

GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DA QUEIMA DO RESÍDUO

Priscila Bolcchi (*), Franciele Silva Martins Anjos, Marcia Aparecida Sartori

* Universidade Metodista de São Paulo. E-mail: pbolcchi@hotmail.com

RESUMO

Este trabalho tem objetivo apresentar tecnologias para oxidação térmica de resíduos tendo como foco a diminuição do impacto causado pela destinação inadequadas de resíduos sólidos urbanos e a possibilidade de geração de energia elétrica. O Brasil gera em média 78,6 milhões de toneladas de lixo e a destinadas na sua maior parte em lixões. O país oferta energia elétrica abaixo da demanda. A opção de tratar o resíduo sólido através da queima com a possibilidade de recuperação energética além de se mostrar sustentável também possui amparo legal na Política Nacional de Resíduos Sólidos, contribui para a diminuição dos impactos causados pelos lixões e aumento do volume de energia elétrica através de uma matriz limpa

PALAVRAS-CHAVE: resíduos sólidos, geração de energia, incineração, disposição final, sustentabilidade.

INTRODUÇÃO

O foco principal deste projeto são os resíduos sólidos e a energia elétrica. O Brasil está vivenciando dois grandes problemas, a questão da disposição inadequada dos resíduos sólidos urbanos e também uma crise energética causada principalmente pelas fortes secas, já que a maior parte da matriz elétrica do país é hídrica.

Este projeto pretende apresentar uma alternativa para tentar minimizar os impactos da disposição inadequada dos resíduos com a possibilidade de gerar energia de forma mais sustentável por meio da destruição térmica. Cabe ressaltar que não se pretende defender, apoiar ou mesmo afirmar ser esta alternativa é uma solução, mas apenas uma alternativa para tentar diminuir os impactos ambientais e a aumentar a oferta de energia.

Em relação aos resíduos foi promulgado em 2010 a Política Nacional de Resíduos Sólidos, apesar de conceder cinco anos de prazo para os municípios se adequarem, prazo este previsto para 2014, a mesma já passou por uma prorrogação e muito pouco foi feito, sendo o prazo para sua implantação prorrogado para 2018 e 2021 de acordo com o número de habitantes do município. Entretanto mesmo depois dos ajustes necessários é preciso pensar que as áreas para disposição adequada de resíduos, os aterros sanitários, são escassas e também geram passivos ambientais que deverão ser administrados por pelo menos 10 anos após o encerramento do aterro sanitário.

Quanto à energia elétrica, o Brasil tem 75% da sua matriz energética com base hídrica, considerada uma matriz limpa, complementada por usinas termoeletricas, usinas eólicas e nucleares. Com a baixa das chuvas nos últimos dois anos foi necessário manter as usinas termoeletricas funcionando por mais tempo, causando maior impacto ambiental em relação a poluição atmosférica e onerando mais os usuários.

Em função do exposto, este trabalho tem como motivação apresentar uma alternativa para a questão do resíduo e da energia encontrando na oxidação térmica, uma alternativa que pudesse ser considerada sustentável.

Dessa forma o artigo está dividido em informações sobre resíduos domiciliares, energia elétrica, tecnologias de queima, considerações e conclusões, além das principais referências.

OBJETIVO GERAL

Apresentar tecnologias para geração de energia elétrica a partir da queima de resíduos domiciliares.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Contribuir como alternativa na geração de energia elétrica;
- Verificar as tecnologias existentes para oxidação térmica dos resíduos domiciliares;
- Verificar projetos de incineração de resíduos domiciliares e similares na RMGSP;
- Listar as fontes de energia utilizadas na RMGSP;
- Analisar a legislação para venda de energia proveniente de fontes alternativas; e
- Verificar o procedimento de licenciamento ambiental no estado de São Paulo.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A geração de energia através da queima do resíduo domiciliar é proposta sustentável aos dilemas da sociedade futura quanto a gestão dos resíduos sólidos e a demanda por energia, são os chamados sistemas *waste-to-energy*.

Atualmente existem mais de mil plantas instaladas no mundo, como exemplos têm-se a Alemanha, Noruega, Japão e Dinamarca, o *waste-to-energy* foi até referendado pela ONU em 2007, em encontro oficial do painel de mudança climática em Bangcoc, na Tailândia, como tecnologia mitigadora dos gases do efeito estufa. Isso porque a recuperação energética, além de substituir a queima de combustíveis fósseis para gerar energia, não produz metano (CH₄) com a degradação do lixo, como acontece nos aterros sanitários.

Desta forma, acredita-se que o Brasil tenha um potencial energético imenso e poderá diminuir os impactos causados pela disposição de resíduos em lixões. Apesar de ser um empreendimento oneroso, acredita-se que a relação custo-benefício possa ser equalizada no decorrer dos anos.

METODOLOGIA

Para conseguir atingir aos objetivos propostos neste trabalho utilizou-se como metodologia a pesquisa bibliográfica que é desenvolvida a partir de materiais publicadas em livros, artigos, dissertações e teses, constituindo-se em um procedimento básico para os estudos monográficos e também a pesquisa exploratória que não requer a formulação de hipóteses para serem testadas, ela se restringe por definir objetivos e buscar mais informações sobre determinado assunto de estudo, portanto ela seria um passo inicial para o projeto de pesquisa.

Assim, em primeiro lugar foram realizados levantamentos de dados secundários sobre os resíduos sólidos e energia no país. Na sequência foram verificados quais são as tecnologias de oxidação térmica que poderiam ser utilizadas.

Por fim, verificou-se se haveria a possibilidade de aplicar o conceito de geração de energia a partir da queima dos resíduos e as experiências existentes no estado de São Paulo.

RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

De acordo com o com o relatório elaborado pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – ABRELPE, denominado Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, em 2014 a geração total de resíduos sólidos no Brasil foi de aproximadamente 78,6 milhões de toneladas, que representa um aumento de 2,90% comparado ao ano de 2013 que são representados na figura 1 a seguir.

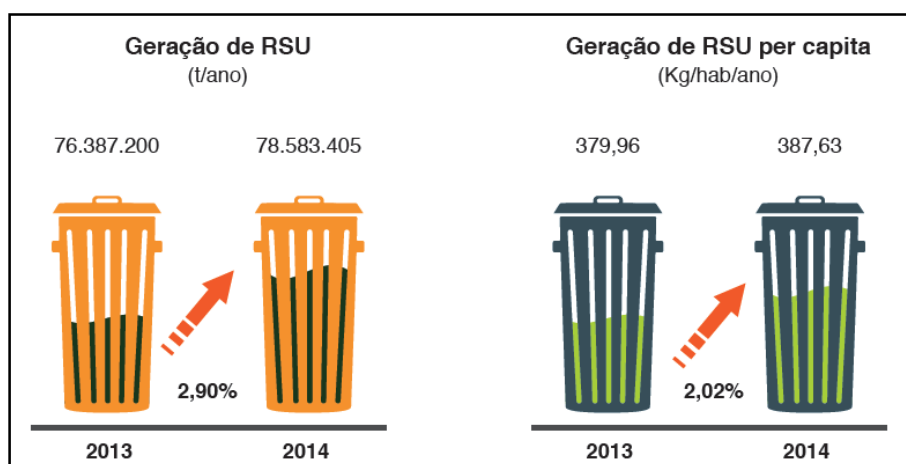


Figura 1. Geração de resíduos sólidos urbanos (RSU) no Brasil.
Fonte: ABRELPE, 2016.

Outro dado interessante que pode ser observado durante a pesquisa é o aumento na geração de resíduos nos municípios pequenos e médios, tanto em termos absolutos quanto em relativos, porém redução nos municípios grandes, provavelmente esses dados devam ter relação direta com programas ambientais específicos.

De acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão do Resíduo Sólido- SINIR, nota-se que houve um aumento no volume de resíduos dispostos em aterro no país, porém ainda há muito o que melhorar. Considerando-se os vazadouros e lixões como um mesmo grupo visto que causam o mesmo impacto ambiental tem-se 38,8% dos resíduos dispostos de forma inadequada. A compostagem e a reciclagem não chegam a 5% no país número este muito baixo, considerando que o país possui grandes áreas agricultáveis seria interessante o incentivo à agricultura.

Em relação a incineração, tema deste trabalho percebe-se que é um tratamento que não faz parte da cultura do país, visto que não chega a 1%. Esses dados podem ser melhor observados no quadro 1 abaixo.

Quadro 1. Quantidade diária de resíduos domiciliares e/ou públicos encaminhados para diferentes forma de destinação final.

Fonte: SINIR, 2011.

Destino Final	2000		2008	
	Quantidade (t/d)	%	Quantidade (t/d)	%
Aterro sanitário	49.614,50	35,4	110.044,40	58,3
Aterro controlado	33.854,30	24,2	36.673,30	19,4
Vazadouro a céu aberto (lixão)	45.484,70	32,5	37.360,80	19,8
Unidade de compostagem	6.364,50	4,5	1.519,50	0,8
Unidade de triagem para reciclagem	2.158,10	1,5	2.592,00	1,4
Unidade de tratamento para incineração	483,10	0,3	64,80	<0,1
Vazadouros em áreas alagáveis	228,10	0,2	35,00	<0,1
Locais não fixos	877,30	0,6	-	-
Outra unidade	1.015,10	0,7	525,20	0,3

ENERGIA

Segundo Pavan (2010), para incentivar a utilização de fontes alternativas de energia, o governo brasileiro criou em 26 de abril de 2002, através da lei 10.438, o Programa de Incentivos às fontes alternativas de energia elétrica (PROINFA), o qual posteriormente foi revisado pela Lei 10.762 de 11 de novembro de 2003. Em decorrências as fontes alternativas como a solar, a eólica e a biomassa, passaram a ser vistas pelos empreendedores como uma perspectiva de investimento mais factível no contexto da geração de energia no Brasil.

O quadro 2 a seguir apresenta a situação da matriz de energia elétrica do Brasil mostrando que o uso da biomassa na geração de energia é algo bastante pequeno. Das 4112 usinas instaladas no Brasil 3589 são de matriz fóssil ou hídrica e apenas 412 são movidas a biomassa e apenas 14 utilizam resíduos domiciliares como fonte de energia.

Quadro 2. Matriz de Energia Elétrica Brasileira.

Fonte: autor, 2016.

Origem	Fonte 1	Nº de Usinas	(KW)	%
Hídrica	Potencial hidráulico	1221	92.578.860	61,290
Fóssil	Carvão mineral	22	3.612.155	2,3913
	Gás natural	149	12.429.497	8,2288
	Outros Fósseis	1	147.300	0,0975
	Petróleo	2196	10.023.693	6,6360
Biomassa	Agroindustriais	410	10.775.515	7,1338
	Biocombustíveis líquidos	2	4.350	0,0028
	Floresta	87	2.547.523	1,6865
	Resíduos animais	10	1.924	0,0012
	<i>Resíduos Sólidos Urbanos</i>	14	83.699	0,0554
Eólica	Cinética do vento	357	8.660.990	5,7339
Nuclear	Urânio	2	1.990.000	1,3174
Solar	Radiação Solar	39	22.952	0,0151
Importação	Paraguai / Argentina Venezuela / Uruguai	—	8.170.000	5,4088

TECNOLOGIAS DE QUEIMA

Atualmente, as principais tecnologias de tratamento térmico de resíduos, com aproveitamento energético são a incineração, a pirólise, a gaseificação e o plasma.

Segundo a ABNT, a incineração é o processo de oxidação a alta temperatura que destrói ou reduz o volume ou recupera os materiais ou substâncias. Ela também é chamada de *mass burn* que é um processo de combustão controlada, tendo como princípio básico a reação do oxigênio com componentes combustíveis presentes no resíduo (como carbono, hidrogênio e enxofre), em temperatura superior a 800 °C, convertendo sua energia química em calor. O processo de combustão realiza-se em forno de incineração, composto basicamente de câmara de combustão – onde os resíduos são inseridos a uma taxa de alimentação pré-definida e ocorre o processo de queima controlada e câmara de pós-combustão onde se completa a queima controlada de monóxido de carbono e substâncias orgânicas contidas nos gases procedentes da câmara de combustão.

A pirólise é um processo de decomposição térmica, na ausência de oxigênio, por fonte externa de calor, que converte a matéria orgânica em diversos subprodutos. O fracionamento das substâncias orgânicas ocorre gradualmente à medida que estas passam pelas diversas zonas de calor de um reator vertical ou horizontal: na zona de secagem, parte inicial no reator, perde a umidade e na zona pirolítica propriamente dita (pode variar de 300 °C a 1.600 °C), nesse momento ocorrem os processos de volatilização, oxidação e fusão, resultando em gases não condensáveis, compostos principalmente por nitrogênio e gás de síntese também chamado de *Syngas*.

A gaseificação é um processo termoquímico de decomposição da matéria orgânica, de fluxo contínuo ou batelada. Nesse processo ocorre a conversão da matéria-prima sólida ou líquida em gás por meio de oxidação parcial, sob a aplicação de calor. A técnica mais comum é a oxidação parcial utilizando um agente de gaseificação (oxigênio, ar ou vapor quente), em quantidades inferiores à estequiométrica (mínimo teórico para combustão), para a produção de *Syngas*.

O plasma, conhecido como “o quarto estado da matéria”, é um gás ionizado, com boa condutividade elétrica e alta viscosidade, gerado pela dissociação das moléculas de qualquer gás devido à perda de parte dos elétrons quando a temperatura de aquecimento atinge 3.000 °C. O jato de plasma é gerado e controlado em um dispositivo denominado “tocha de plasma”, no qual ocorre a formação de um arco elétrico, através da passagem de corrente entre o cátodo e ânodo, provocando a ionização do gás injetado pelo seu aquecimento a temperaturas extremamente elevadas, variando de 5.000 °C a 15.000 °C de acordo com as condições de geração. E este jato de plasma que fará oxidação térmica dos resíduos. O quadro 3 a seguir apresenta um comparativo resumido entre as vantagens e desvantagens de cada tecnologia.

Quadro 3. Matriz de Energia Elétrica Brasileira.

Fonte: adaptado de Viana, Viviane Japiassú, 2016.

	Vantagens	Desvantagens
Incineração	Destruição total da parcela orgânica dos resíduos	Gera cinzas, que devem ser corretamente dispostas de acordo com sua composição
	Tecnologia aceita pelos órgãos ambientais, desde que em instalações licenciadas	Gera emissões atmosféricas, que devem ser controladas.
Pirólise	Garantia da eficiência de tratamento, quando em perfeitas condições de funcionamento.	Custo operacional e de manutenção elevado
	Garantia da eficiência de tratamento, quando em perfeitas condições de funcionamento.	Manutenção difícil, exigindo trabalho constante de limpeza no sistema de alimentação de combustível auxiliar
Gaseificação	Grande quantidade de energia gerada	Custos altos
	Relativo baixo nível de incerteza após sua implantação	Geração de resíduos perigosos
Plasma	Possibilita a cogeração de energia, com a produção de energia elétrica, vapor e/ou frio (água gelada/ ar condicionado)	O volume de gases inicialmente gerado é mais baixo do que na combustão convencional, mas depois da combustão dos gases produzidos, é idêntico ao de outras formas de incineração
	Possibilita a cogeração de energia, com a produção de energia elétrica, vapor e/ou frio (água gelada/ ar condicionado)	O sistema não dispensa um sofisticado sistema de lavagem de gases, tal como a incineradora dedicada, nomeadamente para a retenção dos metais voláteis e dos gases ácidos

Cabe ressaltar que existem várias vantagens e desvantagens para cada processo nesse quadro foram apresentadas apenas algumas para facilitar a comparação

GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DA QUEIMA DO RESÍDUO

Coelho, Serra e Lustosa (2013), citam Davis e Cornwell (1991), que consideram eficiente o sistema de recuperação de calor para geração de energia elétrica, plantas de energia a partir do lixo podem produzir aproximadamente 600 kWh de eletricidade por tonelada de resíduo. Considerando uma instalação apenas para a produção de energia elétrica, cerca de 22% do conteúdo energético do lixo seria convertido em eletricidade para uso externo.

No caso de uma unidade de cogeração, se obteria 12% de eletricidade, mas seriam aproveitados 69% da energia do lixo na geração de calor útil. As perdas do sistema cairiam de 74% para 14% da energia total de combustão em relação a instalação que gera apenas energia elétrica, já que o sistema de cogeração reaproveita ainda mais o potencial energético de resíduos, uma vez que é utilizada a energia produzida na cogeração para seu próprio reabastecimento.

De acordo com o encarte da empresa *Steinmuller Babcock Environt*, a incineração de cerca de 2 kg de resíduos domésticos com um poder calorífico de cerca de 8 000 Kj/ kg pode produzir 1 Kwh de potência. Isso pode acender uma lâmpada de 40 watts por cerca de 25 horas.

CONSIDERAÇÕES

Ao analisar a Política Nacional de Resíduos Sólidos, lei 12.305/2010, especificamente quanto ao artigo 9º, verifica-se que existe plena viabilidade de se implantar tal tratamento no Brasil, que a tecnologia, principalmente a de incineração, mais difundida no mundo para a queima de resíduos sólidos urbanos, tem inclusive amparo legal em nosso país.

Porém, ressalta-se a importância de se atender aos demais artigos da PNRS, o ideal é que o tratamento ocorra com os resíduos e rejeitos, ou seja, iria para disposição em solo (aterro para resíduos classe I e/ou II) apenas cinzas e material proveniente dos equipamentos de controle de poluição, sendo que a cinza ainda existe a possibilidade de serem incorporadas na massa asfáltica.

Considerando o passivo ambiental que mesmo os aterros sanitários geram, a proposta de incinerar os resíduos que hoje são destinados aos aterros, mesmos os recicláveis, ainda seria uma alternativa viável.

CONCLUSÃO

Pode-se concluir que entre os processos de queima com recuperação de energia de resíduos sólidos urbanos tipo “*mass burn*” apresenta ser o mais adequado a realidade do Brasil, entretanto a escolha da alternativa tecnológica vai depender do conjunto de informações do cenário final da usina, incluindo as características finais do resíduo a ser tratado termicamente, seu acondicionamento na origem, a forma de coleta, o sistema de triagem, a classificação, porte da usina e o seu número de módulos, assim como do uso final da energia a ser gerada e da eficiência e o custo global das instalações.

Este é um empreendimento que provavelmente dependerá da formação de uma Parceria Público Privado – PPP, em função do valor do investimento, mas que se pagará com a venda de energia, tornando-se além de uma alternativa para o fim do resíduo e geração de energia uma fonte de renda.

Além de conseguir minimizar os impactos causado pela disposição inadequada dos resíduos e conseguir gerar energia o projeto ainda contribui com a redução da emissão de gases de efeito estufa e de outros gases como os óxidos nitrosos. Com o exposto acima o trabalho demonstra ter conseguido atender aos objetivos propostos como por exemplo a possibilidade de licenciamento no estado de São Paulo, neste caso o mesmo deve ser licenciado como termoelétrica, além de, se apresentar como uma área de atuação para o engenheiro ambiental e sanitário.

Observa-se que é importante desenvolver uma dinâmica para que a fiscalização da operação e manutenção deste empreendimento ocorra de forma atender a legislação e os manuais de operação para evitar possíveis impactos ambientais causados pela emissão de gases tóxicos na atmosfera.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGÊNCIA Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/livro_atlas.pdf> Acesso em 12 abr, 2016.
2. AGÊNCIA Nacional de Energia Elétrica. **Energia Hidráulica: Atlas Parte II Fontes Renováveis**. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas_par2_cap3.pdf>. Acesso em: 29 ago. 2016.
3. ASSOCIAÇÃO Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil**. Disponível em: http://www.abrelpe.org.br/panorama_apresentacao.cfm > . Acesso em: 12 abr, 2016.
4. BELO HORIZONTE. Fundação Estadual do Meio Ambiente - FEAM. **Aproveitamento energético de resíduos sólidos urbanos: guia de orientação para governos municipais de Minas Gerais**. 2012. Governo de Minas Gerais. Disponível em: <[http://www.resol.com.br/cartilhas/aproveitamento_energetico_de_rsu_gui_a_feam_\(2\).pdf](http://www.resol.com.br/cartilhas/aproveitamento_energetico_de_rsu_gui_a_feam_(2).pdf)>. Acesso em: 10 abr. 2016.
5. BRASIL. Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009. **Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC e dá outras providências**. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/112187.htm> Acesso em 12/04/2016.
6. BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. **Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente**. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.htm> Acesso em 12/04/2016.
7. BRASIL, Nações Unidas no. Acordo de Paris sobre o Clima: **Adoção do Acordo de Paris**. 2016. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/acordodeparis/>>. Acesso em: 27 jan. 2016.
8. BRASIL. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm> Acesso em 12/04/2016.
9. D'ALMEIDA, Maria Luiza Otero; VILHENA, André (Coordenação). **Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado**. 2.ed. São Paulo: IPT/CEMPRE, 2000.
10. FREIRE, Marcelo Lopes. **Estudo prévio de viabilidade econômica e energética para implantação de usina de incineração para resíduos sólidos urbanos no Brasil**. 2013. 66 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica Com ênfase em Eletrônica, Escola de Engenharia, Escola de Engenharia de São Carlos (usp), São Carlos, 2013. Cap. 5. Disponível em: <file:///C:/Users/Priscila/Downloads/Freire_Marcelo_Lopes (1).pdf>. Acesso em: 02 nov. 2016.
11. PAVAN, Maragareth de Cássia Oliveira. **Geração de energia a partir dos resíduos sólidos urbanos: avaliação e diretrizes para tecnologias potencialmente aplicáveis no Brasil**. 2010. 186 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ep/Fea / Iee / If, Programa de Pós Graduação em Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010. Disponível em: <<http://www.iee.usp.br/producao/2010/Teses/MargPavan.pdf>>. Acesso em: 16 ago. 2016.
12. PLANALTO, Palácio do. **Temer ratifica Acordo de Paris, que estabelece metas para a redução de gases de efeito estufa**. 2016. Disponível em: <<http://www2.planalto.gov.br/acompanhe-planalto/noticias/2016/09/temer-ratifica-acordo-de-paris-que-estabelece-metas-para-a-reducao-de-gases-de-efeito-estufa>>. Acesso em: 27 set. 2016.
13. PORTAL Energia. **Fontes de energia renováveis e não renováveis**. Disponível em: <<http://www.portal-energia.com/fontes-de-energia/>> Acesso em 12 abr, 2016.
14. RIO DE JANEIRO. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. (Org.). **Projeção da demanda de energia elétrica para os próximos 10 anos (2015-2024): nota técnica 03/15**. 2015. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/DEA_03-2015- Projeções da Demanda de Energia Elétrica 2015-2024.pdf>. Acesso em: 16 ago. 2016.
15. SINDICIC, Daniel Ricardo – **Gestão de resíduos sólidos no Brasil, visão crítica e propostas sustentáveis** – editora livre expressão – 1 ed SP/RJ – 2011.
16. SISTEMA Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos; Fundação Estadual do Meio Ambiente; Engenheiro Engenharia S/S Ltda. **Estudo do estado da arte e análise de viabilidade técnica, econômica e ambiental da implantação de uma usina de tratamento térmico de resíduos sólidos urbanos com geração de energia elétrica no estado de Minas Gerais**. 2º edição. Belo Horizonte, 2010