

RESÍDUOS SÓLIDOS

CENÁRIO BRASILEIRO DE GERENCIAMENTO DE RSU E SEUS IMPACTOS NA ATMOSFERA

Lívia Dal Sasso de Souza - liviadsasso@gmail.com

Universidade Federal de Viçosa - UFV

Érika Nascimbén Santos - erikansantos@outlook.com

Universidade Federal de Viçosa – UFV

Larissa Carvalho Santos - lari.carvalhoufv@gmail.com

Universidade Federal de Viçosa - UFV

1. RESUMO

A problemática dos RSU está intimamente ligada à poluição atmosférica, pois uma parcela considerável dos GEEs é advinda da má destinação final desses resíduos. Objetivou-se apresentar um panorama dos RSU no Brasil e os impactos causados pela emissão de gases dos incineradores, lixões e aterros sanitários. Ainda que a maior parte dos RSU seja coletada e destinada a aterros sanitários, 30 milhões de t/ano ainda são dispostas em lixões ou aterros controlados. Esses resíduos liberam GEEs durante sua decomposição, especialmente nos lixões e aterros sanitários, ou quando a incineração é incompleta. Pesquisas demonstram que a simples queima do biogás em aterros já assegura um benefício ambiental, ao converter o metano em dióxido de carbono; porém há alternativas mais interessantes, como a transformação de metano em energia elétrica.

Palavras-chave: Gases de efeito estufa, poluição atmosférica, resíduos sólidos urbanos.

2. INTRODUÇÃO/OBJETIVO

A gestão dos resíduos sólidos urbanos (RSU) configura-se como uma das mais importantes questões de saúde pública e ambiental enfrentadas atualmente, devido à grande quantidade gerada e a problemática da destinação final.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2014) define os resíduos sólidos como quaisquer resíduos que se apresentem nos estados sólido e, ou semissólido, resultantes das atividades industrial, domiciliar, hospitalar, comercial, agrícola, ou de serviços de varrição. Outros autores consideram que estes resíduos são, exclusivamente, os de origem residencial, comercial, de serviços de varrição, de feiras livres, de capinas e de poda (BIDONE & POVINELLI, 1999). Independente da definição, no Brasil e em outros países em desenvolvimento ocorre grande geração de resíduos sólidos no ambiente urbano, principalmente nas regiões metropolitanas que, de modo geral, não recebem destinação correta ou mesmo sustentável.

As deficiências na gestão dos RSU somam à questão ambiental outros malefícios da geração de resíduos, como a proliferação de vetores causadores de doenças e o favorecimento das emissões de gases tóxicos e de efeito estufa (GEEs). Assim, sua adequada destinação é de extrema importância para o controle da poluição passível de ser gerada por eles. Considerando este aspecto, foi aprovada em 2010 a Lei

12.305, instituindo a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que estabelece destinação ambientalmente adequada de resíduos, incluindo reutilização, reciclagem, compostagem, recuperação e aproveitamento energético, observando normas operacionais específicas, de modo a evitar danos ou riscos à saúde e à segurança, e minimizar os impactos ambientais adversos. Esta mesma lei estabelece que poderão ser utilizadas tecnologias que visem a recuperação energética de resíduos sólidos urbanos, desde se comprove a viabilidade técnica e ambiental, contemplando a implantação de programa de monitoramento de emissão de gases tóxicos.

A importância do programa de monitoramento de emissão de gases poluentes oriundos desses resíduos baseia-se, por exemplo, em evidências científicas que demonstram o aumento da emissão e concentração de GEEs decorrente de atividades antropogênicas. Neste processo um dos fatores apontados como contribuinte é a decomposição de resíduos orgânicos em aterros, que emite um dos gases de maior impacto para o efeito estufa – o metano (CH_4) – mais prejudicial à atmosfera que o próprio dióxido de carbono (CO_2).

Assim, o presente estudo visa apresentar um panorama da situação dos RSU no Brasil e os impactos da emissão de gases por incineradores, lixões e aterros sanitários.

2. CENÁRIO BRASILEIRO DA GERAÇÃO, COLETA, DISPOSIÇÃO E COMPOSIÇÃO DOS RSU

A Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais analisa anualmente um panorama da situação dos RSU no Brasil. De acordo com os dados de 2014 e 2015, a população brasileira cresceu 0,8% e a geração per capita de RSU acompanhou este aumento; já a quantidade total gerada desses resíduos teve um acréscimo de 1,7% em relação ao ano anterior (ABRELPE, 2016).

Quanto à coleta populacional, a quantidade de RSU coletados no Brasil em 2015 foi de 90,8%. Considerando que foram gerados 79,9 milhões de toneladas de RSU no país, isso significa que cerca de sete milhões de toneladas continuam sem destinação devida. Na Tabela 1 são apresentados os dados de coleta de RSU no Brasil e, na Figura 1, a participação de cada região do país no somatório de RSU coletados no ano de 2015.

Tabela 1 – RSU coletados por região do território nacional

Região	2014	2015
	RSU coletado (t/dia)	RSU coletado (t/dia)
Centro-Oeste	15826	16.217
Nordeste	43330	43.894
Norte	12.428	12.692
Sudeste	102.572	104.631
Sul	21.047	21.316
Brasil	195.233	198.750

(ABRELPE, 2016)



Figura 1 – Distribuição dos RSU coletados por região.
(ABRELPE, 2016)

Observou-se um crescimento na coleta de RSU em todas as regiões, comparativamente aos anos anteriores. Percebeu-se também que a região Sudeste apresentou maior cobertura dos serviços de coleta, o que para Magrini *et al.* (2012), é consequência da maior população, concentração de indústrias e poder aquisitivo da região.

Quando da gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos, deve-se, de acordo com a PNRS (BRASIL, 2012), observar a ordem de prioridade: não geração; redução; reutilização; reciclagem; tratamento dos resíduos; e disposição final adequada dos rejeitos. Entre as alternativas para destinação e disposição dos resíduos sólidos estão a gaseificação, compostagem, reciclagem, incineração, e as práticas de utilização de áreas para aterramento do lixo, sejam lixões, aterros controlados ou aterros sanitários. A ABRELPE (2016) indica que aproximadamente 60% dos RSU gerados são destinados aos aterros sanitários, unidades adequadas para tal (Figura 2).

É importante ressaltar que os 40% restantes correspondem a 30 milhões de toneladas/ano, encaminhados para lixões ou aterros controlados, desprovidos dos sistemas e medidas necessários para a proteção do ambiente e da saúde da população. Dos 5.570 municípios avaliados pela pesquisa, 59,7% fazem uso de locais impróprios para a destinação final dos resíduos coletados, e essa realidade ainda ocorre em todas as regiões e estados brasileiros.

No que tange à constituição dos RSU, estes apresentam composição diversificada, contendo desde materiais orgânicos até resíduos recicláveis. Na Tabela 2 é listada uma estimativa da composição desses resíduos.

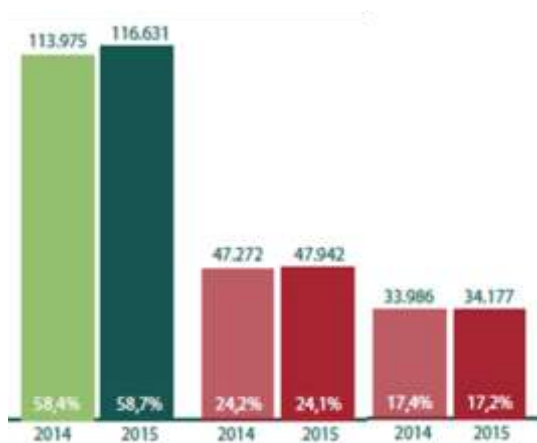


Figura 2 – Destinação final de RSU (t/dia) por alternativa de destinação. (ABRELPE, 2016)

Tabela 2 – Composição gravimétrica dos RSU no Brasil

Resíduo	Participação (%)
Matéria orgânica	51,4
Materiais recicláveis	31,9
Metal	2,9
Aço	2,3
Alumínio	0,6
Papel/papelão	13,1
Plástico total	13,5
Plástico rígido	8,9
Plástico maleável	4,6
Vidro	2,4
Outros	16,7
Total	100

(IBGE, 2008)

Pelas informações da Tabela 2, pode-se inferir que 50% dos RSU são constituídos de matéria orgânica, biodegradável, que libera gases GEEs durante sua decomposição, de alto potencial poluidor. Uma parcela também significativa (16%) refere-se aos resíduos sólidos de composição variada e até mesmo desconhecida, descartada de forma indevida e sem tratamento preliminar em sua maior parte, caracterizando mais uma possível fonte de gases com níveis consideráveis de toxicidade.

3. RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS E A POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA

A Resolução CONAMA 03, de 28 de junho de 1990, define como poluente atmosférico “qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características, em desacordo com os níveis estabelecidos e que tornam/possam tornar o ar impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde e danoso aos materiais e a fauna e flora”.

Nesse contexto, a geração de RSU está relacionada à poluição do ar de diferentes formas. Os próprios processos de tratamento e disposição final dos RSU podem ocasionar emissões de gases e, ou material particulado na atmosfera, os quais tem efeito poluente e contribuem para o aumento do efeito estufa. Neste estudo serão abordadas três modalidades de disposição de resíduos: as unidades de incineração, os lixões e os aterros sanitários.

3.1. Incineração

A incineração nada mais é que a combustão controlada dos resíduos, realizada em incineradores, processo no qual são gerados os gases dióxido de enxofre (SO₂), nitrogênio (N₂) e oxigênio (O₂), água, cinzas, e escórias constituídas de metais ferrosos e inertes.

Os gases devem ser tratados até que sejam atingidos os parâmetros aceitáveis para emissão de acordo com a legislação. Quando a combustão dos resíduos é incompleta, os gases e as partículas formadas exercem forte ação poluidora na atmosfera, fazendo-se necessária a utilização de incineradores adequados, que garantam a combustão completa, além do tratamento dos gases gerados, utilizando-se precipitadores eletrostáticos para remover as partículas, e sistemas de lavagem de gases, para controlar a emissão dos poluentes (SCHALCH *et al.*, 2002).

A possibilidade de causar poluição atmosférica quando o incinerador é mal projetado ou mal operado está entre as principais desvantagens da incineração. Outros pontos negativos são o alto investimento inicial; o custo de operação e manutenção; e a exigência de mão-de-obra especializada. Em contrapartida, entre as vantagens têm-se a velocidade de destruição dos resíduos; a possibilidade de recuperação de energia, devido a seu alto poder calorífico; e a eliminação satisfatória de resíduos hospitalares, alimentícios, medicamentosos, entre outros. Além disso, segundo Henriques (2004), os incineradores reduzem o volume dos resíduos em até 98%, a depender da composição e do grau de recuperação dos materiais. No entanto, é importante salientar que, ainda que a redução de volume seja considerável, a incineração não substitui completamente a utilização de aterros sanitários, e sim, reduz significativamente o volume de resíduos a serem dispostos no mesmo.

5.2. Lixões

Cerca de 60% dos municípios brasileiros ainda fazem uso de locais impróprios para a destinação final dos resíduos coletados, encaminhando-os para o lixão. Essa forma de disposição é desprovida de qualquer controle ou tratamento dos gases emitidos e caracteriza a solução menos adequada.

Os principais problemas de poluição do ar se dão pela emissão de GEEs e dos maus odores gerados nos lixões, que são constituídos basicamente de matéria orgânica, decomposta em duas etapas: 1) decomposição aeróbia, que ocorre normalmente no período de deposição do resíduo; 2) decomposição anaeróbia, que acontece após a redução dos níveis de oxigênio presentes nos resíduos e, durante a qual se observa produção de GEEs como o metano e o dióxido de carbono (CASTILHOS JR *et al.*, 2003).

Leis como a PNRS estabeleceram limites temporais para algumas ações, como a eliminação de lixões e a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos até 2014. Todavia, como a maior parte dos municípios não cumpriu o prazo estipulado, o mesmo foi prorrogado, para que se estabelecesse novo planejamento para seu cumprimento.

5.3. Aterros Sanitários

A disposição dos resíduos sólidos urbanos no solo, por meio dos aterros sanitários, é o método de estocagem mais utilizado atualmente e o de menor custo (FEITOSA *et al.*, 2014). Destaca-se que o fato de os resíduos estarem estocados não significa que estão inativos, pois as condições de armazenamento e os agentes naturais (microrganismos e chuva) ativam processos biológicos e físico-químicos de transformação. Assim, os elementos naturais são dissolvidos e a água desprende finas partículas, sendo a bioconversão da matéria orgânica em formas solúveis e gasosas o principal responsável pela degradação dos resíduos e, com isto, tem-se a formação de biogás e lixiviados.

Os principais impactos ambientais decorrentes da disposição do RSU em aterros sanitários são apresentados na Figura 3, destacando-se a geração de gases e a emissão de odores.

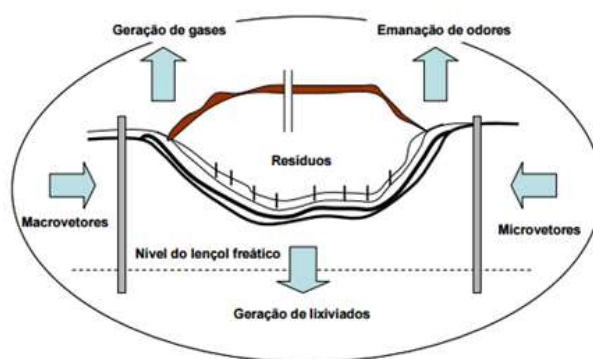


Figura 3 - Impactos ambientais da disposição de resíduos em aterro sanitário.
(CASTILHOS JR, 2003)

Assim como nos lixões, a decomposição da matéria orgânica em aterros sanitários ocorre por decomposição aeróbia, seguida de decomposição anaeróbia, quando ocorre a geração de biogás. A produção do biogás se inicia logo após a disposição dos resíduos sólidos, observando-se registros de metano nos três primeiros meses, permanecendo por duas a três décadas, ou até mais, após o fechamento do aterro. Os gases provenientes dos aterros contribuem consideravelmente para o aumento das emissões globais de metano, com as estimativas mais recentes oscilando de 20 a 70 Tg/ano. Considerando que as emissões globais de fontes antropogênicas equivalem a 360 Tg/ano, os aterros podem ser responsáveis por 6 a 20% do total de metano (IPCC, 1995).

A produção do gás de aterro é influenciada por diversos fatores, com destaque para a composição, idade, pH, umidade e tamanho das partículas dos resíduos dispostos, temperatura, projeto do aterro e sua operação, e sua constituição inclui metano, dióxido de carbono, amônia, gás sulfídrico, nitrogênio, hidrogênio e oxigênio. A distribuição dos gases varia conforme a idade do aterro sanitário, mas estima-se que o gás de aterro seja composto por 50% de metano e 40% de dióxido de carbono (SILVA, 2008).

O gás de aterro pode mover-se da superfície do aterro sanitário para a atmosfera e, uma vez no ar, ser carregado para além da área receptora de resíduos. A depender da sua concentração, constitui um poluente atmosférico, podendo afetar a

saúde das pessoas expostas, sendo os odores da geração de sulfetos um indicativo desta poluição.

Procurando minimizar os impactos gerados pela emissão desses GEEs, e buscando fontes de energias limpas, alguns projetos de aproveitamento energético já são desenvolvidos no Brasil, como nos aterros Bandeirantes e São João, ambos no município de São Paulo, onde há produção de energia elétrica a partir do biogás. O aproveitamento do biogás consiste em convertê-lo em uma forma de energia útil, como eletricidade, vapor, combustível para caldeiras, fogões ou veículos, ou ainda para abastecer gasodutos com gás de qualidade. Independente do uso final do biogás produzido no aterro deve-se projetar um sistema padrão de coleta, tratamento e queima do biogás. A captação e utilização do gás de aterro são vantajosas ambiental e economicamente, já que, além da redução nas emissões de metano, há diminuição na instabilidade do aterro e na migração dos gases para as áreas adjacentes, com melhoria do bem-estar da população nos arredores. Além disso, na queima o metano é convertido a dióxido de carbono e vapor d'água e, em um período de 100 anos, um grama de metano contribui 21 vezes mais que a mesma quantidade de dióxido de carbono, para o efeito estufa (IPCC, 1995).

Por outro lado, a baixa eficiência do processo de recuperação do gás, com apenas 40% de aproveitamento; a inviabilidade da utilização de metano em locais distantes da planta de geração; e as possíveis autoignições e, ou explosões causadas pelas elevadas concentrações de metano, são listadas como desvantagens no uso do gás de lixo (GDL).

4. CONCLUSÕES

Ainda que a maior parte dos RSU no Brasil seja coletada, uma parcela significativa ainda é descartada sem qualquer medida de proteção ambiental ou social.

No que se refere à poluição atmosférica, os próprios processos de tratamento e disposição final dos RSU contribuem para emissão de gases ou material particulado, intensificando o efeito estufa e a poluição.

A simples queima do metano em aterros já assegura um benefício ambiental, ao converter o CH_4 em CO_2 , mais facilmente sequestrado e menos nocivo. Porém, o

aproveitamento energético por incineradoras ou pela transformação do CH₄ em energia elétrica são opções de maior rendimento.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004: Resíduos sólidos e sua classificação**. Rio de Janeiro, 2004. 71 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos Resíduos Sólido no Brasil**. São Paulo, 2016. 116 p.

BIDONE, F. R. A.; POVINELLI, J. Conceitos básicos de resíduos sólidos. São Carlos: EESC/USP, 1999. 120p

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução nº 3, de 29 de outubro de 1990**. Dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília, 1990.

BRASIL. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. 2. Ed. Brasília: Câmara dos Deputados, Edições Câmara, 2012.

FEITOSA, J. R. Lixo Urbano e suas emissões, 2014.

HENRIQUES, R. M., OLIVEIRA, L. B., COSTA, A. O. **Geração de energia com resíduos sólidos urbanos: Análise custo benefício**. 2004.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). **Climate Change**, 1995: the physical science basis (summary for policymakers). Gênova: IPCC Secretariat, 1995. 18p.

MAGRINI, A. et al. **Impactos ambientais causados pelos plásticos**: uma discussão abrangente sobre mitos e os dados científicos. Rio de Janeiro: e-paper, 2012.

SCHALCH et al. **Gestão e Gerenciamento de resíduos sólidos**. Universidade de São Paulo. Escola de Engenharia. Departamento de Hidráulica e Saneamento. Out, 2002

SILVA, Tiago Nascimento; CAMPOS, Lucila Maria de Souza. **Avaliação da produção e qualidade do gás de aterro para energia no aterro sanitário dos Bandeirantes - SP**. Eng. Sanit. Ambient., Rio de Janeiro, v. 13, n. 1, Mar. 2008.

SILVA, T. N.; FREITAS, F. S. N.; CANDIANI, G. **Avaliações das emissões superficiais do gás de aterros sanitários de grande porte**. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 18, n. 2, p. 95-104, 2013.