tais como, redução drástica do volume a ser descartado, redução

¹ Disponível em: <http://www.incineracao.online.pt/incineracao-incineracaoonlinept>

do impacto ambiental, recuperação de energias, aumento da vida útil dos aterros sanitários e destoxificação².

Quanto as desvantagens os autores apontam o custo elevado de operação e manutenção, mão-de-obra qualificada, problemas operacionais, os limites de emissão de componentes da classe das toxinas e furanos que são lançados na atmosfera.

2.4.1.1 Principais Tipos de Incineradores

Alencar Jr e Gabaí (2001) citado por Tocchetto (2012, p.86) mencionam que os 4 (quatro) sistemas mais empregados para a incineração de resíduos sólidos perigosos são:

Injeção líquida (às vezes associada com incineração de vapores);

Forno rotativo;

Câmara fixa;

Leito fluidizado.

Tocchetto (2012) explica que o processo de seleção e projeto desses sistemas é muito complexo. Enfatizam a Eficiência na Destruição e Remoção (EDR) de compostos perigosos e a performance nas emissões (atmosféricas e efluentes líquidos).

A instalação incineradora, compõe de quatro sub-sistemas:

Preparação e alimentação do resíduo ao incinerador;

Câmara(s) de combustão;

Sistemas de controle de poluição atmosférica;

Manuseio da fração não-incinerável e das cinzas.

a) Fornos de injeção líquida

São fornos inclinados e revestidos internamente com material refratário, podendo ser horizontais ou verticais (Figura 9).

² Destoxificação é qualquer processo biológico que busque a redução dos impactos negativos das toxinas ao metabolismo corporal.

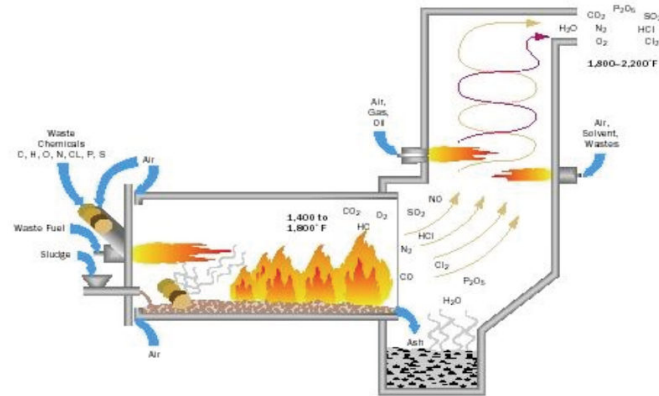


Figura 9 - Esquema de um incinerador de injeção de líquidos

Fonte: http://marta.tocchetto.com/site/?q=system/files/Apostila%20UNIFRA_2012.pdf

Como o resíduo é atomizado há uma limitação com relação ao tamanho das partículas. Quanto mais finas forem essas gotículas, mais completa será a reação de combustão dos resíduos, a qual ocorre a aproximadamente 1600 °C, com um tempo de permanência de um ou dois segundos. As temperaturas elevadas são alcançadas com o uso de combustível ou algum resíduo “energético”. Nesse tipo de incinerador, geralmente é usada apenas uma câmara de combustão. (TOCCHETTO, 2012)

b) Fornos rotativos

São os mais usados. São fornos ligeiramente inclinados sob um plano horizontal revestidos de material refratário (Figura 10).

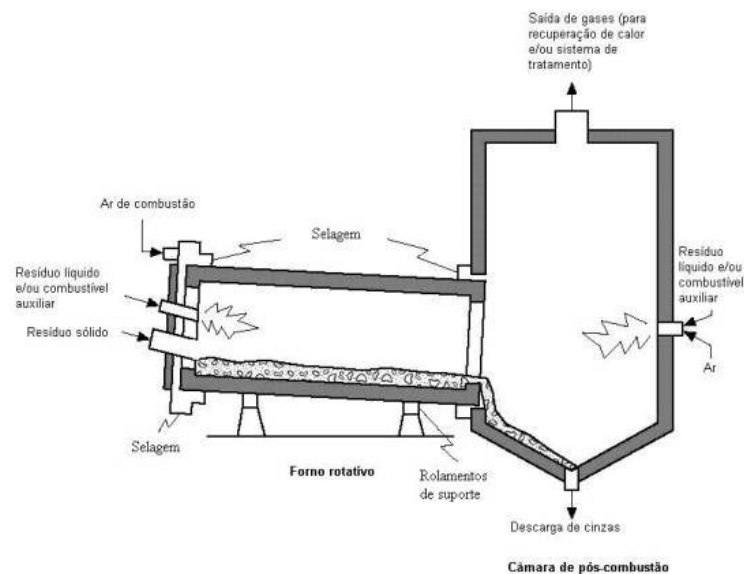


Figura 10 – Fornos Rotativos

Fonte: <http://www.figueiraonline.com/e-notes/res-co-incineracao.htm>

A fração volátil do resíduo sólido é queimada em uma câmara secundária do forno e nesta câmara podem ser injetados resíduos líquidos.

De acordo com Tocchetto (2012) os resíduos são introduzidos no interior de um cilindro longo (em torno de 20 m), com inclinação em torno de 5° da horizontal que gira lentamente, de modo que o material não queimado é continuamente exposto às condições oxidantes, numa temperatura que varia de 650 °C a 1100 °C.

Durante um período de cerca de uma hora, os resíduos continuam seu caminho descendente pelo interior do cilindro e sendo queimado. Os gases quentes de saída do forno são levados para uma câmara de combustão secundária (não rotatória) equipada com um queimador, no qual a temperatura fica em torno de 1200 a 1400 °C e o gás permanece por pelo menos dois segundos, possibilitando a destruição, praticamente completa, das moléculas orgânicas.

A autora revela que em algumas instalações, os resíduos líquidos podem ser introduzidos diretamente nesta câmara como combustível.

c) Forno de grade fixa

Este tipo de forno é constituído por 2 (duas) câmaras, e é necessário combustível para início e manutenção da queima (Figura 11).

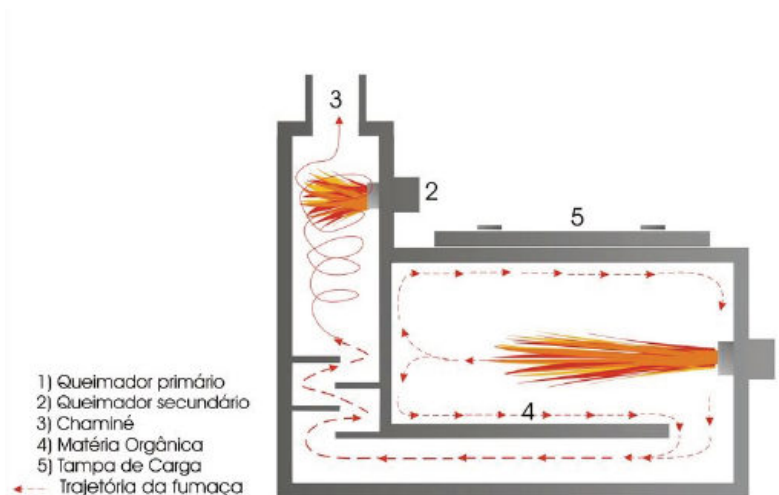


Figura 11 - Incinerador de câmara fixa

Fonte: Tocchetto (2012, p. 90)

O suprimento de ar é fundamental para garantir a turbulência necessária para misturar o ar e o resíduo controlando a formação de particulados.

d) Fornos de múltiplos estágios

É composto por uma estrutura externa de aço e revestido internamente com material refratário. Geralmente é composto por 6 (seis) a 12(doze) câmaras onde o ar injetado resfria a coluna e os braços de arraste. O ar quente circula da parte superior para o fundo conservando o calor. (TOCCHETTO, 2012)

e) Forno de leito fluidizado

Este tipo de forno, conforme menciona Tocchetto (2012) é constituído por um vaso recheado de material inerte, geralmente areia, a uma temperatura de 450-850 oC. O ar é injetado pela parte inferior com o objetivo de manter o leito em suspensão (Figura 12).

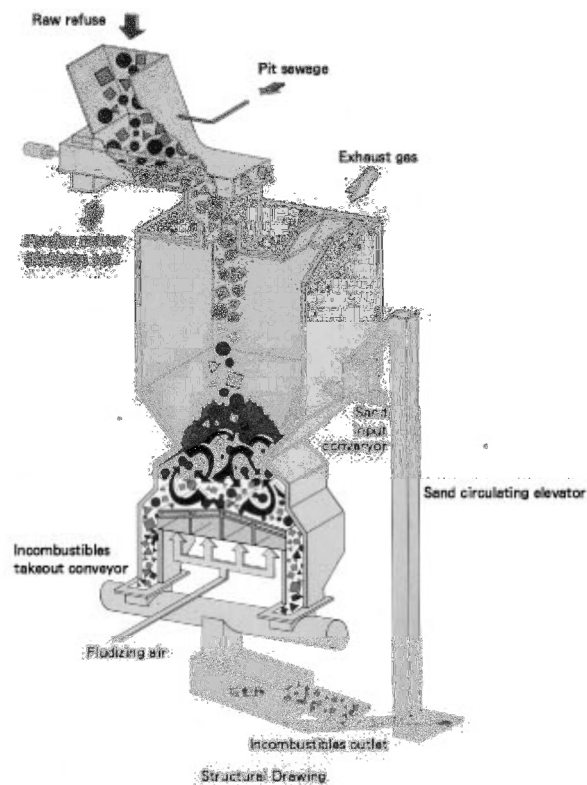


Figura 12 - Incinerador de leito fluidizado

Fonte: Tocchetto (2012, p. 91)

Os resíduos e o combustível auxiliar são injetados radialmente em pequenas quantidades e ao entrarem em combustão devolvem o calor retirado do leito.

f) Incinerador de plasma

Neste processo a energia elétrica transformada em plasma (gás ionizado eletricamente condutivo, constituído de partículas carregadas eletricamente e de neutrons) age transferindo e convertendo energia. Esta energia libera elétrons que

quebram as ligações entre moléculas quase instantaneamente, sendo que o resfriamento rápido impede a recombinação destas moléculas. (TOCCHETTO, 2012)

g) Incinerador de câmaras múltiplas

A professora explica que este incinerador é constituído geralmente por 3 (três) câmaras refratárias.

Basicamente são de dois tipos: tipo retorna, onde os gases fluem através das câmaras distribuídas em “V” e do tipo em linha, onde as câmaras são construídas em série. A alimentação, a ignição e a queima se dão na primeira câmara, os gases voláteis provenientes da oxidação parcial passam para a segunda câmara onde ocorre a combustão turbulenta da mistura. Estes gases são conduzidos para a terceira câmara onde ocorre a combustão final.

Este equipamento pode ser utilizado para resíduos sólidos e líquidos. Os resíduos líquidos são atomizados juntamente com o ar e necessitam de um tempo de residência maior e combustível auxiliar, caso o poder calorífico seja baixo. (TOCCHETTO, 2012)

2.4.1.2 Co-Incineração

A co-incineração é o processo de tratamento de resíduos que consiste na sua queima em fornos industriais, conjuntamente com os combustíveis tradicionais, com a finalidade de produção de energia e eliminação dos resíduos utilizados.

Os resíduos são assim valorizados energeticamente, pois substituem parte do combustível usado no forno. Os fornos trabalhando a elevadas temperaturas das indústrias vidreira, siderúrgica e cimenteira podem ser usados para o tratamento de resíduos.

Como exemplo, cita-se a co-incineração no fabrico do cimento.

O site “incineracao.online.pt”³, revela que na fabricação do cimento é utilizado o clínquer, uma rocha artificial produzida a partir de outras substâncias, como calcários e argilas. Estes materiais são cozidos a altas temperaturas e após o clínquer é moído e acrescentado o gesso e outros compostos para se obter o

³ Idem 1

produto final utilizado na construção civil. Os resíduos são incinerados nos mesmos fornos onde é preparado o clínquer, substituindo assim parte das matérias combustíveis. Torna-se necessário existir uma escolha dos resíduos antes de serem transportados para a cimenteira, já que nem todos os materiais são adequados para serem utilizados como combustíveis.

A co-incineração diminuir a quantidade de outros tipos de recursos energéticos não renováveis.

2.4.2 Unidades de Eliminação de Terra

Uma unidade de eliminação de terra é projetada para conter permanentemente os materiais de resíduos perigosos. Os resíduos continuam perigosos, e as unidades de eliminação tem a finalidade de afastar e evitar a contaminação pela população geral.

Entre as formas encontradas neste tipo de tratamento, citam-se as unidades de superfície, represamento e resíduos de pilhas, sendo que os aterros sanitários é a forma mais comum de unidade de eliminação de terra.

2.4.2.1 Aterros

Um dos maiores problemas do mundo atual é a má segregação, classificação, armazenamento e/ou destinação que os resíduos recebem, causando grandes prejuízos à saúde humana e à natureza.

Como forma de amenizar os impactos causados no ser humano como na natureza, existem aterros especializados no descarte de resíduos provenientes de laboratórios ou indústrias químicas, viabilizando um manejo correto e menos agressivo ao meio ambiente e à população. (ENGELMANN, 2012)

Mazzer e Cavalcanti (2004) referenciando o *site* e-meioambiente (2003), explicam que o aterro é uma forma de disposição de resíduos no solo que obedece

a critérios de engenharia e normas operacionais específicas, com a finalidade de realizar um confinamento seguro em termos de poluição ambiental⁴.

Os autores ressaltam para os perigos que a falta de cautela com métodos de disposição de resíduos, podem trazer para o meio ambiente:

A disposição indiscriminada de resíduos no solo pode causar poluição do ar, pela exalação de odores, fumaça, gases tóxicos ou materiais particulados, poluição das águas superficiais pelo escoamento de líquidos percolados ou carreamento de resíduos pela ação das águas de chuva e poluição do solo e das águas subterrâneas pela infiltração de líquidos percolados. (MAZZER; CAVALCANTI, 2004, p. 70)

Para sanar ou minimizar estes problemas, o aterro se torna uma alternativa salutar, todavia, como ressaltam os estudiosos, algumas medidas de proteção ambiental devem ser adotadas, tais como:

- Localização adequada;
- Elaboração de projeto criterioso;
- Implantação de infra-estrutura de apoio;
- Implantação de obras de controle da poluição;
- Adoção de regras operacionais específicas.

Os aterros se classificam em comum, sanitário e controlado.

a) Aterro comum

Jardim et al. (1995) apud Mazzer e Cavalcanti (2004) aduz que o aterro comum é a forma inadequada de disposição de resíduos sólidos, que se caracteriza pela simples descarga de resíduos sobre o solo, sem medidas de proteção ao ambiente ou à saúde pública (Figura 13).

⁴ A poluição pode ser definida como a introdução no meio ambiente de qualquer matéria ou energia que venha a alterar as propriedades físicas, químicas ou biológicas desse meio, em quantidade superior ao que o meio ambiente consegue absorver, afetando, ou podendo afetar, por isso, a "saúde" das espécies animais ou vegetais que dependem ou tenham contato com ele. Assim poluição ambiental é tudo aquilo que é provocado pela não conscientização da população.



Figura 13 – Aterro Comum
Fonte: <http://super.abril.com.br>

Vantagem: Processo mais barato e mais rápido para sua instalação

Desvantagem: Contamina o solo, ar, água e favorecem a sobrevivência e proliferação de insetos e roedores.

b) Aterro controlado

O aterro controlado é o aterro comum com algumas adaptações.

Através de uma técnica de engenharia na qual os resíduos são dispostos no solo, os aterros controlados são cobertos diariamente com camadas de terra, ocupando o menor volume possível, através da compactação deste material, tratando os efluentes gerados.

De acordo com o *site* “lixo.com.br”⁵, por ser uma fase intermediária entre o aterro comum e o aterro sanitário, se torna uma célula adjacente ao lixão que foi remediado, ou seja, que recebeu cobertura de argila, e grama (idealmente selado com manta impermeável para proteger a pilha da água de chuva) e captação de chorume e gás (Figura 14).

⁵ Disponível em: http://www.lixo.com.br/index.php?option=com_content&task=view&id=144&Itemid=251.



Figura 14 – Aterro Controlado
 Fonte: <http://www.ressoar.org.br>

Esta célula adjacente é preparada para receber resíduos com uma impermeabilização através de uma manta. A operação busca amenizar os impactos negativos tais como a cobertura diária da pilha de lixo com terra ou outro material disponível como forração ou saibro. O processo possui a recirculação do chorume que é coletado e levado para cima da pilha de lixo, diminuindo a sua absorção pela terra ou eventualmente outro tipo de tratamento para o chorume como uma estação de tratamento para este efluente.

Todavia, a cobertura de material inerte que os resíduos recebem, não resolve o problema de poluição que é gerado.

Neste sentido, Lima (1995, p.26) apud Mazzer e Cavalcanti (2004, p. 71) afirma que:

Os resíduos recebem diariamente uma cobertura de material inerte. Esta cobertura não resolve os problemas de poluição gerados pelos resíduos, pois, não são levados em conta os mecanismos de formação de gases e líquidos.

c) Aterro Sanitário

De acordo com a ABNT (1984), NBR 10004, o aterro sanitário consiste na técnica de disposição de resíduos sólidos no solo, sem causar danos ou riscos à saúde pública e à segurança.

O Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT) menciona que é uma técnica de disposição de resíduos sólidos no solo, sem causar danos ou riscos à saúde pública e à segurança, minimizando os impactos ambientais (IPT, 2010).

Esclarecendo mais sobre este método, o IPT (2010) explica que são utilizados princípios de engenharia para confinar resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume possível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão da jornada de trabalho ou a intervalos menores, se necessário.

A disposição dos aterros sanitários possui um setor de preparação, um setor de execução e outro setor concluído. Alguns aterros, geralmente os de grande e médio porte, desenvolvem esses setores juntamente com outras áreas, outros de menor porte, trabalham cada setor por vez (Figura 15).

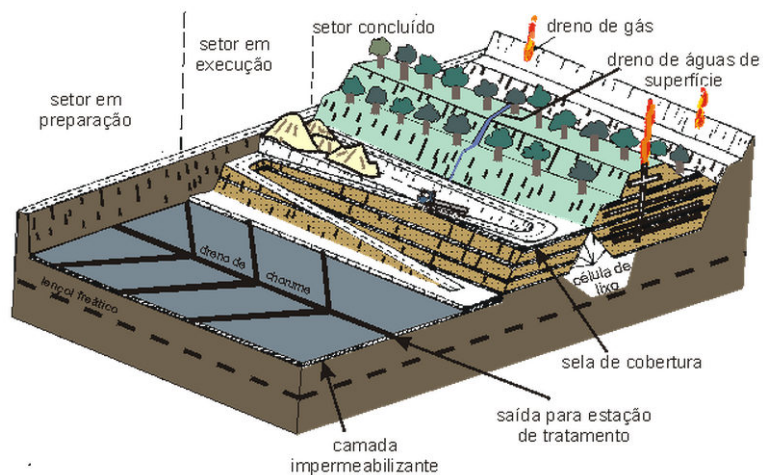


Figura 15 – Aterro Sanitário

Fonte: <http://www.rc.unesp.br>

De acordo com o Professor de Geociências e Meio Ambiente Fábio Augusto Gomes Vieira Reis a preparação da área passa por um processo de impermeabilização e o nivelamento do terreno, por obras de drenagem para captação do chorume (ou percolato) com a finalidade de conduzi-lo ao tratamento, além das vias de circulação. As áreas limítrofes do aterro devem apresentar uma cerca viva para evitar ou diminuir a proliferação de odores e a poluição visual.

Reis (2001) explica que na execução, os resíduos são separados de acordo com suas características e depositados separadamente. Todavia, antes de serem depositados, todo o resíduo é pesado, com a finalidade de verificar a quantidade de suporte do aterro.

Os resíduos que produzem material percolato são geralmente revestidos por uma camada selante

Quando a capacidade limite, de disposição de um setor do aterro for atingida, os resíduos serão revegetados e depositados em outro setor. Do decorrer dos trabalhos de disposição e mesmo após concluídos de um setor do aterro, os gases produzidos pela decomposição do lixo devem ser queimados e os percolados devem ser captados. Concomitantemente devem ser realizadas obras de drenagem das águas pluviais. (REIS, 2001)

Concluindo sua explicação sobre o processo que desencadeia no aterro sanitário, Reis (2001) explica que nos setores concluídos, deve haver contínuo e permanente monitoramento, com o objetivo de avaliar as obras de captação dos percolados e as obras de drenagem das águas superficiais, bem como avaliar o sistema de queima dos gases e a eficiência dos trabalhos de revegetação.

De acordo com o IPT (2010) as técnicas de monitoramento mais utilizadas são a piezometria⁶, poços de monitoramento, inclinômetro⁷, marcos superficiais e controle da vazão.

Das vantagens apontadas no aterro sanitário destacam-se a diminuição dos impactos ao meio ambiente e a viabilidade econômica.

Quanto às desvantagens citam-se vida útil de curta duração, controle e manutenção constante e utilização de grandes extensões de terra.

É de ser ressaltado ainda que para os resíduos sólidos industriais existem os aterros próprios, que são geralmente classificados como aterro classe I, aterro classe II ou aterro classe III.

2.4.3 Poços de Injeção Subterrânea

Os poços de injeção subterrânea geralmente são utilizados para resíduos perigosos líquidos.

⁶ Parte da física que mede, com o piezômetro, a pressão dos fluidos e a compressibilidade de substâncias.

⁷ O Inclinômetro (também conhecido como clinômetro) é um instrumento utilizado para medir ângulos de inclinação e elevação. Há variados tipos de inclinômetros: desde um simples pêndulo, até outros naturalmente embutidos no cardam de uma bússola.

O processo injeta um líquido específico em rochas porosas no subterrâneo, em rochas porosas, tais como calcário ou arenito para ser absorvida, ou abaixo da camada superior do solo (Figura 16).



Figura 16 – Poço de Injeção Subterrânea
Fonte: <http://www.newpark.com>

Se forem manuseados incorretamente, os resíduos perigosos podem correr em vias navegáveis interiores e potencialmente contaminar o abastecimento público de água.

3 CO-PROCESSAMENTO

Amplamente empregada na Europa, Estados Unidos e Japão, há quase 40 anos, no Brasil o co-processamento é utilizado desde o início da década de 90.



Figura 17 – Co-processamento
Fonte: parnaambiental.com.br

3.1 Definindo o Co-processamento

De acordo com Joao Carlos Micciacito (2013), denomina-se co-processamento a técnica para destinação final de resíduos industriais, através de um processo de valorização, que consiste no reaproveitamento, reciclagem de resíduos industriais ou misturas de resíduos (materiais secundários), como substitutos parciais do combustível e/ou da matéria-prima (na etapa de clínquerização), necessários ao processo de produção de cimento.

Assim, ao mesmo tempo em que acontece a produção de clínquer, estão sendo alimentados ao processo de clínquerização, em vias e taxas de alimentação pré-definidas, os resíduos pré-transformados em substitutos parciais de combustível e/ou matéria-prima, onde a parte orgânica deles é destruída termicamente, havendo o aproveitamento energético e a inorgânica inertizada, combinando com os

elementos já existentes nas matérias-primas do cimento, não havendo geração de nenhum resíduo.

3.2 Dos Resíduos para o co-processamento

3.2.1 Resíduos que podem ser Coprocessados

Substâncias oleosas;
Corantes, tintas, vernizes;
Catalisadores usados
Produtos fotográficos;
Lodo de esgoto;
Resinas, colas, solventes impregnados com tinta;
Pneus, emborrachados;
Areia ou terra contaminada com óleo;
Embalagem de produtos químicos, entre outros.

3.2.2 Resíduos que não podem ser Coprocessados

Materiais radioativos;
Lixo hospitalar;
Pilhas, baterias;
Lixo doméstico ou urbano;
Vidro;
Embalagens metálicas.

3.2 Do Forno Rotativo

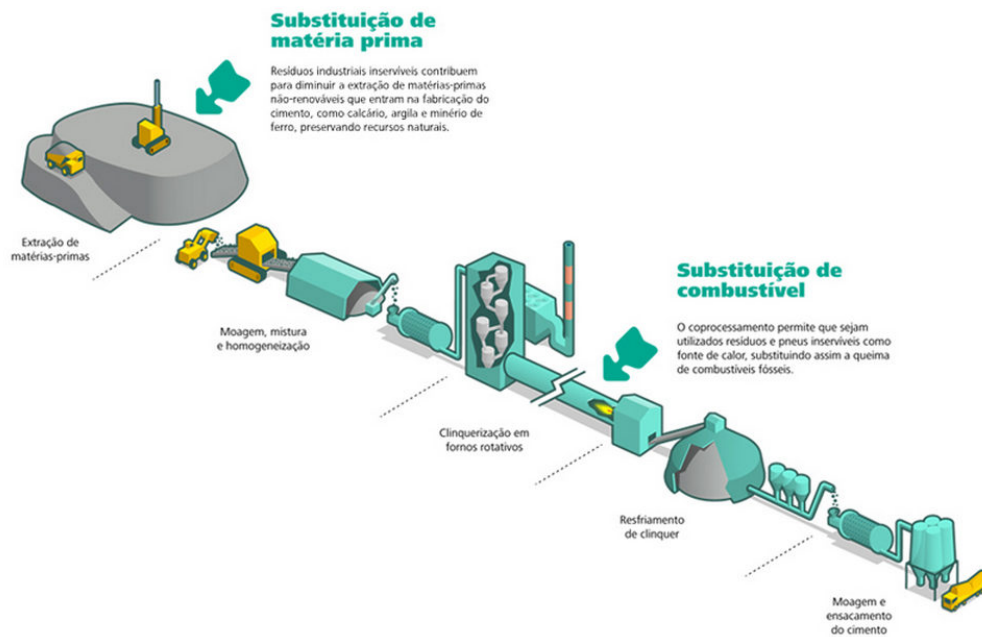


Figura 18 – Forno Rotativo - Processo

Fonte: recyclelive01.blogspot.com.br/2012/08/reciclagem.html

O co-processamento é a operação de reaproveitamento e destinação final, em uma única operação de queima de resíduos industriais com características físico-químicas compatíveis ao processo de produção de clínquer, em fornos rotativos da indústria cimenteira.



Figura 19 – Forno Rotativo

Fonte: <http://www.nimbahera.com.br/produtos>

Enquanto o processo de tratamento e reciclagem de resíduos está ocorrendo através da utilização destes combustíveis alternativos ou substitutos de matérias-primas, um novo e importante produto econômico está sendo produzido, o cimento.

A prática do co-processamento de resíduos em fornos rotativos de clínquer vem sendo amplamente explorada e incentivada, sendo difundida em vários países, onde verifica-se o aumento expressivo das quantidades e tipos de resíduos processados.

Tal prática é plenamente compatível com a atual política mundial de preservação de recursos naturais e energéticos, apresentando-se como uma das alternativas mais seguras e eficientes para a destinação/destruição de resíduos.

Fornos de produção de clínquer podem ser utilizados para destinar uma grande variedade de resíduos, desde que demonstrado que a atividade não cause impactos ambientais, não afete as condições de segurança e saúde pública, não cause prejuízo aos equipamentos da planta e não afete a qualidade do clínquer/cimento produzido.

3.2.1 Características do Forno de clínquer para o co-processamento

Micciacito (2013) destaca algumas características que tornam um forno de clínquer um ambiente apropriado para o tratamento de resíduos perigosos. São elas:

Altas temperaturas;

Longo tempo de residência dos resíduos e gases no sistema forno;

Alta turbulência dos gases;

Ambiente alcalino natural;

Estabilidade térmica do processo;

Alta eficiência dos ECP's;

Eliminação completa dos resíduos (incorporação das cinzas ao clínquer).

3.2.2 Vantagens no uso do Forno

Há de ser destacado que o uso de fornos de clínquer como opção para a destinação final de resíduos apresenta uma série de vantagens.

Neste sentido, Micciacito (2013) apresenta algumas delas:

Solução definitiva sem geração de passivo ambiental (cinzas e efluentes líquidos);

Baixo custo para a destinação final dos resíduos;

Valorização de resíduos – através do reaproveitamento / reciclagem;

Controle e monitoramento ambiental na fonte e entorno com geração de evidências de atendimento à legislação ambiental;

Minimização e gestão de riscos potenciais a saúde e ao meio ambiente;

Economia de combustível convencional no processo;

Conservação de fontes energéticas não renováveis e dos recursos naturais finitos;

Ganho social.

3.3 Benefícios do Co-processamento para o Meio Ambiente

Micciacito (2013) também ressalta os benefícios que esta técnica traz para o meio ambiente, apontando para os seguintes aspectos:

Economia de combustível fóssil não renovável;

Economia de matéria-prima mineral finita;

Redução da emissão de CO₂;

Solução final e definitiva ambientalmente adequada para resíduos;

Transforma resíduos em recursos;

Elimina riscos de passivos ambientais;

Poupa recursos naturais não renováveis;

Ganho ambiental: destinação ambientalmente adequada com economia de recursos ambientais: 20% de substituição energética;

5% de substituição de matéria-prima; e

12% de redução na emissão de CO₂.

3.4 Gestão de Co-processamento

Para a implantação do Processo de Co-processamento, Micciacito (2013) explica que alguns requisitos devem ser preenchidos, bem como satisfeitas etapas relativas à sua gestão.

Neste sentido o Micciacito (2013) destaca:

Especificações ambientais, legal e de processo para resíduos;

Prospecção dos geradores de resíduos;

Avaliação de viabilidade;

Contrato com o gerador de resíduo;

Processo de licenciamento ambiental;

Obtenção da autorização ambiental;

Plano de co-processamento;

Atividades realizadas no âmbito do gerador;

Fichas técnica e de emergência do resíduo;

Transporte do resíduo;

Operações na indústria de cimento;

O monitoramento ambiental;

Certificado de destinação final.

Atividades realizadas no âmbito do gerador:

CONCLUSÃO

Observa-se que atualmente os resíduos sólidos são gerados em grandes quantidades sociedade, o que representa uma considerável fonte de problemas caso não sejam gerenciados corretamente. É fundamental que estes resíduos sejam classificados de forma adequada, para que sejam manipulados sem prejuízos ao meio ambiente e principalmente para o indivíduo.

Neste contexto, gerenciar os resíduos sólidos de forma a garantir a qualidade de vida da população, não é apenas relevante para o ambiente, mas também uma condição adequada de atendimento nos centros urbanos.

Vale destacar que os resíduos sólidos quando não descartados corretamente no ambiente, podem provocar alterações intensas no solo, na água e no ar, além da possibilidade de causarem danos a todas as formas de vida, trazendo problemas que podem comprometer as futuras gerações.

Assim, em consequência de ações de controle cada vez mais restritivas, com os elevados custos com tratamento e disposição final, a busca para produzir cada vez menos resíduos e reaproveitar cada vez mais os resíduos gerados, tem sido enfatizado com o objetivo de reduzir o alto índice de desperdício, bem como visando estabelecer uma sociedade mais equilibrada e responsável,

A pesquisa revelou que existem vários métodos para o tratamento de resíduos perigosos, porém, três tipos de tratamento de resíduos perigosos são mais utilizados, a combustão e incineração, unidades de eliminação de terra e poços de injeção subterrânea.

Entre estes, destaca-se o co-processamento que é a destruição de resíduos e de passivos ambientais em fornos de cimento, consistindo na técnica de destruição térmica de resíduos em fornos de cimento, indicado para o tratamento de resíduos industriais, líquidos, sólidos e pastosos. Esse processo é utilizado em fornos de clínquerização das indústrias cimenteiras, onde em altas temperaturas, os resíduos são destruídos ao mesmo tempo em que são utilizados como energia alternativa para os fornos, em substituição aos combustíveis fósseis ou matéria prima.

Em relação a outras técnicas de queima é uma solução pró-sustentabilidade, uma vez que envolve o aproveitamento energético do resíduo ou seu uso como matéria-prima na indústria cimenteira sem afetar a qualidade do produto final. Para

isso, os resíduos são submetidos a um processo de blendagem, que envolve a mistura e homogeneização, assegurando a boa performance operacional e as características adequadas do produto final.

Por fim, o estudo trouxe um tema de extrema importância, visto que além de conhecer a caracterização dos resíduos gerados, principalmente quanto a sua periculosidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BURLE, Silvio. Brasil produz 61 milhões de toneladas de lixo por ano. Agência do Senado. 2012. Disponível em: <<http://www12.senado.gov.br/noticias/materias/2012/03/09/brasil-produz-61-milhoes-de-toneladas-de-lixo-por-ano>>. Acesso em: 12 jan 2013.

CARVALHO, Denise Dias Carvalho. Resíduos Sólidos. 2012. Disponível em: <http://www.eq.ufrj.br/graduacao/aulas/eqw010_denizedias/2012/residuos_solidos.pdf>. Acesso em: 23 jul 2013.

ENGELMAN, R.; GUISSO, R. M.; FRACASSO, E. M. Ações de gestão ambiental nas instituições de ensino superior: o que tem sido feito. Revista de Gestão Social e Ambiental, v. 3, n. 1, pp. 22-23, jan./abr. 2009.

FERREIRA, Aurélio B. de Hollanda. O Novo Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa. São Paulo: Editora Positivo, 2004.

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Lixo Municipal: manual de gerenciamento integrado. São Paulo: IPT/CEMPRE.

LIZÁRRAGA, A. Revista Fármacos & Medicamentos. Editorial Racine. Nov/Dez 2001; 14 – 19. Reis (2001)

MAZZER, Cassiana; CAVALCANTI, Osvaldo Albuquerque. Introdução à Gestão Ambiental de Resíduos. 2004. Disponível em: <<http://www.cff.org.br/sistemas/geral/revista/pdf/77/i04-aintroducao.pdf>>. Acesso em: 24 jul 2013.

MICCIACITO, Joao Carlos. Coprocessamento, uma técnica para eliminação de resíduos. 2013. Disponível em: <<http://www.meiofiltrante.com.br/materias.asp?action=detalhe&id=886>>. Acesso em: 28 jul 2013.

NASCIMENTO, Fabio Renato Rossi do. Ciências do Ambiente Resíduos Perigosos e Resíduos Radioativos. 2009. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAeWIAH/residuos-perigosos-residuos-radioativos>>. Acesso em: 9 jan 2013.

NASCIMENTO, Luiz Carlos de Abreu; ALMEIDA, Nefitaly Batista Filho; REIS, Fábio Augusto Gomes Vieira. Formas de disposição de Resíduos. 2001. Disponível em: <<http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/residuos/res13.html>>. Acesso em: 26 jan 2013.

SANTOS, Debora Ribeiro; NEVES, Flávia de Siqueira; MORAES, José João. Dicionário Online de Português. 2009. Disponível em: <<http://www.dicio.com.br>>. Acesso em: 9 jan 2013.

TOCCHETTO, Marta Regina Lopes. Química Ambiental e Gerenciamento de Resíduos. Universidade Federal De Santa Maria, 2012. Disponível em: <http://marta.tocchetto.com/site/?q=system/files/Apostila_2012.pdf>. Acesso em: 20 jan 2013

ZAKON, Abraham. Cinzas de incineração de lixo. 2000. Disponível em: <<http://www.eq.ufrj.br/docentes/zakon/cinzas.pdf>> Acesso em: 9 jan 2013.