

GESTÃO DO RESÍDUO SÓLIDO URBANO – INCINERAÇÃO – UMA ALTERNATIVA

José Antonio Poletto Filho¹

Resumo: A energia é a principal propulsora da indústria. No Brasil, é dependente principalmente dos derivados de petróleo e das hidroelétricas, sendo necessária para proporcionar o desenvolvimento econômico e o bem-estar social. A busca por fontes alternativas, face à crescente preocupação com o meio ambiente e ainda aliada ao fato do aumento da geração de lixo, aponta para a solução conjunta destes dois aspectos da sociedade moderna. Conciliar a geração de energia com a possibilidade também de mitigar o impacto da geração de lixo seria resolver dois problemas de uma só vez. O objetivo deste artigo é analisar a recuperação de energia do Resíduo Sólido Urbano (RSU) através do Processo de Incineração.

Palavras Chave: Energia alternativa; Incineração de RSU; Geração de energia

Abstract: Energy is the main force of industry. In Brazil, it depends mainly on the derivative products of petrol and on the hidropower plant generation of energy, which is necessary for the economical development and the welfare of society. The search for alternative sources of energy, due to the growing concernment about the environment, in addition to the increase of the quantity of waste, indicates that a solution must be generated by either the industry and the society. Proposing a solution for the problem of the generation of energy that could be connected to the reduction on the impact of the waste would be an extremely important issue. The objective of this article is to analyse the recovery of the energy of the Urban Solid Waste (USW) throught the process of incinaration.

Key Word: Alternative energy, Incineration of (USW), Generation of energy.

1. A humanidade e o consumo de energia

Durante os primórdios da humanidade, a principal forma de energia utilizada pelo homem era a força endossomática, isto é, a sua própria força muscular, que consumia aproximadamente 2.000 kcal/dia, provenientes da

¹Engenheiro Mecânico e de Segurança do Trabalho - Professor mestre do UNIVEM
jpoletto@uol.com.br

sua alimentação diária. Com a evolução e novos conhecimentos, o homem descobriu fontes de energias exossomáticas, como exemplo a madeira, que foi o principal recurso energético até o início do século XVIII. Nesta época, o homem consumia algo em torno de 40.000 kcal/dia. (HINRICHS, KLEINBACH, REIS, 2010)

O descobrimento da energia mecânica possibilitou o avanço das atividades industriais, agrícolas, comerciais. Já no século XIX, a intensificação do uso de máquina a vapor forneceu novo impulso ao consumo de energia, que chegou a 80.000 kcal/dia. Com o aumento da produção e utilização do petróleo e do gás natural na segunda metade do século XIX e, posteriormente, com a utilização da eletricidade em larga escala, o consumo de energia deu um grande salto, chegando aos dias atuais com uma média per capita de 250.000 kcal/dia. A Tabela 1 mostra a evolução do consumo mundial de energia primária em toneladas equivalentes de petróleo (tep).

Tabela 1: Evolução do consumo mundial de energia primária (tep).

Ano	Carvão	Petróleo	Gás Natural	Eletricidade	Madeira	Total
1850	48				288	336
1900	506	20	7	1	429	963
1950	971	497	156	29	495	2.148
1973	1.563	2.688	989	131	670	6.041
1989	1.226	3.095	1.652	350	744	7.067

Fonte: Economia Mundial de Energia, Martin, J., M., 1990

Como visto anteriormente, na Idade Média a utilização de energia e recursos naturais pela humanidade era pequena, suficiente para satisfazer as necessidades da humanidade sem alterar ou agredir de forma substancial o planeta. Com a evolução tecnológica e expansão do comércio, a necessidade de energia também cresceu, sendo necessárias outras formas para suprir a demanda. A utilização do lixo para atender parte desta necessidade pode ser uma alternativa, acabando por minimizar dois problemas: a destinação correta deste resíduo e a geração de energia.

2. Recursos Energéticos

Após a Revolução Industrial, a energia tem papel primordial na competitividade econômica das empresas e na qualidade de vida de seus cidadãos. Nesse contexto, os países com recursos energéticos de baixo custo e baixo impacto ambiental obtêm importantes vantagens competitivas. Nas próximas décadas, as questões relacionadas com a sustentabilidade energética serão um desafio, pois o desenvolvimento econômico e social demandará uma expressiva quantidade de energia. O Brasil dispõe de condições privilegiadas

quando se fala de recursos energéticos renováveis. (TOLMASQUIM, GUERREIRO, GORINI, 2007)

Segundo Tolmasquim, Guerreiro e Gorini (2007), a evolução do consumo de energia e o crescimento populacional demonstram que a taxa de crescimento econômico anual média oscilou de 5,5%, entre 1970 e 1980, a 2,2% e 3,0% nos anos seguintes, chegando em 2000, quando a demanda energética quase triplicou, alcançando 190 milhões de tep, e a população ultrapassou 170 milhões de habitantes. (Figura 1)

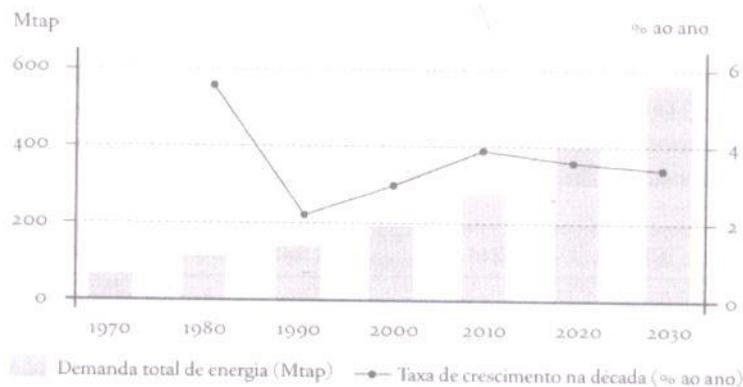


Figura 1: Evolução da demanda de energia e da taxa de crescimento econômico no Brasil entre 1970 e 2030.

Fonte: Tolmasquim, Guerreiro, Gorini, 2007.

Para Landau (2008), a matriz energética brasileira pode ser considerada limpa, pois é, na sua maioria, hídrica; entretanto, exigências ambientais de cunho diferente daquelas que buscam reduzir a emissão de carbono vêm dificultando a expansão desta fonte. De toda forma, fontes alternativas devem ser incorporadas crescentemente à nossa matriz.

Pode-se observar pela Figura 2 a evolução da matriz energética brasileira. Em 1970, apenas duas fontes de energia, petróleo e lenha, respondiam por 78% do consumo, enquanto em 2000 (Figura 3), três fontes correspondiam a 74% do consumo: petróleo, lenha e energia hidráulica. Espera-se que, em 2030 (Figura 4), quatro fontes irão corresponder a 77% do consumo: petróleo, energia hidráulica, cana-de-açúcar e gás natural. (TOLMASQUIM, GUERREIRO, GORINI, 2007).

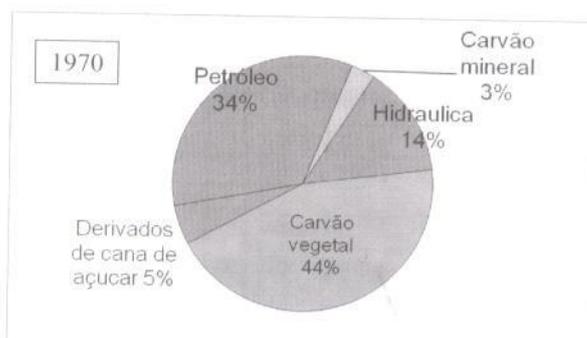


Figura 2 – Duas fontes de energia: petróleo e lenha
 Fonte: Fonte: Tolmasquim, Guerreiro, Gorini, 2007.

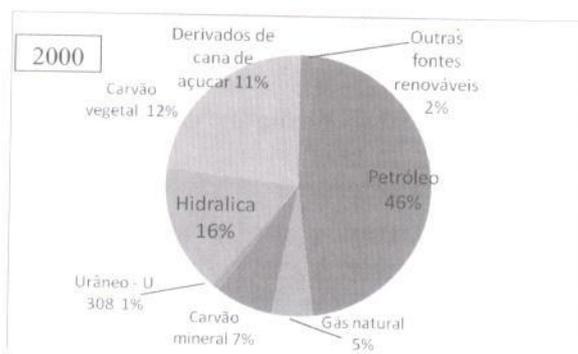


Figura 3 – Três fontes correspondiam a 74% do consumo: petróleo, lenha e energia hidráulica.
 Fonte: Fonte: Tolmasquim, Guerreiro, Gorini, 2007.



Figura 4 – Quatro fontes irão corresponder a 77% do consumo: petróleo, energia hidráulica, cana-de-açúcar e gás natural.
 Fonte: Tolmasquim, Guerreiro, Gorini, 2007.
 RETEC, Ourinhos, v.4, n.1, p.142-162, jan./jun., 2011.

Na Figura 5, está demonstrada a matriz energética brasileira no ano de 2009. Pode-se verificar que não é significativa a reciclagem de energia do RSU (PIRES, 2009). Utiliza-se ainda o tratamento tradicional para coleta e disposição final destes resíduos, gerando problemas de higiene, poluição das águas subterrâneas pela lixiviação e contaminação pelo resíduo biológico.

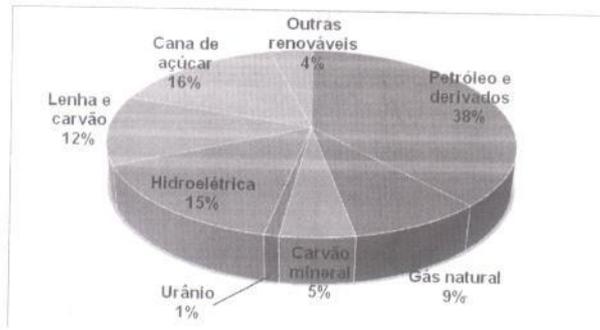


Figura 5 – Matriz energética brasileira no ano de 2010 (adaptada)
 Fonte: Pires, Centro Brasileiro de Infraestrutura (2.009)

Para suprir toda necessidade de energia, indispensável à manutenção dos padrões de consumo das civilizações nos dias atuais, é necessário grande investimento e conhecimento do tamanho de cada recurso energético e de sua estimativa de duração. Segundo Hinrichis, Kleinbach e Reis (2010), as reservas norte-americanas de petróleo são estimadas em 23 bilhões de barris de petróleo e a produção diária é de 6 milhões de barris/dia. Nestas condições e conforme as equações abaixo, a duração das reservas será de 10,5 anos.

$$6.000.000 \text{ barris/dia} * 365 \text{ dias/ano} = 2,19 \text{ bilhões}$$

$$23.000.000.000 \text{ bilhões} / \left(2.190.000.000 \frac{\text{bilhões}}{\text{ano}} \right) = 10,5 \text{ anos}$$

Prevendo a falta dos combustíveis convencionais, surgem várias alternativas, dentre elas tem-se a biomassa, uma fonte tão antiga quanto a humanidade e, mesmo assim, pouco explorada. A utilização da biomassa presente no Resíduo Sólido Urbano (RSU) é um forte potencial de desenvolvimento, pois além de reduzir o impacto ambiental causado pelo acúmulo de lixo, pode gerar energia.

3. Resíduo Sólido Urbano

O Resíduo Sólido Urbano (RSU), mais conhecido como lixo, é proveniente de resto das atividades humanas consideradas pelos geradores como inúteis ou indesejáveis, podendo apresentar-se na forma sólida, semissólida ou semilíquida (IPT, 1998). Pode ainda ser classificado de acordo com a Tabela 2 (Reis, 2005).

Tabela 2: Classificação do lixo

Classificação	Origem	Composição
Lixo domiciliar	Atividades residenciais	Matéria orgânica, plástico, metal e vidro
Lixo comercial	Atividade comercial	Matéria orgânica, plástico e papel
Lixo público	Limpeza pública	Varrição de rua, poda de árvores
Lixo especial	Atividades diversas	Bateria, pneu, embalagem de agrotóxico, combustíveis e veneno
Lixo industrial	Atividade industrial	Variada
Lixo de serviço de saúde	Hospitais, clínicas	
Lixo tecnológico	Aparelhos de alta tecnologia	Aparelhos eletrodomésticos, eletrônicos
Lixo atômico	Reatores nucleares	Substâncias radioativas
Lixo Marítimo	Embarcações	Variados

Fonte: Reis, *et al.*, 2005

Uma das questões mais importantes da atualidade é a utilização e disposição dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU). As alternativas existentes atualmente são: aterros, incineração, cooperativa de catadores, geração de biogás, compostagem, entre outras.

Os sistemas de gerenciamento de aterros sanitários são complexos e não é possível elaborar normas que sejam universalmente válidas e economicamente viáveis para todas as situações. Cada uma das alternativas possíveis de gerenciamento do lixo deve ser analisada considerando cada situação em particular. A solução não é única e deve fazer parte do Gerenciamento Integrado de Resíduos, que pode ser ilustrado no diagrama da Figura 6.

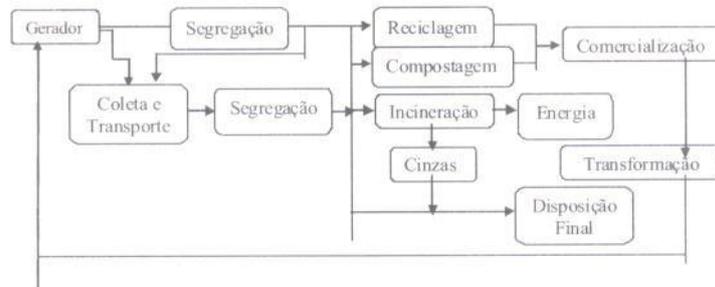


Figura 6: Diagrama do Gerenciamento Integrado de Resíduo

Fonte: Reis, *et al.*, 2005

RETEC, Ourinhos, v.4, n.1, p.142-162, jan./jun., 2011.

Uma das alternativas do Gerenciamento Integrado dos Resíduos é a incineração. A queima controlada dos RSU, quando realizada em instalações com dispositivos adequados de controle da poluição do ar, permite uma solução definitiva do problema, com baixo impacto ambiental e recuperação de energia.

Segundo Tarabini (2010), diretor da empresa Enfil S/A Controle Ambiental, o investimento para a implantação de um sistema de cogeração com capacidade para transformar 500 toneladas de RSU por dia, volume produzido por aproximadamente 500 mil pessoas, está na ordem de R\$ 200 milhões, suficiente para gerar 15 Megawatts de energia elétrica, o suficiente para abastecer 20 mil residências.

Ricupero (2010) comenta que a Política Nacional de Resíduos Sólidos sancionada pelo presidente, após 21 anos tramitando no Congresso, é um grande avanço no sentido do gerenciamento dos resíduos sólidos.

“Existem muitos projetos que pretendem utilizar novas tecnologias para tratamento dos resíduos utilizando a incineração. A eficácia da técnica já está amplamente demonstrada em países da Europa do Norte, por exemplo, como a Alemanha - em Hamburgo, boa parte da eletricidade é gerada por esse meio.” (RECUPERO,2010)

Os custos de geração de energia elétrica variam de acordo com a fonte utilizada. Na Tabela 3, pode-se encontrar os custos de investimento na geração de energia elétrica, segundo Tolmasquim, Guerreiro e Gorini (2007).

Tabela 3: Custos de investimento na geração de energia elétrica

Fonte de geração	Custo [U S\$/kWh]
Usinas Hidroelétricas com potencial acima de 780.000 MW	2.500
Centrais Nucleares	2.200
Centrais eólicas	1.200
RSU	1.250

Fonte: Tolmasquim, Guerreiro, Gorini, 2007.

A dependência de fontes não renováveis de energia, principalmente dos combustíveis fósseis, tem acarretado a preocupação com o esgotamento destas fontes, além da grande quantidade de emissão de dióxido de carbono (CO₂). O teor deste gás na atmosfera tem aumentado progressivamente, levando muitos especialistas a acreditarem que o aumento da temperatura média da biosfera terrestre, que vem sendo observado há algumas décadas,

seja devido a um “Efeito Estufa” provocado por este acréscimo e de outros gases na atmosfera (Figura 7), já denominados genericamente “gases de efeito estufa” (PENNA, 1999).

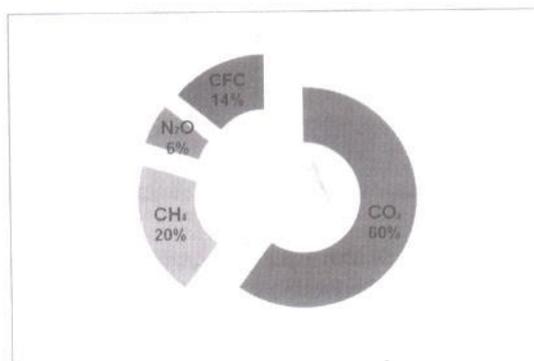


Figura 7: Principais gases do efeito estufa.
Fonte: Penna

Alem do CO₂, o metano também é responsável pelo “efeito estufa”, sendo 21 vezes mais prejudicial ao meio ambiente que o CO₂. É uma molécula tetraédrica cuja fórmula é CH₄, incolor, de pouca solubilidade na água e, quando adicionado ao ar, se transforma em mistura de alto teor inflamável. É o mais simples dos hidrocarbonetos. É originado de fontes antropogênicas pela decomposição da matéria orgânica, queima de biomassa e de combustíveis fósseis, o que vem contribuindo de forma muito intensa para o aumento da sua concentração na atmosfera.

Segundo a Abrelpe (Panorama dos Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil - 2009), o Brasil produziu, em 2009, aproximadamente 156 mil toneladas de lixo diariamente, um aumento de 7,7% em comparação com 2008. Deste total foram coletadas 137 mil toneladas por dia, ou seja, 19 mil deixaram de ser coletados (Figura 8).

No ano de 2009, a geração per capita de RSU cresceu 6,6% em relação a 2008, enquanto o crescimento populacional no mesmo período foi de aproximadamente 1%, indicando aumento real na quantidade de resíduos descartados. Tal constatação demonstra que no país ainda não foram implementadas ações para a minimização da geração de resíduos.

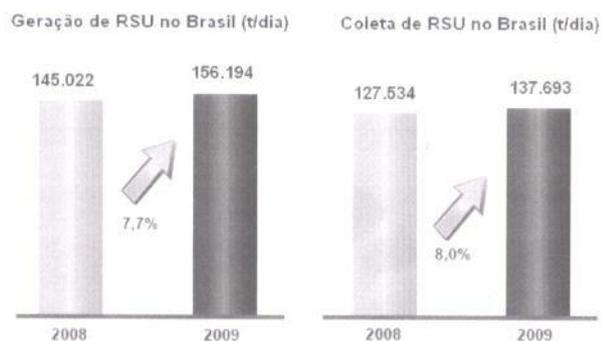


Figura 8: Comparação entre geração e coleta de RSU no Brasil (t/dia)
 Fonte: Abrelpe, Panorama dos Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil (2009)

Segundo o relatório da Abrelpe (2009), a comparação entre os dados de 2009 e 2008 evidencia que houve um crescimento na destinação final adequada dos RSU coletados, consolidando-se assim o fato positivo de que mais da metade dos resíduos urbanos coletados no Brasil são corretamente tratados (Figura 9). No entanto, a constatação de que quase 22 milhões de toneladas tiveram como destinação os aterros controlados ou lixões (Figura 10), os quais não garantem a devida proteção ambiental, com sérios riscos de degradação, contaminando os lençóis freáticos e cursos d'água, demonstra que a universalização desses serviços ainda está bem distante.



Figura 9: Destinação final dos RSU Coletados no Brasil em 2009 e 2008

Fonte: Abrelpe, Panorama dos Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil (2009)

A geração de lixo pela sociedade moderna vem aumentando constantemente, principalmente devido ao consumismo exagerado, à obsolescência programada – o que diminui a vida útil dos equipamentos – e à melhoria do nível econômico da população, acarretando problemas principalmente para a deposição deste material (ABRELPE, 2009).

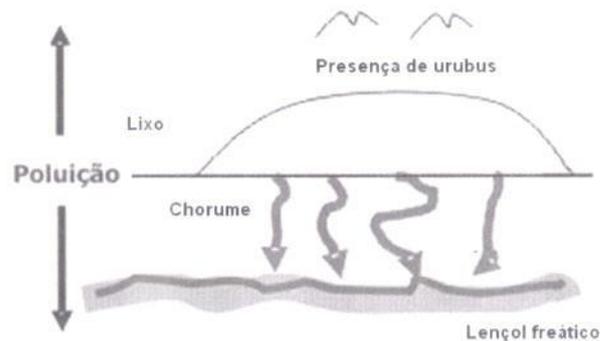


Figura 10: Desenho esquemático de um lixão

Fonte: Wells, Cempre (Compromisso Empresarial para Reciclagem) - 1966

Os principais problemas associados a esse tipo de disposição são:

- Poluição do solo – condições favoráveis para o desenvolvimento de microorganismos patogênicos;
- Contaminação do ar – emissão de poeiras e gases;
- Contaminação da água e lençol freático – causada pela decomposição da matéria orgânica, produzindo o chorume;
- Proliferação de doenças – causada por vetores, tais como: ratos, barata, moscas;
- Problemas sociais pela presença de “catadores de lixo”, expondo estas pessoas a uma série de moléstias infectocontagiosas;
- Poluição visual;
- Odor desagradável;
- Desvalorização imobiliária;
- Custos elevados para recuperar áreas e mananciais degradados.

Coletar e dar destinação correta a todo esse material tem um custo elevado para a sociedade. Na Figura 11, estão demonstrados os valores médios das despesas anuais por habitante nas regiões do país. Os recursos aplicados

na limpeza urbana em 2009 foram ligeiramente superiores aos aplicados em 2008 (ABRELPE, 2009).

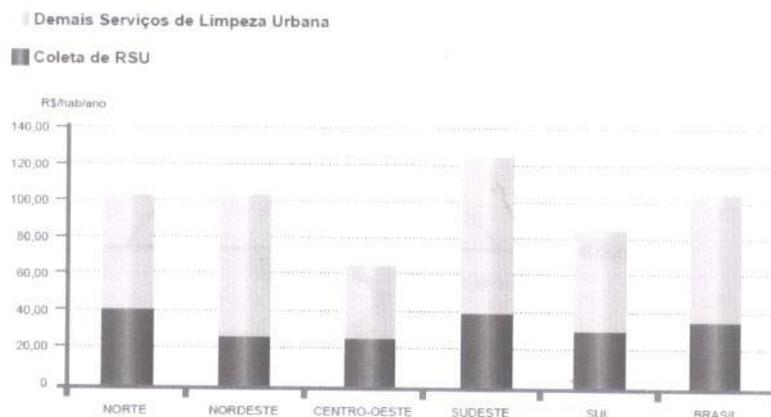


Figura 11: recursos financeiros aplicados na coleta do lixo.
Fonte: Abrelpe, Panorama dos Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil (2009)

O serviço de coleta e destinação do RSU custeado pelos impostos é visto como custo pelo poder público, mas poderia ser uma atividade geradora de receitas para as prefeituras, por meio de vários processos, tais como termoquímico, hidroquímico, eletroquímico ou biotecnológico, possibilitando, desta forma, recuperar energia dos materiais dispostos no lixo, principalmente por meio da incineração. Mesmo levando em consideração tais fatos, uma parcela muito pequena dos resíduos gerados é transformada em energia, o que já não acontece em outros países como Estados Unidos e Japão, ou ainda na União Europeia, que gera 8.800 megawatts de energia extraídos de 50,2 milhões de toneladas de RSU por ano, segundo dados da *Waste to Energy International Exhibition & Conference from Waste and Biomass*.

Uma solução econômica e socioambiental para o RSU seria o seu aproveitamento como combustível para produção de energia, e não a sua destinação mais comum, os lixões, que têm causado problemas de saúde (Tabela 4), contaminação do lençol freático pelo chorume, um líquido altamente tóxico. Tal solução traz inúmeras vantagens: diminuição dos aterros sanitários e lixões, menor produção de gases poluentes, menos riscos ao meio ambiente e à saúde humana, produção de energia, geração de emprego, desenvolvimento tecnológico, entre inúmeros outros.

Tabela 4: Doenças causadas pelo lixo.

Vetor	Forma de Transmissão	Enfermidade
Rato, pulga	Mordida, urina, fezes e picada	Leptospirose, peste Bubônica, Tifo Murino
Mosca	Asas, patas, corpo, fezes e saliva	Febre Tifoide, Cólera, Amebíase, Giardiase, Ascariíase
Mosquito	Picada	Malária, Febre Amarela, Dengue, Leishmaniose
Barata	Asas, patas, corpo e fezes	Febre Tifoide, Cólera, Giardiase,
Gado, porco	Ingestão de carne contaminada	Teníase, Cisticercose
Cão, gato	Urina e fezes	Toxoplasmose

Fonte: Manual de saneamento – Fumasa, 1999.

Além da transmissão de doenças, muitos desses produtos contêm metais pesados, como mercúrio, chumbo, cádmio e níquel, que podem se acumular nos tecidos vivos, até atingir níveis perigosos para a saúde. Os efeitos da exposição prolongada do homem a essas substâncias ainda não são totalmente conhecidos. No entanto, testes em animais mostraram que os metais pesados provocam sérias alterações no organismo, como o aparecimento de câncer, deficiência do sistema nervoso e imunológico, distúrbios genéticos etc. (**Tabela 5**).

Mesmo considerando a incineração como parte da gestão integrada dos RSU, ainda é necessário dar destinação correta ao resíduo da incineração, as cinzas que se constituem da porção inorgânica e da matéria não-combustível presente no lixo, podendo ser divididas em dois tipos: as de fundo ou escória, resultantes da combustão de materiais não combustíveis, correspondendo a até 90% de todas as cinzas, e as cinzas suspensas ou volantes, que são retidas pelos sistemas de controle de emissão.

Tabela 5: Efeito da contaminação por metais pesados no organismo humano.

Metal pesado	Onde é encontrado	Efeitos
Mercúrio	Produtos farmacêuticos, Lâmpadas fluorescentes, Interruptores, Pilhas e baterias, Tintas, Fungicidas, Termômetros	Distúrbios renais, Lesões neurológicas Efeitos mutagênicos, Deficiência nos órgãos sensoriais, Irritabilidade, Insônia
Cádmio	Baterias e pilhas, Plásticos, Pigmentos, Papéis	Problemas renais, Cegueira, Surdez, Morte
Chumbo	Tintas, Impermeabilizantes, Cerâmica, Vidro, Inseticidas, Baterias	Dores reumáticas, Distúrbios metabólicos Osteoporose, Disfunção renal
		Perda de memória, Dor de cabeça, Anemia Paralisia

Fonte: Wells, Cempre, Compromisso Empresarial para a Reciclagem, 2001

A sua destinação a aterros depende da presença de ou não de metais pesados, que podem ser evidenciados pela realização de testes para a caracterização dos resíduos antes da definição da solução a ser adotada. Caso não sejam considerados resíduos perigosos, sua disposição final poderá ser o aterro sanitário (Figura 12).



Figura 12: Desenho esquemático de um aterro sanitário

Fonte: Wells, Cempre (Compromisso Empresarial para Reciclagem) - 1996

Com a incineração fazendo parte da Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos, o Brasil poderá gerar uma receita da ordem de R\$ 9 bilhões por ano, oriundos da conservação de energia e da comercialização de créditos devido às emissões evitadas de gases como o carbono e metano. As questões energéticas relacionadas ao lixo devem ser analisadas sob dois aspectos: a utilização do RSU para geração de energia e a reciclagem de produtos encontrados no lixo.

A falta de legislação e vontade política dificulta o equacionamento de uma solução adequada para o problema. Essa situação começou a ser alterada no dia 2 de agosto de 2010, quando foi sancionada a lei nº 12.305, Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010), que norteia as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos. Entende-se como gestão integrada o conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável.

A legislação recém-aprovada prevê:

- **Logística reversa:** instrumento de desenvolvimento econômico e

social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada;

- **Padrões sustentáveis de produção e consumo:** produção e consumo de bens e serviços de forma a atender as necessidades das atuais gerações e permitir melhores condições de vida, sem comprometer a qualidade ambiental e o atendimento das necessidades das gerações futuras;
- **Reciclagem:** processo de transformação dos resíduos sólidos que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos ou novos produtos, observadas as condições e os padrões estabelecidos pelos órgãos competentes;
- **Responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos:** conjunto de atribuições individualizadas e encadeadas dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, dos consumidores e dos titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, para minimizar o volume de resíduos sólidos e rejeitos gerados, bem como para reduzir os impactos causados à saúde humana e à qualidade ambiental decorrentes do ciclo de vida dos produtos, nos termos desta Lei;
- **Reutilização:** processo de aproveitamento dos resíduos sólidos sem sua transformação biológica, física ou físico-química, observadas as condições e os padrões estabelecidos pelos órgãos competentes.

Além das soluções descritas acima, a legislação também contempla a incineração como tecnologia de gestão do RSU:

- **Destinação final ambientalmente adequada:** destinação de resíduos que inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a *recuperação e o aproveitamento energético* ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos.

Como recuperação energética entende-se a utilização de incineradores onde o resíduo é queimado em temperaturas elevadas, gerando sólidos inorgânicos inertes (cinzas) e gases (ou fumos), e a energia térmica gerada nesse processo é utilizada na produção de energia elétrica ou diretamente como fonte de calor.

Há outras legislações que devem ser citadas também, tais como a Lei 6.938/81 – Política Nacional do meio Ambiente (BRASIL, 1981) que define que o poluidor é obrigado a indenizar danos ambientais que causar independentemente de culpa. O Ministério Público pode propor ações de responsabilidade civil por danos ao meio ambiente, impondo ao poluidor a obrigação de recuperar e/ou indenizar prejuízo causado. A Lei de Crimes Ambientais – Lei 9.605/98 (BRASIL, 1998) da nova ordenação da legislação brasileira, penaliza a pessoa jurídica.

4. Incineração

Este tratamento é baseado na combustão do lixo, processo que demanda custos bastante elevados e a necessidade de um rigoroso controle da emissão de gases poluentes gerados pela combustão. A incineração de RSU, realizada em uma unidade de incineração (**Figura 13**), é uma maneira eficiente de reduzir o volume de lixo e a demanda de espaço para aterramento, especialmente se as cinzas e resíduos sólidos, provenientes da incineração e lavagem de gases, forem adequadas para o uso como matéria-prima na construção.

A combustão do lixo representa o método mais eficiente para eliminar as emissões de metano que ocorreriam se os RSU fossem despejados em aterros. Além disso, a recuperação de energia do lixo pode substituir a produção de energia a partir de combustíveis fósseis. Essas são duas maneiras de reduzir as emissões de Gases do Efeito Estufa (GEE) e com a técnica WTE (*Waste to Energy International Exhibition*).

Durante o processo de incineração são produzidos gases tóxicos – liberados mesmo pelos incineradores mais modernos, pois nenhum processo de incineração opera com 100% de eficácia – constituídos por três tipos de poluentes altamente perigosos: os metais pesados, os produtos de combustão incompleta e as substâncias químicas novas, formadas durante o processo de incineração.

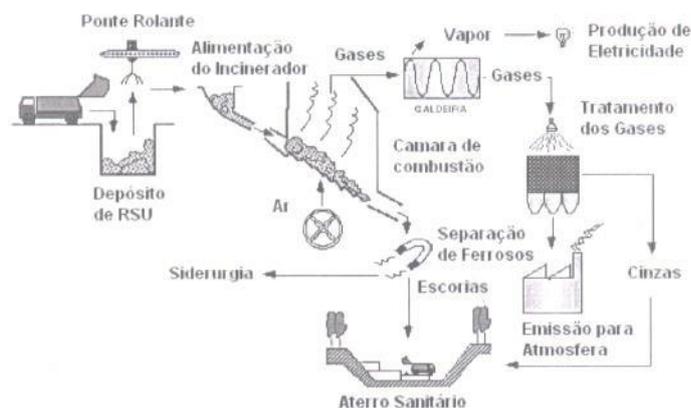


Figura 13: Desenho esquemático de uma unidade de Incineração.

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

Os gases da combustão são liberados do incinerador com temperaturas próximas a 1.000°C , sendo, portanto, necessário o seu resfriamento antes de lançá-lo na atmosfera. Esse resfriamento normalmente é realizado em trocadores de calor, onde o aproveitamento energético é realizado, transformando o calor dos gases em energia ou vapor, que poderá ser comercializado.

Esse material particulado gerado durante o processo de incineração deve ser contido por equipamentos de controle da poluição, tais como: lavador de gases, filtros manga, precipitador eletrostático.

Para minimizar tais problemas é necessária uma decomposição completa dos resíduos durante o processo de incineração (Figura 14).

Vantagens da incineração:

- Redução da massa em aproximadamente 80% e do volume em cerca de 90% em relação ao material original;
- Redução do impacto ambiental e do investimento com a monitoração do lençol freático, uma vez que os resíduos tóxicos são destruídos e não estocados;
- Destruição dos agentes biológicos e compostos orgânicos tóxicos;
- Cogeração de energia elétrica, utilizando os gases quentes oriundos da incineração;
- Geração de vapor d'água.



Figura 14: Condições necessárias para a incineração completa do RSU
 Fonte: Philippi, Roméro, Bruna

A Tabela 6, adaptada de Tchobanoglous, Theisen e Virgil (1996), apresenta um resumo dos processos de tratamentos térmicos utilizados para o manejo do resíduo sólido urbano.

Tabela 6: Processos de tratamentos térmicos utilizados para o manejo do RSU

Processo de Transformação	Método de Transformação	Principal conversão em produto
Combustão	Oxidação térmica	CO ₂ ; SO _x ; NO _x ; outros produtos de oxidação, cinzas e escórias
Esterilização	Microondas	Eliminação de microorganismos patogênicos
Pirólise	Destilação destrutiva	Óleos, alcatrão, gases combustíveis

Fonte: Tchobanoglous, Theisen, 1996.

5. Considerações Finais

O problema do lixo somente terá solução por meio do gerenciamento integrado e adoção de várias técnicas para sua mitigação envolvendo a coleta, transporte, tratamento, educação ambiental, destinação correta dos resíduos,

redução do consumo e adoção de práticas ecologicamente corretas de destinação.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos, recentemente aprovada por meio da lei 12.305 (BRASIL, 2010), somente terá sucesso se for implementada em consonância com as políticas de Educação Ambiental, investimento em Saneamento Básico e Saúde Pública com participação da sociedade e das instituições de ensino e pesquisa responsáveis pelo desenvolvimento tecnológico e de novos métodos de eliminação do resíduo.

O processo de Incineração Controlada por certo contribuirá para a redução da quantidade de RSU destinado aos aterros e ainda poderá gerar energia contribuindo para o desenvolvimento do país e redução do lixo, mas sem dúvida não é a única. Alguns exemplos de gerenciamento integrado são mostrados a seguir:

- Coleta do RSU sem implementação de coleta seletiva e com triagem dos materiais recicláveis e destinação do restante para o aterro sanitário;
- Coleta do RSU sem implementação de coleta seletiva com destinação ao aterro sanitário da totalidade do resíduo coletados e geração de biogás;
- Coleta seletiva dos materiais orgânicos que são destinados ao aterro sanitário e inorgânicos que seguem para a triagem e reciclagem;
- Coleta seletiva dos materiais orgânicos que são incinerados e as cinzas são destinadas ao aterro sanitário e os materiais inorgânicos que seguem para a triagem e reciclagem.

Evidentemente o presente trabalho não tem a finalidade de esgotar o assunto, pois existem pesquisas que concluem ser o processo de incineração de RSU, com ou sem reciclagem de energia, uma solução para o gerenciamento do lixo, enquanto outras destacam que as emissões geradas, principalmente dioxinas e furanos, compostos de grande toxicidade, são de difícil controle e exigem altos investimentos.

Deve-se considerar a incineração não como solução única e definitiva para o problema, mas sim uma possibilidade viável para integrar a gestão do RSU, lembrando o princípio dos 3 Rs: *Reduzir* a geração de resíduos, *Reutilizar* o resíduo, *Reciclar* o resíduo, sendo que o enfoque principal deve ser para o primeiro R, *reduzir* o resíduo. Além desses fatores, a gestão sustentável do gerenciamento do RSU será resultado do esforço de todos os atores envolvidos: sociedade civil, governo, institutos de pesquisa desenvolvendo novas tecnologias e a indústria implementando a logística reversa.

6. Referências

- ABRELPE, Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais, **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**, 2008. Disponível em < <http://www.redsolenergy.com/1-rsu-brasil.pdf>>, acesso em 12/2010.
- ABRELPE, Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais, **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**, 2009. Disponível em < <http://www.abrelpe.org.br/arquivos/Panorama2009.pdf>>, acesso em 12/2010.
- BARRERAS, M., A., L., Punjol, R., O., **La Combustión**, Universidade de Engenharia Técnica de Barcelona, Ed. Cenac, 1.996.
- BRASIL, Lei nº 12.305, **Política Nacional de Resíduos Sólidos**, 2010. Disponível em <<http://www.abinee.org.br/informac/arquivos/lei12305.pdf>>, acesso em novembro 2010.
- BRASIL, Lei nº Lei 6.938/81, **Política Nacional de Resíduos Sólidos**, 2010. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938compilada.htm>, acesso em novembro 2010.
- CAIXETA, M., A., **Geração de Energia Elétrica a Partir da Incineração de Lixo Urbano: O Caso de Campo Grande/MSD Brasília – DF**, Universidade de Brasília Centro de Desenvolvimento Sustentável, Abril 2005
- CONESSA, J., A., **Incineração de Resíduos Sólidos**, Universidade de Alicante, Departamento de Engenharia Química, Espanha, 2005.
- FUMASA. **Fundação Nacional de Saúde Manual de Saneamento**, 1999. Disponível em <<http://www.funasa.gov.br/Web%20Funasa/pub/pub01.htm>>, acesso em dezembro 2010.
- HINRICHS, R., KLEINBACH, M., REIS, L., B., **Energia e Meio Ambiente**, Cengage Learning, 2010.
- IPT - **Instituto de Pesquisas Tecnológicas** - Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado, São Paulo, 1995.
- IPT - **Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo**. Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado. 2º ed. São Paulo: IPT/CEMPRE, 2001.
- IPT, **Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo**, Lixo Municipal – Manual de Gerenciamento Integrado, 1998, São Paulo.
- LANDAU, E.; **É preciso aumentar a diversificação da matriz energética brasileira**. Revista Opiniões – sobre cogeração e energia elétrica. São Paulo, janeiro/março de 2008.

MARTIN, J., M.; **Economia Mundial de Energia**. Disponível em <http://books.google.com.br/books?id=r8sew4shtMMC&pg=PA106&lpg=PA106&dq=Economia+Mundial+de+Energia+Jean+Marie+Martin+1990&source=bl&ots=BfQm1auodF&sig=-okI7qFmi0VX449Z56R7mU3p0q8&hl=pt-BR&ei=oBaiTOXUOoO88gaWvJD4CA&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=10&ved=0CEIQ6AEwCQ#v=onepage&q=Economia%20Mundial%20de%20Energia%20Jean%20Marie%20Martin%201990&f=false>, 1990, acesso em setembro 2010.

MAURICIO T. TOLMASQUIM; GUERREIRO, A.; GORINI, R.; **Matriz energética brasileira: uma prospectiva**, 2007. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-3002007000300003&script=sci_arttext>, acesso em novembro de 2010.

PENNA, C., G., **O Estado do Planeta** – Sociedade de Consumo e Degradação Ambiental. Rio de Janeiro: Record; 1999.

PHILIPPI, A.; ROMERO, M., A., BRUNA, G., C., **Curso de Gestão Ambiental**, Ed. Manole, 2004.

PIRES, A, **Centro Brasileiro de Infraestrutura**, Definição da matriz energética brasileira exige políticas públicas adequadas, 2009. Disponível em <<http://blogs.universia.com.br/agronegocios/2009/03/03/definicao-da-matriz-energetica-brasileira-exige-politicas-publicas-adequadas/>>, acesso em dezembro de 2010.

RECUPERO, R., “**Desenvolvimento sustentável tudo depende da sabedoria dos homens**”, Revista Gestão de Resíduos, nº 5, 2010. Disponível em

<http://www.gestaoderesiduos.com.br/imagens/edicoes/RGR_26%20baixa_7003.pdf>, acesso em dezembro de 2010.

REIS, B.L. ; FADIGAS, E., A.; CARVALHO, C., E., **Energia, Recursos Naturais e a Prática do Desenvolvimento Sustentável**, Ed. Manole 2005.

SILVA, C. L., VELO, E. G.; “**Incineração de Resíduos Sólidos de Serviços de Saúde Utilizando o Biogás de Aterros Sanitários**”, XIV Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica - COBEM 97, Bauru-SP, 1997.

SILVA, C. L.; **Tratamento de Resíduos Sólidos**, Unesp, Bauru-SP, 1998.

TARABINI F., **Enfil S/A Controle Ambiental**, “Novo foco da Enfil é geração de energia pela queima de lixo”, 2010. Disponível em

<<http://www.gestaoderesiduos.com.br/residuo-solido-urbano.php?id=1065>>, acesso em dezembro de 2010.

TCHOBANOGLIOUS, G., THEISEN, H, S., **Integrated Solid Waste Management: Engineering Principles and Management Issues**, McGraw-Hill, Inc. International Ed., 1996.

TOLMASQUIM, M. T., GUERREIRO, A., GORINI, R., “**Matriz energética**

brasileira: uma prospectiva", CEBRAP, 2007. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-33002007000300003&script=sci_arttext>, acesso em dezembro 2010.

US EPA - **UNITED States Environmental Protection Agency**. Decision-makers guide to waste management. 1989.

US EPA - **United States Environmental Protection Agency**. Waste Characterization Report. Washington: MSW Factbook, 1996.

Waste to Energy International Exhibition & Conference from Waste and Biomass. Disponível em <<http://www.wte-expo.com>>, acesso em novembro 2010.

WELLS, C. **CEMPRE Informa**, São Paulo: CEMPRE, 1998.

WELLS, C. **Fichas Técnicas**. São Paulo: CEMPRE, 1996.