



POTENCIAL DE RECUPERAÇÃO DE ENERGIA DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES (RSD) DO MUNICÍPIO DE PONTA GROSSA, PR, BRASIL

Simone Gomes ¹

Pedro Henrique Weirich Neto ²

RESUMO

A demanda energética apresenta crescimento constante ao longo do tempo, sendo necessário aumento na sua disponibilidade, além de fontes alternativas e de recuperação. Os resíduos sólidos urbanos podem ser considerados fonte de energia quando tratados através da incineração controlada, pois esta tecnologia permite a recuperação de energia na forma térmica. Neste estudo foi realizada estimativa de recuperação de energia térmica e elétrica a partir dos resíduos sólidos domiciliares do município de Ponta Grossa, PR. Para isso, foi determinado o poder calorífico de quatro amostras homogeneizadas e dos materiais individuais coletados no aterro do município. A partir do poder calorífico superior médio das amostras, $19.807 \text{ kJ kg}^{-1}$, seria possível a recuperação de energia para abastecimento elétrico de 51% das residências urbanas do município. Considerando a ausência de materiais recicláveis no processo de incineração, seria possível atender a 28% das residências com a energia recuperada.

Palavras-chave: Resíduos Sólidos. Incineração. Energia térmica. Energia elétrica.

¹ Engenheira Ambiental; Mestre em Bioenergia pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. E-mail: si.gomes90@gmail.com

² Departamento de Agronomia. Laboratório de Mecanização Agrícola. Programa de Pós-Graduação em Bioenergia. Universidade Estadual de Ponta Grossa. E-mail: lama1@uepg.br

1 INTRODUÇÃO

O aumento da demanda energética e a baixa diversidade de fontes dificulta sua recuperação e acarreta aumento expressivo na disponibilidade e conseqüentemente nos custos de energia. Os resíduos sólidos domiciliares (RSD) podem ser considerados fonte de energia, pois são produzidos constantemente e em elevadas quantidades.

A geração de resíduos sólidos urbanos (RSU) no Brasil registrou um aumento de 4,1% do ano de 2012 para 2013, índice superior à taxa de crescimento da população no mesmo período, que foi de 3,7% (ABRELPE, 2013). A quantidade encaminhada para os aterros ainda é elevada, cerca de 90% em massa (MMA, 2011) mesmo com o aumento das taxas de reciclagem e compostagem, o que contribui para que os RSD se tornem um dos grandes passivos ambientais atuais. Além da elevada geração de RSD, observa-se também o seu baixo reaproveitamento, uma vez que há grande quantidade de material reciclável e de matéria orgânica, desperdiçando matéria-prima e energia.

Muitas soluções científicas e tecnológicas estão disponíveis, destas soluções, algumas se tornaram viáveis devido a peculiaridades regionais, outras a necessidades legais e outras ainda não são viáveis.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) permite a utilização de tecnologias de tratamento dos resíduos sólidos visando à recuperação energética. Neste caso deve ser comprovada a viabilidade técnica e ambiental e a implantação de programa de monitoramento de emissão de gases tóxicos, aprovado pelo órgão ambiental (BRASIL, 2010). Este programa deverá, para o caso de incineradores, obedecer NBR 11.175 (ABNT, 1990).

Dentro deste contexto, muitos países adotam, além da reciclagem, a incineração (SOARES, 2011). A tecnologia de incineração controlada permite o tratamento dos resíduos (CHENG; HU, 2010; FRANÇA; RUARO, 2009; RIBEIRO, 2010) com ou sem aproveitamento energético. O fornecimento competitivo de energia e o incentivo à utilização de fontes alternativas são dois elementos decisivos que garantem o sucesso de fontes não fósseis de energia (OLIVEIRA; ROSA, 2003).

O objetivo desse trabalho foi estimar o potencial de recuperação de energia térmica e elétrica a partir da incineração dos RSD do município de Ponta Grossa, Paraná (PR).

2 MATERIAL E MÉTODOS

O município de Ponta Grossa, localizado na região dos Campos Gerais, Centro-sul do estado do Paraná, Brasil, possui 306.351 habitantes (Ipardes, 2013). A coleta de resíduos sólidos domiciliar e comercial no município é dividida em 50 setores e apresentam como destino final o aterro controlado do Botuquara. Atualmente, são enviados para o aterro aproximadamente 6.500 Mg de RSD por mês (PGA, 2013).

Para estimativa de energia foi determinada a composição gravimétrica, pelo processo de quarteamento de 10 kg de resíduos de quatro setores do município, de acordo com a NBR 10.007 (ABNT, 2004). Os quatro setores foram selecionados aleatoriamente, conforme a entrada dos caminhões no aterro controlado do município.

As amostras homogeneizadas foram obtidas a partir das misturas de diferentes frações obtidas, nas proporções encontradas. Nestas amostras foi realizada a análise de poder calorífico superior (PCS) em triplicata de acordo com a NBR 8.633 (ABNT, 1984). Utilizou-se bomba calorimétrica digital IKA, modelo C5000.

As amostras foram submetidas as análises de PCS para os componentes individualizados (matéria orgânica, papel, plástico e rejeitos). Para o componente embalagem cartonada, não foi possível realizar a análise de PCS, em virtude de possíveis danos no equipamento utilizado, sendo então adotado o valor teórico de 22.157 kJ kg⁻¹ (CEMPRE, 2000), o qual se aproxima do valor mensurado por Montejo et al. (2011) que foi de 23.557 kJ kg⁻¹. Com os valores obtidos calculou-se o PCS ponderado por massa.

Após a obtenção do poder calorífico superior das amostras homogeneizadas e das individuais, calculou-se e utilizou-se o valor médio para os cálculos de estimativa de recuperação de energia. Para recuperação de energia térmica utilizou-se rendimento de 88% (MCKENDRY, 2002). Na sua conversão

para energia elétrica, utilizou-se rendimento de 30% (OLIVEIRA; ROSA, 2003; DORNBURG; FAAIJ; MEULEMAN, 2006; LINO; ISMAIL, 2013).

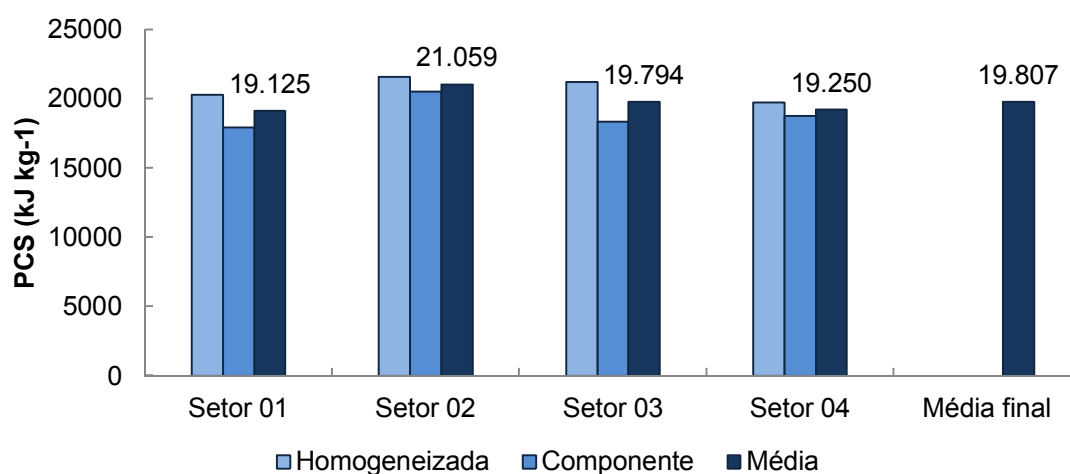
Outra estimativa de recuperação energética foi realizada considerando a redução dos percentuais de materiais recicláveis presentes nos resíduos, seguindo a hierarquia de gestão dos resíduos apresentada na Política Nacional de Resíduos Sólidos Urbanos (BRASIL, 2010). Para isso, foram selecionadas as porcentagens de 0, 25, 50, 75 e 100% que se referem às eficiências da coleta seletiva e reciclagem. O valor de 0% refere-se ao cenário atual, utilizando-se a quantidade de material reciclável encontrado no quarteamento e 100% se refere à máxima eficiência na reciclagem, quando não há material reciclável sendo enviado para o aterro. Os valores de 25, 50 e 75% seriam situações intermediárias. Os materiais presentes nas amostras passíveis de reciclagem foram papel, embalagem cartonada, plástico, vidro e metal.

Este cálculo foi realizado reduzindo as porcentagens indicadas apenas dos materiais recicláveis presentes nas amostras e recalculando uma nova composição gravimétrica relativa para o peso total restante da amostra. Após isso, um novo valor ponderado do PCS foi calculado e utilizado.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias do PCS das amostras homogeneizadas e as médias ponderadas foram calculadas por componentes, da mesma forma que Soares (2011), para os quatro setores estudados, e a média final foi adotada como representativa do resíduo sólido doméstico de Ponta Grossa, sendo utilizada para a determinação do potencial energético. Os coeficientes de variação entre as repetições dos setores variaram de 2,48 a 14,49%, os quais estatisticamente podem ser considerados de baixo a médio, porém pela característica de fenômeno estudado podem ser considerados baixos (Figura 1).

Figura 1. Valores médios para amostras homogeneizadas, para média ponderada calculada conforme elementos para quatro setores, média por setor e média final de poder calorífico superior do resíduo sólido doméstico. Ponta Grossa, PR, Brasil



Para determinar as estimativas de geração de energia foi utilizado o valor médio final de PCS das amostras - denominada de C2, 19.807 kJ kg⁻¹, considerando a quantidade total de RSD coletados no município de Ponta Grossa, que é de 6.500.000 kg mês⁻¹ (PGA, 2013).

Outro valor utilizado foi o consumo de energia pela própria unidade de incineração, que durante o processo situa-se entre 180 a 252 MJ de energia elétrica por Mg de RSU (LEMOS, 1997). Este valor contempla secagem do resíduo, tratamento de efluentes, transportes internos, entre outros. Para este estudo, adotou-se o valor médio de 216 MJ Mg⁻¹, resultando no consumo de 1.404.000 MJ mês⁻¹.

A partir da incineração controlada dos RSD pode ser recuperada a energia térmica. Esta recuperação tem rendimento em torno de 88% (MCKENDRY, 2002), o que resultaria em 113.296.040 MJ mês⁻¹ (Tabela 1). Parte desta energia seria utilizada na secagem dos RSD antes da incineração, uma vez que os mesmos apresentaram conteúdo de água considerável, com média de 0,38 kg kg⁻¹. Ou ainda, esta energia pode ser utilizada por indústrias, próximas da unidade de transformação, que utilizem energia térmica no seu processo (LIMA; GOMES; RANGEL, 2005).

Tabela 1. Estimativas de recuperação de energia térmica e elétrica a partir dos resíduos sólidos domésticos de Ponta Grossa, PR, Brasil

| Amostra | PCS médio (kJ kg ⁻¹) | Energia total (MJ mês ⁻¹) | Energia térmica (MJ mês ⁻¹) | Energia elétrica (MJ mês ⁻¹) | Energia elétrica restante (MJ mês ⁻¹)* |
|---------|-------------------------------------|--|---|--|---|
| C2 | 19.807 | 128.745.500 | 113.296.040 | 33.988.812 | 32.584.812 |

*Consumo médio da unidade de incineração 1.404.000 MJ mês⁻¹ (LEMOS, 1997)

A forma de energia mais interessante culturalmente e para transporte (linhas de transmissão já instaladas) seria a energia elétrica. A conversão da energia térmica em elétrica apresenta eficiência em torno de 30% (OLIVEIRA; ROSA, 2003; DORNBURG; FAAIJ; MEULEMAN, 2006; LINO; ISMAIL, 2013). A energia disponível para o abastecimento de residências é de 32.584.812 MJ mês⁻¹ e a partir desta energia seriam atendidas 55.499 residências no município de Ponta Grossa (Tabela 2).

Tabela 2. Potencial de energia elétrica recuperada a partir dos resíduos sólidos domésticos e número de residências que poderiam ser atendidas em Ponta Grossa, PR, Brasil

| Amostra | Energia elétrica (MJ mês ⁻¹) | Energia elétrica restante (MJ mês ⁻¹)* | Residências atendidas** | Residências atendidas (%) |
|---------|---|---|----------------------------|------------------------------|
| C2 | 33.988.812 | 32.584.812 | 55.499 | 51 |

*Consumo médio da unidade de incineração 1.404.000 MJ mês⁻¹ (LEMOS, 1997)

**Consumo médio por residência 587,12 MJ mês⁻¹ (COPEL, 2013)

A energia elétrica recuperada foi, em média, 33.988.812MJ mês⁻¹. A recuperação foi baixa se comparada à energia proveniente da Hidrelétrica de Itaipu, que em 2012, produziu um total de 353.833.660.800 MJ ano⁻¹ (ITAIPU BINACIONAL, 2012). Entretanto, se o objetivo for transformação em energia térmica e/ou elétrica, há possibilidade do estabelecimento de consórcios públicos com outros municípios a fim de aumentar a quantidade de RSD a serem incinerados.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010) prevê apoio e prioridade à obtenção de recursos aos municípios que adotarem soluções consorciadas. Outra possibilidade ainda para o aumento da energia recuperada seria a utilização de combustíveis complementares, como carvão, óleo, biomassa, entre outros (CHENG et al., 2007).

Mesmo com a utilização de parte da energia produzida para a operação da própria usina, que é de 1.404.000 MJ mês⁻¹, estariam disponíveis 32.584.812 MJ mês⁻¹ para abastecer as residências.

Na área urbana do município de Ponta Grossa são atendidas 106.995 residências com energia elétrica com consumo médio de 587,12 MJ mês⁻¹ (COPEL, 2013). Com a energia recuperada, (Tabela 2), poderiam ser atendidas 51% das residências, a partir do PCS médio das amostras. Valor interessante, no entanto, é importante considerar que a função principal de uma usina de incineração a partir de RSU, que incluem os domiciliares e comerciais, é a do saneamento básico, tendo como co-produto a recuperação de energia (ABRELPE; PLASTIVIDA, 2012).

Considerando a questão do saneamento básico, este processo se torna ainda mais atrativo, pois traz como outros benefícios a redução do volume dos resíduos em até 90% e do seu peso em 75% (CHENG et al., 2007; CHENG; HU, 2010; SINGH et al., 2011; ABRELPE; PLASTIVIDA, 2012), contribuindo assim para a recuperação e o aumento de vida útil do aterro controlado do Botuquara.

Além disso, quando os RSD são enviados para a usina de incineração ao invés de serem aterrados, a produção de chorume pela decomposição dos RSD é reduzida (CHENG; HU, 2010; FEAM, 2012), implicando em menor probabilidade de contaminação do solo e da água (FEAM, 2012) e ainda, ocorrem reduções de emissões de poluentes (RUTH, 1998; MCCARTHY, 2004; DEMIRBAS, 2005; EPE, 2008; PSOMOPOULOS; BOURKA; THEMELIS, 2009; CHENG; HU, 2010; GREGG, 2010; ABRELPE; PLASTIVIDA, 2012; CUCCHIELLA; D'ADAMO; GASTALDI, 2012; FEAM, 2012), devido ao sistema de tratamento de gases que deve estar presente nos incineradores. No entanto, vale ressaltar que este sistema é o componente com maior custo de uma unidade de incineração.

A redução destes poluentes traz ainda a possibilidade de obtenção de créditos de carbono pelo Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), o qual objetiva auxiliar os países desenvolvidos a atingirem suas metas de redução de emissões de gases de efeito estufa (EPE, 2008; FEAM, 2012).

Nesse contexto, torna-se ainda importante salientar que se estes incineradores forem operados de forma adequada trazem pequenas contribuições no sentido da poluição atmosférica, e no que se refere aos riscos à saúde, se existirem, são muito pequenos e não detectáveis (considerando materiais

particulados, dioxinas e furanos, hidrocarbonetos aromáticos policíclicos – HPA, entre outros) (HPA, 2009; HPS, 2009). Considera-se a operação de maneira adequada ou uso correto dos filtros, bem como uma política eficaz de conscientização e de reciclagem.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos objetiva a gestão dos resíduos na seguinte hierarquia: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (BRASIL, 2010). Como a incineração é uma forma de tratamento e está como penúltima opção, a reciclagem deve ser considerada. Dessa forma, a recuperação de energia foi estimada sem a incineração dos materiais recicláveis, da mesma forma que Soares (2011).

Com a implantação da reciclagem, os materiais com altos PCS (papel e plástico) são reduzidos e, portanto, a energia recuperada é menor (Tabela 3). Resultados de redução de recuperação de energia com a implantação de reciclagem também foram obtidos por Soares (2011), Abedini; Atwater e Fu (2012) e EPE (2008). Essa redução pode ocorrer de forma não proporcional, uma vez que vai depender dos materiais restantes (os não recicláveis), os quais possuem PCS variáveis.

Tabela 3. Estimativas de recuperação de energia térmica e elétrica conforme níveis de reciclagem dos resíduos sólidos domésticos e número de residências atendidas. Ponta Grossa, PR, Brasil

| Reciclagem | Energia térmica (MJ mês ⁻¹) | Energia elétrica (MJ mês ⁻¹)* | Residências atendidas** |
|------------|--|--|-------------------------|
| 0% | 113.296.040 | 32.584.812 | 55.499 |
| 25% | 97.296.814 | 27.785.044 | 47.324 |
| 50% | 86.647.790 | 24.590.337 | 41.882 |
| 75% | 76.002.183 | 21.396.655 | 36.443 |
| 100% | 65.343.650 | 18.199.095 | 30.997 |

*Consumo médio da unidade de incineração 1.404.000 MJ mês⁻¹ (LEMOS, 1997)

**Consumo médio por residência 587,12 MJ mês⁻¹ (COPEL, 2013)

Se o objetivo é a recuperação de energia, a condição ideal seria a situação atual, com 0% de eficiência de reciclagem, onde os materiais com maior PCS estão presentes. É preciso considerar que nem sempre o ideal é a reciclagem de 100%, já que muitas variáveis definem o cenário regional, pois em cenários de

escassez de energia e aspectos que dificultam a logística das rotas de coleta, a reciclagem pode não ser a melhor forma de tratamento (SOARES, 2011).

Pode haver cenários que cheguem a conclusões contrárias do comentado. Exemplo, caso brasileiro, considerando-se que há energia disponível a partir de hidrelétricas, bem como a obrigatoriedade de aplicação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (implantação de reciclagem com eficiência de 100%). Com esta eficiência, seriam recuperados $18.199.095 \text{ MJ kg}^{-1}$ de energia elétrica, sendo atendidas 30.997 residências, 28% do total do município.

Esta possibilidade de recuperação, mesmo com 100% de reciclagem, está de acordo com Psomopoulos; Bourka e Themelis (2009) e Perkoulidis et al. (2010), que também constataram que mesmo com aumento da reciclagem, a recuperação de energia pela incineração apresenta valores consideráveis.

Outro ponto relevante observado por Psomopoulos; Bourka e Themelis (2009) nos Estados Unidos, é que os lugares que utilizam a tecnologia de incineração dos RSU apresentaram aumento de 18% nas taxas de reciclagem.

Assim, o tratamento por incineração e a reciclagem devem ser programas integrados (MENEZES; GERLACH; MENEZES, 2000; OLIVEIRA; ROSA, 2003; ABRELPE; PLASTIVIDA, 2012), sendo que, ambos, reduzem a quantidade de resíduos enviados para os problemáticos aterros (OLIVEIRA; ROSA, 2003).

Portanto, a recuperação energética obedecendo ao princípio da hierarquia na gestão dos RSU é uma importante alternativa (ABRELPE; PLASTIVIDA, 2012).

4 CONCLUSÕES

O PCS encontrado para os RSD variou de 19.125 a 21.059 kJ kg^{-1} , apresentando PCS médio de 19.807 kJ kg^{-1} .

A partir deste PCS médio e da quantidade de RSD produzida, a energia disponível para recuperação permitiria o abastecimento de energia elétrica para 51% das residências do município de Ponta Grossa.

Com a implantação de programa de reciclagem, considerando a reciclagem com eficiência de 100%, a energia disponível seria de $18.199.095 \text{ MJ mês}^{-1}$ e ainda possibilitaria abastecer 28% das residências do município.

5 AGRADECIMENTOS

À CAPES, pela bolsa de mestrado concedida, e à Ponta Grossa Ambiental (PGA), pela autorização para a realização do estudo.

ENERGY RECOVERY FROM HOUSEHOLD SOLID WASTE (HSW) IN THE CITY OF PONTA GROSSA, PR, BRAZIL

ABSTRACT

The energy demand has been growing steadily over time, requiring increase in its availability, as well as alternatives sources of recovery. The urban solid wastes can be considered a source of energy when treated under controlled incineration, because this technology allow energy recovery in thermal form. In this study was performed the estimative of thermal and electrical energy recovery from solid waste of the Ponta Grossa city. For this, the calorific value was determined from four homogenized samples and individual samples of each material collected in the city's landfill. With the average calorific value of samples, $19.807 \text{ kJ kg}^{-1}$, it would be possible to recovery energy for 51% of urban household of the city. Even considering the lack of recyclable materials in the incineration process, it would still be possible to supply energy for 28% of urban household with the recovery energy.

Key words: Solid waste. Incineration. Thermal energy. Electrical energy.

REFERÊNCIAS

ABEDINI, A. R.; ATWATER, J. W.; FU, G. Y. Effect of recycling activities on the heating value of solid waste: case study of the Greater Vancouver Regional District (Metro Vancouver). **Waste Management & Research**, v. 30, n. 8, p. 839-848, 2012.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 8633**: Carvão Vegetal, determinação do poder calorífico – método de ensaio. Rio de Janeiro, 1984.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 11175**: Incineração de resíduos sólidos perigosos - Padrões de desempenho. Rio de Janeiro, 1990.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10007**: Amostragem de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004.

ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**. 111 f. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza pública e Resíduos Especiais, 2013.

ABRELPE; PLASTIVIDA. **Resíduos sólidos urbanos, recuperação energética**. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza pública e Resíduos Especiais; Instituto Sócio-Ambiental dos Plásticos. Caderno Informativo, Comitê de Valorização energética, 2012.

BRASIL. PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. **Lei nº 12.305**, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.

CEMPRE - Compromisso Empresarial para Reciclagem. **Embalagem Cartonada**—LongaVida - O mercado para reciclagem. 2000. Disponível em: <<http://www.ecologia.dbi.ufla.br/site%20ecoaplicada/reciclagem/Embalagem%20Cartonada.doc>>. Acesso em: 17 dez. 2013.

CHENG, H.; HU, Y. Municipal solid waste (MSW) as a renewable source of energy: Current and future practices in China. **Bioresource Technology**, v. 101, p. 3816–3824, 2010.

CHENG, H.; ZHANG, Y.; MENG, A.; LI, Q. Municipal solid waste fueled power generation in China: a case study of waste-to-energy in Changchun city. **Environmental Science & Technology**, v., 41, n., 21, 2007.

COPEL - Companhia Paranaense de Energia Elétrica. **Dados de mercado, regulação e comercialização de energia do município de Ponta Grossa**. Departamento de Mercado, Regulação e Comercialização de Energia, Curitiba-PR, 2013.

CUCCHIELLA, F.; D'ADAMO, I.; GASTALDI, M. Municipal waste management and energy recovery in an Italian region. **Waste Management & Research**, v. 30, n. 12, p. 1290-1298, 2012.

DEMIRBAS, A. Potential applications of renewable energy sources, biomass combustion problems in boiler power systems and combustion related environmental issues. **Progress in Energy and Combustion Science**, v. 31, p. 171–192, 2005.

DORNBURG, V.; FAAIJ, A. P. C.; MEULEMAN, B. Optimizing waste treatment systems Part A: Methodology and technological data for optimizing energy production and economic performance. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 49, p. 68–88, 2006.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. **Avaliação preliminar do aproveitamento energético dos resíduos sólidos urbanos de Campo Grande, MS**. Nota técnica DEN 06/08, Rio de Janeiro, 2008.

FEAM – Fundação Estadual do Meio Ambiente. **Aproveitamento energético de resíduos sólidos urbanos: guia de orientação para governos municipais de Minas Gerais/Fundação Estadual do Meio Ambiente**. Belo Horizonte: FEAM, 2012, 163 p.

FRANÇA, R. G.; RUARO, E. C. R. Diagnóstico da disposição final dos resíduos sólidos urbanos na região da Associação dos Municípios do Alto Irani (AMAI), Santa Catarina. **Ciência e saúde coletiva**, v. 14, n. 6, 2009.

GREGG, J. S. National and regional generation of municipal residue biomass and the future potential for waste-to-energy implementation. **Biomass and bioenergy**, v. 34, p. 379 – 388, 2010.

HPA – Health Protection Agency. **The Impact on Health of Emissions to Air from Municipal Waste Incinerators**. September 2009.

HPS - Health Protection Scotland. **Scottish Environmental Protection Agency Incineration of Waste and Reported Human Health Effects**. Health Protection Scotland, Glasgow, 2009.

IPARDES – Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. **Caderno Estatístico do Município de Ponta Grossa**. Curitiba: IPARDES. 2013. Disponível em: <<http://www.ipardes.gov.br/cadernos/Montapdf.php?Municipio=84000>>. Acesso em: fev. 2014.

ITAIPU BINACIONAL. **Geração**. 2012. Disponível em: <<http://www.itaipu.gov.br/energia/geracao>>. Acesso em 26 dez. 2013.

LEMOS, L. T. de. Incineração de resíduos sólidos urbanos: qual a melhor opção de aproveitamento energético? **Millenium**, n. 7. 1997. Disponível em: <http://www.ipv.pt/millenium/ect7_ltl1.htm>. Acesso em 08 jan. 2014.

LIMA, R.; GOMES, H.; RANGEL, N. O tratamento dos resíduos sólidos urbanos no Japão. **Indústria e ambiente**, n. 37, 2005.

LINO, F. A. M.; ISMAIL, K. A. R. Alternative treatments for the municipal solid waste and domestic sewage in Campinas, Brazil. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 81, p. 24-30, 2013.

MCCARTHY, T. Waste incineration and the community - the Amsterdam experience. **Waste Management World**, 2004. Disponível em: <<http://www.waste-managementworld.com/articles/2004/09/waste-incineration-and-the-community.html>>. Acesso em 09 jan.2014.

MCKENDRY, P. Energy production from biomass (part 1): overview of biomass. **Bioresource Technology**, v. 83, p. 37-46, 2002.

MENEZES, R. A. A.; GERLACH, J. L.; MENEZES, M. A. Estágio Atual da Incineração no Brasil. *In: SEMINÁRIO NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS E LIMPEZA PÚBLICA*, 7, 2000, Curitiba. **Anais...Curitiba**, 2000.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. **Plano nacional de resíduos sólidos**. Versão preliminar para consulta pública. Brasília, setembro de 2011. 102 p.

MONTEJO, C.; COSTA, C.; RAMOS, P.; MÁRQUEZ, M. C. Analysis and comparison of municipal solid waste and reject fraction as fuels for incineration plants. **Applied Thermal Engineering**, v. 31, p. 2135-2140, 2011.

OLIVEIRA, L. B.; ROSA, L. P. Brazilian waste potential: energy, environmental, social and economic benefits. **Energy Policy**, v. 31, p.1481–1491, 2003.

PERKOULIDIS, G.; PAPAGEORGIOU, A.; KARAGIANNIDIS, A.; KALOGIROU, S. Integrated assessment of a new waste-to-energy facility in Central Greece in the context of regional perspectives. **Waste Management**, v. 30, p. 1395-1406, 2010.

PGA – Ponta Grossa Ambiental. **Informações sobre a quantidade de resíduos coletados**. Ponta Grossa, 2013.

PSOMOPOULOS, C. S.; BOURKA, A.; THEMELIS, N. J. Waste-to-energy: a review of the status and benefits in USA. **Waste Management**, v. 29, p. 1718-1724, 2009.

RIBEIRO, S. G. **Geração de energia elétrica com resíduos sólidos urbanos - usinas “waste-to-energy” (WTE)**. Waste-to-Energy Research and Technology Council (WTERT), Brasil, 2010.

RUTH, L. A. Energy from municipal solid waste: a comparison with coal combustion technology. **Progress in Energy and Combustion Science**, v. 24, p. 545-564, 1998.

SINGH, R. P.; TYAGI, V. V.; ALLEN, T.; IBRAHIM, M. H.; KOTHARI, R. An overview for exploring the possibilities of energy generation from municipal solid waste (MSW) in Indian scenario. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 15, p. 4797-4808, 2011.

SOARES, E. L. de S. F. **Estudo da caracterização gravimétrica e poder calorífico dos resíduos sólidos urbanos**. 133 f. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

TEIXEIRA, A. C. Lixo ou rejeitos reaproveitáveis? **Eco 21**, ano XIV, ed. 87, fevereiro 2004.