

III-222 – TRATAMENTO TÉRMICO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Michelly Rodrigues Pedrosa⁽¹⁾

Tecnóloga em Saneamento Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

Raquel Mendes Bernardo⁽¹⁾

Tecnóloga em Saneamento Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

Rosângela Mendanha da Veiga⁽¹⁾

Tecnóloga em Gestão Ambiental pelo Centro Federal de Educação Tecnológica de Goiás. Mestre em Desenvolvimento e Planejamento Territorial pela PUC – Goiás. Professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Câmpus Goiânia.

Rosana Gonçalves Barros⁽¹⁾

Engenheira Agrônoma, Mestre e Doutora em Agronomia pela Universidade Federal de Goiás. Professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Câmpus Goiânia.

Endereço⁽¹⁾: Rua 75, 46 – Centro - Goiânia-GO - CEP: 74055-110 - Brasil - Tel: (62) 3227-2700 - e-mail: rmdaveiga@bol.com.br

RESUMO

Dentre os graves problemas expostos nos centros urbanos nos últimos tempos, um dos principais é o aumento desordenado da quantidade de resíduos no meio ambiente, que se relaciona diretamente com o crescimento populacional. O seguinte estudo tem como objetivo realizar um levantamento bibliográfico a fim de auxiliar futuros pesquisadores acerca do tema sobre tratamento térmico de resíduos sólidos, sendo eles: incineração, plasma e pirólise. Neste estudo levantou-se conceitos, vantagens, desvantagens e características particulares de cada tecnologia, bem como artigos científicos e pesquisas acerca do que vem sendo desenvolvido na área. Entre os vários processos de tratamento de resíduos sólidos, o tratamento térmico deve ser compreendido com uma alternativa viável, em longo prazo, a ser analisados pelos gestores públicos e empreendedores privados. Avanços nos estudos de desempenho econômico e ambiental desses processos, tal qual a democratização e transferências de tecnologia deverão ser fomentados para disseminação dessas tecnologias.

PALAVRAS-CHAVE: Saneamento, Tecnologia Ambiental, Plasma, Pirólise, Incineração.

INTRODUÇÃO

A rápida urbanização e industrialização passaram a influenciar negativamente na qualidade de vida das pessoas e no meio ambiente, aumentando significativamente a demanda por recursos naturais, e consequentemente, elevando a quantidade de resíduos. Segundo Dias (2006), estimativas apontam que a geração anual de resíduos sólidos atinge 1,3 bilhões de toneladas por ano, ou cerca de 0,63 Kg per capita/dia.

De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2008) coleta-se cerca de 259.547 toneladas de lixo por dia. Deste valor 67% são destinados a aterros sanitários; 15,7% a aterros controlados; 17,5% a lixões e apenas 0,02% são destinados para unidades de tratamento por incineração, ou seja, 67 t/dia. Este cenário evidencia que ainda hoje uma grande quantidade de resíduos sólidos são dispostos no meio ambiente, sem nenhum tratamento, gerando sérios problemas ambientais e sociais.

Diante disso, o aumento da consciência ambiental aliado ao crescimento exponencial da produção de resíduos sólidos nos centros urbanos tem estimulado o surgimento de métodos alternativos de tratamento de resíduos. Dentre eles, o tratamento térmico surge como uma tecnologia fortemente incorporada ao interesse de aproveitamento energético.

Conforme prescreve a Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010, artigo 3º, inciso XVI, entende-se por 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.

O tratamento térmico pode ser classificado como sendo de alta ou baixa temperatura. Os tratamentos a alta temperatura são caracterizados por processos que utilizam o calor como forma de recuperar, separar ou neutralizar determinadas substâncias presentes nos resíduos, ou reduzir massa e volume, ou produzir energia térmica, elétrica ou mecânica (FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE - FEAM/MG, 2012). A Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) n° 316, de 29 de outubro de 2002, ao definir o tratamento térmico contemplou o processo cuja operação seja realizada acima da temperatura mínima de 800 °C. Os tratamentos a baixas temperaturas ocorrem a temperaturas em torno de 100 °C e visa, principalmente, a assepsia do resíduo sólido, razão pela qual são empregados somente para o tratamento de Resíduos Sólidos de Serviços de Saúde (RSSS).

De acordo com o Compromisso Empresarial para a Reciclagem (CEMPRE) (2002), a incineração, isto é, combustão em presença de oxigênio, atualmente é o mais difundido processo de tratamento térmico a altas temperaturas, com um número elevado de unidades, muitas de grande porte em operação comercial em todo o mundo.

Os processos de decomposição térmica de resíduos operam a temperaturas em torno de 600 °C e ocorrem em reatores onde os teores de oxigênio ficam abaixo do necessário para a combustão completa do resíduo (idem). Dentre os processos de decomposição térmica, destaca-se: a pirólise que é a combustão na ausência de oxigênio; e o plasma, que é a desintegração molecular por gás ionizado eletricamente. A tecnologia de gaseificação, isto é, a conversão da matéria sólida ou líquida em gases, também é um processo de degradação termoquímico, que envolve reações de pirólise e plasma. Todos estes processos, no entanto, ainda se encontram em fase experimental.

Podem ser tratados termicamente Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), originados de atividades domésticas, comerciais, como também de atividades industriais, rurais e de saúde, que possuem elevado potencial de patogenicidade.

Percebendo que não havia ainda nenhum trabalho sobre Tratamento Térmico de Resíduos Sólidos, produzido no âmbito da Coordenação de Área dos Cursos de Meio Ambiente, do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Goiás - Câmpus Goiânia, considerou-se oportuno pesquisar e escrever a respeito. Logo, a principal contribuição deste estudo consiste em reunir o material coletado e pesquisado sobre os principais métodos de tratamento térmico de resíduos sólidos: plasma, pirólise e incineração, em um único texto, a fim de servir como material de consulta bibliográfica nas disciplinas relacionadas a resíduos sólidos e auxiliar futuros pesquisadores do assunto.

MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho caracteriza-se por uma pesquisa bibliográfica acerca dos principais métodos de tratamento térmico de resíduos sólidos: plasma, pirólise e incineração.

Foi realizada pesquisa exploratória por meio de fonte de dados da internet, nas seguintes bases: World Wide Web (WWW), Scientific Electronic Library Online (SciELO) e periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Pesquisaram-se ainda os referenciais disponíveis nas bibliotecas do Instituto Federal de Goiás - Câmpus Goiânia, da Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC-GO) e da Universidade Federal de Goiás (UFG), ambas localizadas no Setor Universitário, Goiânia - GO. Foram consultados livros, artigos e documentos científicos dos quais foram extraídos conceitos e características dos métodos de tratamentos térmicos analisados.

Toda pesquisa exploratória foi realizada no intervalo de tempo compreendido entre março e junho de 2014, empregando-se leitura de skimming. Em seguida, entre julho e agosto do mesmo ano, todo material recolhido foi analisado por meio de leitura de estudo, onde foi feita a seleção dos textos e montagem do referencial teórico.

As informações foram selecionadas e capturadas dos textos originais, tendo em vista o escopo estabelecido para o trabalho, focado na técnica de engenharia do tratamento térmico de resíduos, uma vez que foi encontrado também material bibliográfico tratando dos aspectos socioeconômicos do tema em questão. Assim, o texto do referencial teórico é um mosaico de vários autores que escreveram sobre o assunto e que se complementam.

RESULTADOS

- Incineração

A incineração é um processo de engenharia que emprega decomposição térmica via oxidação a altas temperaturas, a partir de 800 °C, para destruir a fração orgânica do resíduo e reduzir o volume (DEMPSEY; OPPELT, 1996).

Um dos primeiros incineradores destinados à queima de lixo urbano foi implantado na cidade de Nottingham, Inglaterra, em 1874. Foi neste século que os incineradores passaram a ser intensamente utilizados como uma forma de destinação final de resíduos urbanos. Em 1896, foi instalado na cidade de Manaus o primeiro incinerador municipal do Brasil, que foi desativado em 1958 por problemas de manutenção (LIMA, 1995).

Em plantas de incineração, o resíduo passa basicamente pelas etapas de preparação e alimentação do resíduo, câmara(s) de combustão, controle de poluentes atmosféricos e manuseio da cinza/resíduo (idem).

Segundo Dempsey e Oppelt (1996), os processos de incineração podem ter diferentes configurações para tratar os vários tipos e formas físicas de resíduos. Os fornos de combustão em grelha, em câmaras múltiplas e em leito fluidizado são utilizados em escala mundial para tratamento de RSU e RSSS. Já os fornos rotativos aplicam-se mais a resíduos industriais.

- Plasma

O plasma foi identificado pela primeira vez pelo físico inglês Wiliam Crookes, em 1879, porém só em 1928 esse termo foi introduzido por Langmuir para descrever o estado da matéria em uma coluna positiva de um tubo de descarga. (UNIVERSIDADE ESTADUAL DO RIO DE JANEIRO - UERJ, 2011).

Conforme Dodge (2012), citado por Menezes (2013), as tochas de plasma foram criadas pela Westinghouse Corporation juntamente com a Agência Espacial Americana (NASA) nos anos 60, de maneira a testar a resistência dos cascos das naves espaciais a temperaturas de 5.500°C.

Segundo a Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM) (2012), o plasma é um gás ionizado condutor de eletricidade que é gerado pela dissociação das moléculas de qualquer gás devido à perda de parte dos elétrons quando a temperatura de aquecimento atinge 3.000°C.

Existem dois tipos de tratamento por plasma: a incidência direta e o processamento em duas câmaras. A incidência direta da tocha de plasma sobre os resíduos modifica sua composição química originando compostos mais simples, enquanto o processo de incidência da tocha de plasma em duas câmaras consiste na gaseificação do resíduo na primeira câmara (TOCHETTO, 2005).

Neste processo basicamente o resíduo é alimentado na câmara de gaseificação, onde o ar pré-aquecido é injetado. A escória líquida não combustível é descarregada pela base a 1450°C, enquanto o gás a 600°C e 800°C é conduzido para a câmara de refino (reator de plasma), onde os hidrocarbonetos são decompostos e oxidados entre 1200°C e 1400°C, produzindo o gás mais limpo (FEAM/MG, 2012).

Após a solidificação da escória líquida, tem-se a formação de composto vítreo de cor negra, inerte, de alta dureza e semelhante a um mineral de origem vulcânica encontrado na natureza. Este material potencial de uso como material agregado na construção civil. Aos gases de decomposição (syngas) podem ser empregadas tecnologias de recuperação térmica, tais como a geração de energia mecânica e elétrica, a geração direta de calor (FEAM/MG, 2012).

- Pirólise

A pirólise pode ser definida como um processo de decomposição química por calor na ausência de oxigênio (MARTINS; MIRANDA, 2009).

As primeiras experiências práticas com reatores pirolíticos foram desenvolvidas no ano de 1926, na Alemanha. Nos Estados Unidos as pesquisas com reatores pirolíticos começaram em 1929, onde os resíduos de pneus foi o primeiro tipo de resíduo a ser pirolisado. Em 1967 foram publicados vários resultados de pesquisas com reatores pirolíticos, onde foi utilizado exclusivamente lixo urbano (LIMA, 1995).

O fracionamento das substâncias sólidas presentes no lixo ocorre gradualmente à medida que estas passam pelas zonas de calor que constituem o reator pirolítico. Estas zonas de calor são constituídas por alimentação, secagem e a zona pirolítica (volatilização, oxidação e fusão). Os resíduos perdem inicialmente a umidade pela secagem, e à medida que entram na zona pirolítica vão sendo decompostos a temperaturas que variam de 300 a 1.600°C (LIMA, 1995).

O líquido pirolenhoso pode ser gaseificado ou refinado para uso combustível e energético ou como matéria prima na indústria e, dependendo dos níveis de componentes tóxicos, pode ser utilizado na agricultura. Já os gases condensáveis podem ser utilizados para a produção de vapor através de trocadores de calor e caldeiras, ou após resfriamento e limpeza em sistemas de controle de emissões podem ser queimados para geração de eletricidade ou fabricação de compostos químicos. O resíduo carbonoso pode ser processado e encaminhado para produção de carvão ativado devido a suas propriedades de adsorção (FEAM/MG, 2012).

O Quadro 01 apresenta um resumo das vantagens e desvantagens das tecnologias de tratamento térmico pesquisadas, possibilitando a comparação entre elas.

Quadro 01: Vantagens e desvantagens das tecnologias de tratamento térmico pesquisadas.

TECNOLOGIAS	VANTAGENS	DESVANTAGENS
INCINERAÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> • Redução drástica do volume e massa a ser descartado; • Aproveitamento energético; • Destruição eficaz de bactérias e vírus de RSSS. 	<ul style="list-style-type: none"> • Emissões atmosféricas; • Exigência de mão-de-obra qualificada; • Elevado custo de implantação e manutenção; • Inviabilidade econômica na implantação em relação a um aterro sanitário.
PLASMA	<ul style="list-style-type: none"> • Redução satisfatória dos resíduos; • Recuperação energética dos gases; • Possibilidade das instalações serem próximas a centros urbanos; • Alta velocidade de destruição em reatores menores; • Alto grau de flexibilidade na operação; • Eficaz na destruição e/ou reutilização de poluentes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Investimento elevado; • Alto custo de operação e manutenção; • Necessidade de mão de obra especializada; • Poluição atmosférica quando mal projetado e/ou executado.
PIRÓLISE	<ul style="list-style-type: none"> • Balanço energético sempre positivo; • Minimização das emissões de poluentes em relação a incineração. 	<ul style="list-style-type: none"> • Necessidade de considerável quantidade de energia para compensar perdas no processo; • Elevados custos de implantação e manutenção.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi notada a escassez de material didático sobre essa temática, sendo a incineração a tecnologia de tratamento térmico mais conhecida. Ressalta-se que a maior parte das fontes pesquisadas para elaboração do referencial bibliográfico foi proveniente de trabalhos e artigos científicos.

Com base nas informações e sugestões obtidas durante a pesquisa e elaboração do presente trabalho, recomenda-se a realização de estudos futuros enfatizando o processo de incineração, com dados mais aprofundados acerca do tema. Além disso, sugere-se também um Estudo de Caso, com visitas a empresas incineradoras, a fim de se obter informações reais e atualizadas sobre seus projetos, a forma como foram implantadas e como operam. No que diz respeito à temática ambiental, esses futuros trabalhos deverão identificar os aspectos ambientais da referida tecnologia e, de preferência, avaliar os impactos dos mesmos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM (CEMPRE). Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento – 2.ed. cor. – Brasília: CEMPRE, 2002.
2. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). RESOLUÇÃO nº 316, de 29 de outubro de 2002. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=338>>. Acesso em: 20 ago. 2014.
3. DEMPSEY, C. R.; OPPELT, T. E. Incineração de Resíduos Perigosos – uma revisão crítica atual. Journal of the Air and Waste Management Association, vol. 43, p.1-33, 1993. Tradução Milton Norio Sogabo. São Paulo: CETESB, 1996.
4. DIAS, F. P. A incineração de resíduos sólidos: Análise custo benefício do incinerador de resíduos sólidos do P-Sul- DF. 2006. 93 f. Dissertação (Mestrado em Gestão Econômica do Meio Ambiente)- Universidade de Brasília, Brasília. Disponível em: <<http://repositorio.unb.br/handle/10482/3229>>. Acesso em: 10 ago. 2014.
5. FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE (FEAM). Aproveitamento energético de resíduos sólidos urbanos: Guia de orientações para governos municipais de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2012. Disponível em: <http://www.em.ufop.br/ceamb/petamb/cariboot_files/aproveitamento_20energ_c3_a9tico.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2014.
6. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB). Rio de Janeiro: 2008. Disponível em:<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb2008/PNSB_2008.pdf>. Acesso em: 05 jul. 2014.
7. LIMA, L. M. Q. Lixo: tratamento e remediação. 3.ed. Hemus Editora LTDA, São Paulo, 1995.
8. MARTINS, M. N.; MIRANDA, M. Reciclagem Termoquímica de Resíduos de Plásticos e de Pneus por Pirólise. 2009. 466 f. Tese (Doutorado em Ciências Aplicadas ao Ambiente)- Universidade de Aveiro. Disponível em: <<http://ria.ua.pt/handle/10773/705>>. Acesso em: 23 mar. 2014.
9. MENEZES, W. F. Avaliação tecnológica de geração energética com resíduos sólidos urbanos (RSU) no Brasil. 2013. 154 f. Dissertação (Mestrado em Agroenergia)- Escola de Economia de São Paulo, Fundação Getúlio Vargas, São Paulo. Disponível em: <<http://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/handle/10438/10892>>. Acesso em: 23 mar. 2014.
10. UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO (UERJ). Tecnologia de plasma. Laboratório de Análise de Resíduos, 2011. Disponível em: <<http://www.antaq.gov.br/Portal/pdf/Palestras/ISeminarioGAP2011/ArtigoTecnologiaPlasmaUERJLAR.pdf>>. Acesso em: 07 jun. 2014.
11. TOCHETTO, M. R. Gerenciamento de resíduos sólidos industriais. Universidade Federal de Santa Maria – CCNE, 2005. Disponível em: <<http://www.blogdocancado.com/wp-content/uploads/2012/04/gerenciamento-de-residuos-solidos-industriais.pdf>>. Acesso em: 08 jun. 2014.