

ANÁLISE DO POTENCIAL DE GERAÇÃO DE ENERGIA A PARTIR DE RSU: ESTUDO DE CASO PARA CIDADE DE BAGÉ-RS

Angela Pauletti

Universidade Federal do Pampa, RS

RESUMO

O gerenciamento de resíduos sólidos urbanos (RSU) é uma tarefa que demanda ações em função do volume gerado e a diversidade dos mesmos. O principal desafio é encontrar soluções ambientalmente seguras, socialmente adequadas e economicamente eficientes para equacionar este problema. Com o manejo correto, estes resíduos podem ser aproveitados como recursos energéticos. Com base nesse aspecto, o presente trabalho fez uma análise das tecnologias para viabilizar o aproveitamento energético dos RSU, gerados na cidade de Bagé-RS, levando em consideração as especificidades da realidade local. Demonstrou-se que a incineração dos RSU para transformação do lixo em energia é uma solução viável para a solução dos problemas da gestão dos resíduos sólidos. Além da contribuição para geração de energia é possível economizar para os cofres públicos R\$ 300.000,00 mensalmente, valor gasto para destinação dos resíduos para a cidade de Candiota. Em média anual, nos próximos 30 anos, 1759 residências poderiam ser abastecidas com a energia obtida na unidade de incineração da região estabelecida para estudo. A incineração causa menos impacto ambiental do que a digestão anaeróbia. Dessa forma, tem-se como benefícios, para esse tipo de geração: i) benefícios estratégicos, uma vez que essa ação pode contribuir como fonte alternativa de energia; (ii) benefícios ambientais, pois colabora com organização dos aterros; (iii) a mitigação de gases de efeito estufa; (iv) benefícios sócio-econômicos, devido ao desenvolvimento de tecnologia nacional e, por fim, (v) emprego de mão-de-obra qualificada e não qualificada nas várias etapas do processo de recuperação energética

Palavras-chave: Resíduos sólidos urbanos. Recursos energéticos. Aproveitamento energético. Incineração. Bagé-RS. Lixo. Energia. Economizar. Candiota. Impacto ambiental. Benefícios. Aterros. Recuperação energética.

INTRODUÇÃO

A gestão inadequada dos RSU pode resultar em riscos para as comunidades, sendo, dessa forma, um problema de saúde pública e fator de degradação do meio ambiente, além, dos aspectos sociais, estéticos, econômicos e administrativos envolvidos (PAVAN, 2010).

No Brasil, a Lei nº 12.305/2010, regulamentada pelo Decreto 7.405/2010, instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). De acordo com a PNRS, a não geração e redução, a reutilização e a reciclagem são prioridades. Após, examinam-se as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos economicamente viáveis e disponíveis e, por fim, não apresentando outro modo que não seja a disposição final ambientalmente adequada (BRASIL. Lei n. 12.305, 2010).

A maioria dos resíduos produzidos no Brasil, destinam-se para os aterros sanitários, que se caracterizam por uma forma de disposição de resíduos sólidos no solo, que pode ser fechada com segurança (SILVA et al., 2013).

Além do aterro sanitário existem os aterros controlados e os lixões. Os aterros controlados são formas de disposição que buscam minimizar os impactos ambientais em que os resíduos ficam confinados e cobertos no final de cada dia de trabalho com uma camada de material inerte e, geralmente, utiliza-se algum tratamento e coleta dos líquidos percolados gerados. Os lixões são caracterizados pela descarga não controlada dos resíduos. Dessa forma, pode acarretar problemas de saúde à população vizinha do local de deposição devido à proliferação de vetores de transmissão de doenças (OLIVEIRA, 2018).

Com essa visão, a gestão de resíduos deixou de ser considerada como ação de coleta e disposição de resíduos e passou a ser analisada como um processo integrado com um forte componente econômico e social, cujos objetivos centrais são: minimizar a produção dos resíduos e maximizar o seu reaproveitamento (FERRI et al., 2017).

Nessa perspectiva, como alternativa para esse panorama, torna-se pertinente usar resíduos como fonte de energia na transformação de resíduos

sólidos em energia como chave para uma Economia Circular, trazendo impactos no valor de produtos, materiais e recursos para que sejam mantidos no mercado pelo maior tempo possível, minimizando o desperdício e o uso desses recursos (MALINAUSKAITE et al., 2009).

Economia Circular, no âmbito deste projeto, pode ser conceituada como uma combinação entre reduzir, reutilizar e reciclar materiais usados em processos de produção, distribuição e consumo tendo com propósito principal a ascensão econômica seguida da qualidade ambiental (KIRCHHERR; REIKE; HEKKERT, 2017).

Nesse contexto, surge como alternativa a Waste-to-Energy (WTE), a qual tem como objetivo abordar, simultaneamente, os problemas de demanda de energia e gerenciamento de resíduos (PAN et al., 2015). WTE refere-se a um conjunto de tecnologias para tratar resíduos visando a recuperação energética na forma de calor, eletricidade ou combustíveis alternativos. O escopo do termo é amplo, englobando tecnologias de diversas escalas e complexidades. Dentre elas, destacam-se a combustão/incineração, coprocessamento, pirólise/gaseificação e digestão anaeróbia/gás de aterro, que podem ser categorizadas em físicas, químicas, térmicas e biológicas (MUTZ et al., 2017).

Nesse contexto, surge como alternativa a Waste-to-Energy (WTE), a qual tem como objetivo abordar, simultaneamente, os problemas de demanda de energia e gerenciamento de resíduos (PAN et al., 2015).

WTE refere-se a um conjunto de tecnologias para tratar resíduos visando a recuperação energética. O escopo do termo é amplo, englobando tecnologias de diversas escalas e complexidades. (PAN et al., 2015; MUTZ et al., 2017).

A incineração, a biodigestão anaeróbia e a pirólise de RSU, são tecnologias WTE. Incineração, em síntese, consiste na queima dos resíduos em processo controlado no interior de instalações construídas especificamente para tal reduzindo o volume e a massa de resíduos, além de torná-los inertes quimicamente (MUTZ et al., 2017). A biodigestão anaeróbia é a degradação de

matéria orgânica por microrganismos na ausência de oxigênio livre. Um reator (biodigestor anaeróbio) pode ser utilizado para oferecer as condições necessárias para que microrganismos tornem a matéria orgânica em biogás e em digestato. O biogás é uma mistura de gases combustíveis que podem ser convertidos em energia térmica ou elétrica (MUTZ et al., 2017). A pirólise consiste na decomposição térmica, na ausência de oxigênio, gerando frações combustíveis (CHEN et al., 2014).

De acordo com a Empresa de Pesquisas Energética (EPE, 2014) a incineração de RSU para a produção de energia contribui para a diminuição da emissão de gases de efeito estufa e do chorume formado nos aterros sanitários, além de viabilizar a substituição de parte da energia gerada a partir de fontes fósseis.

Conseqüentemente, a tecnologia WTE pode diminuir a dependência dos combustíveis fósseis, o que, por sua vez, ajudaria a mitigar as ameaças de escassez de combustíveis não renováveis e as mudanças climáticas.

Contudo, é importante compreender a existência de barreiras relacionadas aos aspectos regulatórios, institucionais, financeiros e tecnológicos que podem ser encontradas durante a implantação da cadeia de fornecimento WTE (LI et al., 2015).

Com base nesses aspectos, este trabalho teve como objetivo analisar tecnologias para geração de energia a partir dos resíduos sólidos gerados na cidade de Bagé-RS. Para isso, analisou-se um panorama da situação da disposição dos RSU de Bagé considerando-se dados sobre coleta, composição e características e estimou-se o potencial de aproveitamento energético dos RSU a partir da incineração.

METODOLOGIA

Para obtenção de valores sobre a geração de energia, adotou-se a metodologia de quantidade de energia elétrica, em kWh, obtida por tonelada de

resíduo sólido urbano. Segundo Islan (2016), em um estudo sobre incineração de RSU em duas cidades indianas, obteve-se um potencial energético de 464,96 kWh/t_{RSU}. A energia recuperada foi estimada pela multiplicação do total da quantidade de RSU gerados em Bagé, em toneladas, por 464,96 kWh. O processo de geração de energia elétrica pela incineração dos RSU é semelhante ao de usinas térmicas convencionais de ciclo Rankine sendo assim, considerou-se ainda uma eficiência de 35% na conversão de energia térmica para energia elétrica conforme a EPE (2015). A partir dos dados de geração diária de RSU, realizou-se os cálculos para projeção anual, vinculado ao crescimento populacional do município no horizonte de 30 anos, sendo considerado o valor de crescimento de 0,87% ao ano.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em Bagé, não há aterro sanitário em operação. O RSU municipal é transferido para o aterro da cidade de Candiota, gerando custos aos cofres públicos.

Diariamente, são coletados 0,64 kg de resíduos por habitante. No presente estudo considerou-se a população de 121.335 pessoas. Isso significa, 77.654,4 kg_{RSU}/dia ou 77,65 t_{RSU}/dia. Desse montante, para fins de cálculo neste trabalho, subtraiu-se 20% referente a resíduos recicláveis.

Os valores estudados para o cálculo de obtenção de energia para os próximos 30 anos são apresentados na Tabela 1. Para elaboração da Tabela, considerou-se os dados da geração diária de RSU, descontou-se 20% de recicláveis e o conteúdo energético de 464,96 kWh/t_{RSU} para o cálculo da energia bruta, eficiência de 35% para cálculo da energia líquida e, um consumo mensal de 200 kWh por residência. Além disso, o crescimento populacional anual de 0,87%.

Ano	População	Toneladas de RSU/dia	Toneladas de RSU/mês	Energia bruta (kWh)/mês	Energia líquida (kWh)/mês	Residências*
2022	121335	63,09	1892,83	880088,38	308030,93	1540
2023	122391	63,64	1909,29	887745,15	310710,80	1554
2024	123455	64,20	1925,90	895468,53	313413,99	1567
2025	124529	64,76	1942,66	903259,10	316140,69	1581
2026	125613	65,32	1959,56	911117,46	318891,11	1594
2027	126706	65,89	1976,61	919044,18	321665,46	1608
2028	127808	66,46	1993,81	927039,87	324463,95	1622
2029	128920	67,04	2011,15	935105,11	327286,79	1636
2030	130042	67,62	2028,65	943240,53	330134,18	1651
2031	131173	68,21	2046,30	951446,72	333006,35	1665
2032	132314	68,80	2064,10	959724,31	335903,51	1680

2033	133465	69,40	2082,06	968073,91	338825,87	1694
2034	134626	70,01	2100,17	976496,15	341773,65	1709
2035	135798	70,61	2118,44	984991,67	344747,08	1724
2036	136979	71,23	2136,87	993561,09	347746,38	1739
2037	138171	71,85	2155,47	1002205,08	350771,78	1754
2038	139373	72,47	2174,22	1010924,26	353823,49	1769
2039	140585	73,10	2193,13	1019719,30	356901,76	1785
2040	141809	73,74	2212,21	1028590,86	360006,80	1800
2041	143042	74,38	2231,46	1037539,60	363138,86	1816
2042	144287	75,03	2250,87	1046566,19	366298,17	1831
2043	145542	75,68	2270,46	1055671,32	369484,96	1847
2044	146808	76,34	2290,21	1064855,66	372699,48	1863
2045	148086	77,00	2310,13	1074119,90	375941,97	1880
2046	149374	77,67	2330,23	1083464,75	379212,66	1896
2047	150673	78,35	2350,51	1092890,89	382511,81	1913
2048	151984	79,03	2370,95	1102399,04	385839,66	1929
2049	153307	79,72	2391,58	1111989,91	389196,47	1946
2050	154640	80,41	2412,39	1121664,23	392582,48	1963
2051	155986	81,11	2433,38	1131422,70	395997,95	1980
2052	157343	81,82	2454,55	1141266,08	399443,13	1997
Média	138586	72	2162	1005215,87	351826	1759

Figura 1.

Pela análise da Tabela 1, demonstrou-se que, em média, nos próximos 30 anos, anualmente, 1759 residências poderiam abastecidas com a energia obtida na unidade de incineração da região estabelecida para estudo. Ratificando-se assim, a importância da implantação da sexta célula. Verificou-se ainda que o aumento da população reflete no aumento da geração de RSU o que resulta no aumento na quantidade de energia elétrica produzida.

Além disso, pela incineração dos resíduos, apesar das emissões decorrentes do processo, a unidade de recuperação de energia contribui para diminuir a poluição dos recursos naturais do solo, isso porque diminui a quantidade de resíduos aterrados e, segundo Tan et al. (2014), as emissões dos incineradores no processo de geração de energia são da ordem de 0,49 tCO₂e, enquanto a emissão pela captação de metano no aterro é de 1,1 tCO₂e.

Complementa-se ainda como vantagem da incineração em relação à biodigestão no aterro o fato de o sistema de incineração causar impactos enquanto a planta está em operação, cessando com sua paralização. O aterro sanitário funciona como um sistema aberto, pois que permanece no ambiente mesmo após o fechamento da atividade, e perdura até a total decomposição dos resíduos aterrados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os objetivos propostos conclui-se que:

- A geração de resíduos, inerente à vida humana, é um impacto negativo
ao

meio ambiente. A má gestão dos resíduos sólidos poder agravar estes impactos. A boa gestão pode mitigá-los.

- A incineração de resíduos sólidos municipais para transformação do lixo em energia é uma solução viável para a solução dos problemas da gestão dos resíduos sólidos.

- A gestão adequada do RSU municipal, por incineração, além da contribuição para geração de energia pode economizar para os cofres públicos.

- Nos próximos 30 anos, anualmente, 1759 residências poderiam abastecidas com a energia obtida na unidade de incineração da região estabelecida para estudo.

- Tem-se como benefícios, para esse tipo de geração: benefícios estratégicos, uma vez que essa ação pode contribuir como fonte alternativa de energia; benefícios ambientais, pois colabora com organização dos aterros; a mitigação de gases de efeito estufa; benefícios socioeconômicos, devido ao desenvolvimento de tecnologia nacional e, por fim, emprego de mão-de-obra qualificada e não qualificada nas várias etapas do processo de recuperação energética.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Lei n. 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 03 ago. 2010. Seção 1.

CHEN, D.; YIN, L.; WANG, H.; HE, P. Pyrolysis technologies for municipal solid waste: A review. *Waste Management*, v. 34, n. 12, p. 2466–2486, 2014.

EPE, Empresa de Pesquisa Energética. 2009. Plano Decenal de Expansão de Energia: Relatório Final – 2008 a 2017 (Volume I). Brasília. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/pdee/forms/epeestudo.aspx>. Acesso: 09/05/2023.

FERRI, G. L.; MATAVEL, N. I.; GONÇALVES, M. F.; RIBEIRO, G. M.; CHAVES, G. D. L. D. Modelos de localização de facilidades na gestão de resíduos sólidos: uma revisão bibliométrica. *Brazilian Journal of Production Engineering-BJPE*, v. 3, n. 2, p. 40-56, 2017.

KIRCHHERR, J.; REIKE, D.; HEKKERT, M. Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 127, p. 221-232, 2017.

LI, J., PAN, S.Y., KIM, H., LINN, J.H., CHIANG, P.C. Building green supply chains in ecoindustrial parks towards a green economy: barriers and strategies. *Journal of Environmental Management*. 162, 158–170, 2015.

MAKARICHI, L.; JUTIDAMRONGPHAN, W.; TECHATO, K. The evolution of waste-to-energy incineration: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 91, p. 812-821, 2018.

MALINAUSKAITE, J.; JOUHARA H; CZAJCZYNSKA D.; STANCHEV P.; KATSOU E.; MANAF, L. A.; The evolution of waste-to-energy incineration: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 91, p. 812-821, 2018.

MUTZ, D. et al. Opções em Waste-to-Energy na Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos. Um guia para tomadores de decisão em países emergentes ou em desenvolvimento. 2017.

OLIVEIRA, M. da S. et al. A importância da educação ambiental na escola e a reciclagem do lixo orgânico. *Revista Científica Eletrônica de Ciências Sociais Aplicadas da Eduvale, Jaciara*, v. 5, n. 7, p. 1-20, 2012.

PAVAN, Margareth de Cássia Oliveira. Geração de energia de determinação de sólidos urbanos: a partir de Brasil . 2010. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.