



A incineração de resíduos sólidos urbanos e a geração de energia: um estudo de caso na Usina Verde, no Rio de Janeiro (RJ).

**Nelson Paulo Martins de Queiróz Júnior¹, Andrelle Soares Dantas Faria²
Gabriela Rousi Abdón da Silva³, Marina Scarano Côrrea⁴, Luysy Krystyny
Fernandes Prata⁵.**

¹Universidade Federal do Pará (nelsondequeirozjr@gmail.com)

²Universidade Federal do Pará (delly_soares@hotmail.com)

³Universidade Federal do Pará (gabiabdón@hotmail.com)

⁴Universidade Federal do Pará (marina_sacarano@ymail.com)

⁵Universidade Federal do Pará (luysyprata@hotmail.com)

Resumo

A problemática da destinação inadequada de resíduos sólidos é evidente em diversos municípios e a busca por soluções alternativas e adequadas do ponto de vista econômico, ambiental e social é de extrema relevância. O presente trabalho utilizou como estudo de caso a Usina Verde, um empreendimento localizado nas adjacências da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e que utiliza a incineração como forma de tratamento dos resíduos sólidos urbanos. O objetivo da pesquisa foi avaliar a eficiência energética do empreendimento, a relação custo-benefício quando comparado a um aterro e, por fim, apontá-lo como alternativa adequada e sustentável de destinação e tratamento de resíduos sólidos urbanos não somente na cidade do Rio de Janeiro (RJ), mas em outros municípios brasileiros.

Palavras-chave: Incineração de resíduos sólidos urbanos. Geração de energia. Usina verde.

Área Temática: Resíduos Sólidos.

The incineration of solid urban waste and the generation of energy: a case study at the Usina Verde, in Rio de Janeiro (RJ).

Abstract

The problem of the inadequate disposal of solid waste is evident in several municipalities and the search for alternative and adequate solutions from the economic, environmental and social point of view is extremely relevant. The present work used as a case study the Usina Verde, an enterprise located in the vicinity of the Universidade Federal Rio de Janeiro (UFRJ) and that uses incineration as a form of treatment of urban solid waste. The objective of the research was to evaluate the energy efficiency of the enterprise, the cost-benefit relation when compared to a landfill and, finally, to point it as a suitable and sustainable alternative of destination and treatment of urban solid waste not only in the city of Rio de Janeiro (RJ), but in other Brazilian municipalities.

Key words: Incineration of solid urban waste. Power generation. Usina verde.

Theme Area: Solid waste.



1 Introdução

Diversas problemáticas estão ligadas ao desenvolvimento das cidades e ao crescimento populacional, como: o aumento da frota de veículos, implicando na mobilidade urbana e na emissão de poluentes; o aumento do poder aquisitivo das pessoas, relacionado com o consumismo e a produção de resíduos sólidos em larga escala; as desigualdades sociais, implicando no surgimento de periferias e moradias ausentes de serviços de saneamento básico, entre outras. Estas consequências são difíceis de serem combatidas ou remediadas, portanto, cabe à sociedade adotar medidas que visem à melhoria da qualidade de vida da população e à proteção do meio ambiente.

Os resíduos sólidos gerados nas cidades brasileiras e em localidades de diferentes países, ainda são um problema. Em países ricos que geram maiores quantidades de resíduos, existe mais capacidade de equacionamento da gestão, por um somatório de fatores que incluem recursos econômicos, preocupação ambiental da população e desenvolvimento tecnológico (JACOBI & BESSEN, 2011).

O cenário de gestão de resíduos sólidos urbanos no Brasil está passando por mudanças nos últimos anos, sobretudo após a aprovação da Política Nacional de Resíduos Sólidos, instituída pela Lei Federal nº 12.305, de 02 de agosto de 2010 (BRASIL, 2010). Nela, estão estabelecidas as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, as responsabilidades dos geradores e do poder público e os instrumentos econômicos aplicáveis, tendo assimilado conceitos vigentes em países desenvolvidos, particularmente na Europa.

A geração em larga escala de resíduos sólidos urbanos é preocupante, pois estes necessitam de destinação ambientalmente adequada. Segundo dados disponibilizados no “Panorama dos resíduos sólidos no Brasil” pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), no ano de 2013, eram geradas 209.280 toneladas de RSU por dia no país, enquanto que em 2014, foram gerados 215.297 t/dia. O aumento na geração de RSU anual foi de 2,9%, enquanto que a taxa de crescimento populacional no mesmo período foi 0,9%. Quando analisamos o estado do Pará, em 2013, foram geradas 6.813 toneladas por dia, e no ano de 2014, 6.944 t/dia. Ou seja, a geração não está ligada apenas ao número de habitantes de uma localidade, mas também ao modo de vida e poder aquisitivo desta população.

A destinação de RSU mundo afora geralmente é feita em lixões, aterros controlados e aterros sanitários. Esses últimos são os mais adequados quando comparados com os outros dois, pois contam com tratamento de gases, impermeabilização do solo e recobrimento diário, evitando assim a proliferação de vetores e reduzindo o odor. Porém, diversos países, principalmente do continente europeu, adotam medidas alternativas aos aterros, de maneira a diminuir a quantidade de resíduos que seriam destinadas em aterros. Algumas destas medidas ainda contam com a possibilidade de gerar energia elétrica, como é o caso da incineração, que aproveita o potencial calorífico presente no lixo urbano para uso de combustível.

Países que adotam o processo de reciclagem energética, além de criar novas matrizes de energia, conseguem reduzir significativamente o volume de seus resíduos (95% o volume inicial e de 85 a 90% seu peso), o que representa extrema vantagem para municípios com problemas de área disponível para a destinação de lixo urbano. Na Europa, boa parte dos países praticam em níveis diferentes essa forma de eliminação de resíduos, sendo que a França se destaca com um parque de quase 150 incineradores, gerenciados integralmente ou parcialmente pelo setor privado.

No Brasil, embora muitos municípios ainda precisem resolver problemas básicos na gestão de resíduos sólidos, como aumento na abrangência e eficiência da coleta, adequação do local de disposição final de resíduos e/ou implantação de sistemas de coleta seletiva, existem



6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

aqueles, sobretudo cidades de grande porte e com maior disponibilidade de recursos financeiros e tecnológicos, que já se encontram em situação mais bem estruturada nessa área e que começam a buscar tecnologias mais avançadas de tratamento de resíduos.

O presente trabalho tem como objetivo apresentar dados relevantes relativos à prática da incineração de resíduos sólidos urbanos e a geração de energia, realizando um estudo de caso da Usina Verde, no Rio de Janeiro (RJ), buscando avaliar a tecnologia adotada e visando a evolução do setor de resíduos no país.

2 Materiais e métodos

Foram consultadas fontes primárias e secundárias acerca da temática em questão, com o intuito de compreender a prática da incineração, a geração de energia a partir de resíduos sólidos, bem como o funcionamento da Usina Verde, a eficiência energética do empreendimento e a sua relação custo-benefício (quando comparada com aterros). Foram consultados artigos, dissertações e estatísticas de empresas e instituições renomadas na área, de forma a auxiliar e contribuir no desenvolvimento da pesquisa e comprovação da relevância desta.

Utilizou-se como estudo de caso a empresa Usina Verde S/A, que em parceria com a COPPETEC (Fundação de Coordenação de Projetos, Pesquisas e Estudos Tecnológicos) da COPPE/UFRJ, desenvolveu uma estação piloto que permite a triagem, tratamento térmico e geração de energia elétrica a partir dos resíduos sólidos urbanos, que antes eram destinados ao Aterro Sanitário de Gramacho, no Rio de Janeiro.

A estação piloto fica localizada na cidade do Rio de Janeiro (RJ), nas adjacências do Campus Fundão da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), ocupando uma área de 5000 m² e com capacidade para tratar 30 toneladas diárias de lixo.

Figura 1: Localização da Usina Verde, na Ilha do Fundão (RJ).



Fonte: Usina Verde.

A Usina Verde é pioneira, no Brasil, no desenvolvimento de tecnologia para a implantação de Usinas de Recuperação Energética (URE) de resíduos sólidos, sendo detentora



6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

de patentes referentes ao processo de incineração de resíduos e tratamento de gases de combustão registradas no Brasil e no exterior. Sua Licença de Operação (LO) incorpora o compromisso da empresa com a constante inovação e a exaustiva comprovação das melhorias desenvolvidas, mantendo parcerias técnicas e comerciais para o desenvolvimento, consolidação e colocação de sua tecnologia no mercado.

Dentre os principais frutos deste trabalho, destaca-se a comprovação da solução Usina Verde como sendo economicamente competitiva, ambientalmente segura, socialmente justa e testada com resíduos sólidos brasileiros. Este conjunto de fatores transformou o nome da empresa em sinônimo de recuperação energética de resíduos sólidos no Brasil.

A solução Usina Verde, aplicada em sua unidade na Ilha do Fundão, é ambientalmente superior às demais existentes no mercado de destinação de resíduos, pois reduz drasticamente o passivo de rejeitos a serem dispostos em aterros sanitários, e ainda recupera energia dos resíduos tratados.

3 Resultados e discussões

Os países da Europa são uns dos maiores difusores de tecnologias de tratamento de resíduos sólidos urbanos. Como formas de tratamento e destino final dos resíduos sólidos urbanos na União Européia, no ano de 2012, registrou-se que 27% dos resíduos eram encaminhados para reciclagem, 15% para compostagem, 24% para incineração e 34% destinados para aterros sanitários (EUROSTAT, 2014b).

Mesmo com a preocupação da comunidade internacional com a qualidade do meio ambiente, o que acontece na maioria das vezes é um desenvolvimento não sustentável na gestão dos resíduos sólidos municipais. Os métodos para a coleta, transporte e depósito dos resíduos sólidos nem sempre levam em conta as consequências que o mau uso e o tratamento inadequado deles podem acarretar no meio ambiente (SIMONETO & LÖBLER, 2013).

As primeiras usinas de reciclagem energética são datadas de 1980, com implantação em países como EUA, Japão e alguns da Europa (CORNIERI, 2011). Atualmente, a tecnologia encontra-se instalada em mais de 30 países, processando uma média de 150 milhões de toneladas/ano de resíduos sólidos, em mais de 850 Unidades de Recuperação Energética (URE) ao redor do mundo (Portal do meio ambiente, 2010).

O sistema utilizado na Usina Verde, desenvolvido totalmente com tecnologias nacionais, se baseia em métodos já bastante difundidos na Europa para tratamento térmico de resíduos sólidos urbanos com recuperação de energia, porém com um custo até 50% menor do que os métodos importados. Desta forma, é possível tratar os resíduos, diminuindo seu volume e peso (em cerca de 90%) e ainda produzir energia equivalente ao necessário para alimentar uma comunidade de 13.300 residências (considerando-se um consumo médio residencial de 140KWh/mês e um módulo de tratamento de 150ton/dia de Resíduos Sólidos Urbanos – USINAVERDE – Módulos Comerciais).

Segundo dados do Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2015, disponibilizado pela Empresa de Energia Elétrica (EPE), o consumo residencial médio no estado do Pará em 2014 foi de 141,7 KWh/mês. No estado do Rio de Janeiro, o consumo residencial médio foi de 185,4 KWh/mês. Já a média nacional foi de 167,2 KWh/mês. Ou seja, o valor médio de consumo residencial adotado pelo sistema está próximo da média nacional.

Inicialmente, a Usina Verde operava com os resíduos coletados apenas no campus da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Porém, com o desenvolvimento do projeto e das tecnologias, passou a operar tratando também parte dos RSU da cidade do Rio de Janeiro, alcançando uma geração de 440KWh/dia, que são consumidos no próprio Centro Tecnológico Usina Verde, através do tratamento de 30 toneladas de lixo/dia.



3.1 Etapas de funcionamento da Usina Verde

Os resíduos sólidos coletados são encaminhados para uma central de triagem, onde ocorre a separação manual da parcela reciclável dos resíduos (garrafas pet, vidros, papelão, papel, latas de alumínio, etc). Os resíduos não recicláveis e os recicláveis que estejam contaminados com matéria orgânica são encaminhados para o tratamento térmico, enquanto que os recicláveis são vendidos e o dinheiro usado para remunerar os catadores que podem ser organizados em uma cooperativa.

A parte não reciclável, que normalmente seria enterrada em um aterro sanitário, passa por um processo de Trituração, transformando-se no CDR (combustível derivado de resíduos), que pode ser armazenado em silos e, aos poucos, alimentar a Usina Verde.

O CDR armazenado nos silos é encaminhado até o forno que realiza a queima em uma temperatura de 950° C. Os gases provenientes da queima dos resíduos são oxidados na câmara de pós-queima a uma temperatura de 1050° C e as cinzas são encaminhadas para um decantador.

Após serem oxidados na câmara de pós-queima, os gases são levados até uma caldeira de recuperação, onde serão transformados em vapor a 420° C e a 45 Bar. Este vapor aciona um turbo-gerador com potência efetiva de 3,2 MW, gerando aproximadamente 0,6 MW de energia elétrica por tonelada de resíduo tratado.

Os gases que saem da caldeira de recuperação são lavados em duas etapas: uso de “spray jets”, onde ocorre a lavagem e redução de temperatura; e polimento dos gases, onde os gases resfriados são forçados a passar por “barreiras” de solução de lavagem criadas por hélices turbinadas existentes no interior dos lavadores. Essas duas etapas são realizadas em um sistema fechado, onde não há geração de efluente líquido. A solução que sai dos lavadores é recolhida no tanque de decantação, onde é neutralizada pelas próprias cinzas do processo e posterior decantação dos sais, retornando ao processo de lavagem.

Os sais decantados (principalmente cálcio e potássio) e o material inerte, que representam 8% do peso dos resíduos tratados, podem ser descartados em aterro para materiais Classe II B (inertes) ou serem utilizados como componentes na confecção de tijolos e blocos cerâmicos. Um módulo de 150 ton/dia gera material suficiente para produção de 1500 tijolos por dia, correspondentes à construção de uma casa de 50 m².

Os gases já tratados são expelidos por uma chaminé, atendendo aos limites de emissão de gases na atmosfera. No Brasil, as práticas de incineração são normatizadas através das resoluções CONAMA nº 316 e nº 358, que dispõem respectivamente sobre os procedimentos e critérios para o funcionamento de sistemas de tratamento térmico de resíduos e sua aplicação para resíduos da saúde. A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) através da NBR 11157 traz definições e padrões para análise de desempenho do incinerador, padrão de emissão, de material particulado, inspeção, análise do resíduo (tendo como base a NBR 14.0004), plano de disposição de resíduos da queima, e etc.

3.2 Relação custo x benefício

Com intuito de viabilizar o empreendimento para empresas e municípios, a Usina Verde, que tem como objetivo licenciar sua tecnologia patenteada para os empreendedores, sugere a adoção de módulos com capacidade para o tratamento térmico de 150 ton/dia de lixo, com uma geração efetiva de energia elétrica de 3,2 MWh, dos quais 2,6 MWh estariam disponíveis para exportação (venda ou fornecimento externo).

O módulo, que ocuparia uma área de 12.000 m², é dimensionado de forma a tornar os custos da destinação final para o município, semelhantes ao de um Aterro Sanitário. No entanto, a alternativa só é viável para municípios com população acima de 180 mil habitantes ou então no caso de um consórcio de municípios, já que é necessário considerar a quantidade



6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

de resíduos gerados. No Quadro 1, é apresentado um comparativo entre as áreas do modelo proposto pela Usina Verde, do Lixão do Aurá e da Central de Processamento e Tratamento de Resíduos Classe II de Marituba (os dois últimos localizados no Pará).

Quadro 1 – Comparativo entre as áreas dos empreendimentos

Empreendimento	Área utilizada (ha)
Usina Verde	1,2
Lixão do Aurá	130
CPTR Marituba	110

Fonte: Elaborado por autor (2017).

Embora o custo inicial para implantação de um aterro sanitário seja expressivamente menor que o de uma Usina Verde, o aterro, além de exigir maior área para sua instalação e por se localizar obrigatoriamente distante dos locais de geração de lixo, apresenta custo operacional bem mais elevado o que ainda é influenciado pela necessidade de tratamento do chorume. Além disso, a vida útil de um aterro é limitada e após o esgotamento da área, ainda deve ser iniciado o processo de construção de um novo aterro em um novo local. Nesse caso, haverá ainda, quando da desativação do aterro, os custos com a recuperação do local (arborização, transformação em parque ou outro fim) e monitoramento por no mínimo 20 anos do aterro desativado para controle das emissões atmosféricas e de chorume que ainda ocorrerão. Já no caso da Usina Verde, não há limite para sua vida útil se realizadas as manutenções preventivas e eventuais reparos.

Ainda assim, os custos ainda são altos. Enquanto que a implantação de um aterro sanitário gira em torno de R\$9,00 por habitante, os custos de implantação da Usina Verde (aprox. R\$37 milhões) ficam em torno de R\$200,00. Mas existem meios de diminuir essa diferença.

Além de haver um retorno do investimento em sete anos em média (que pode ser conseguido com a venda do excedente de energia elétrica gerada) e não haver um limite para a vida útil da usina desde que sejam feitas as manutenções preventivas (o que não acontece com os aterros), ainda há a possibilidade da geração e comercialização dos chamados créditos de carbono. Isso porque a Usina Verde previne a emissão do metano

que seria exalado na decomposição dos materiais orgânicos em um aterro. Outra forma de ganho é a possibilidade de recepção pelo município de benefícios fiscais vindos do Estado.

Em Minas Gerais, por exemplo, e em mais 12 Estados Brasileiros, existe o chamado ICMS Ecológico, que se constitui de um incentivo financeiro para municípios que desenvolvem ações de preservação ambiental. Em alguns deles, a exemplo de Minas Gerais, é repassada uma parcela do ICMS arrecadado no Estado para cidades que tenham investido na destinação/tratamento dos resíduos sólidos urbanos (uma das medidas de saneamento básico), o que é o caso da Usina Verde. No estado do Pará, já existe o ICMS Ecológico, porém ele ainda não contempla cidades que invistam na destinação e tratamento de RSU.

O ICMS é o Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços. É o principal imposto estadual arrecadado, onde 75% do valor fica para o Estado e 25% é destinado aos municípios. Com a Lei Estadual nº 7.638/2012, que instituiu o ICMS Ecológico, dos 25% destinados aos municípios, 8% será distribuído de acordo com critérios ecológicos (unidades de conservação e outras áreas protegidas, combate ao desmatamento, estoque mínimo de cobertura vegetal, área cadastrável no Cadastro Ambiental Rural).

Outro fator importante é que a Usina Verde não possui restrições de localização, uma vez que não há emissão de odores, nem contaminação do solo ou do lençol freático, além de praticamente não haver geração de resíduos no processo. As cinzas liberadas após o



6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

tratamento térmico dos RSU ainda podem ser utilizadas pela indústria da construção civil na confecção de tijolos e o tratamento dos gases é feito em um sistema fechado, o que evita a geração de efluentes líquidos.

Ao comparar a eficiência energética, a geração de energia na Usina Verde é muito mais eficiente do que em um aterro. De acordo com Dilma Pena, presidente da SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo), enquanto uma usina de conversão térmica de resíduos consegue converter uma tonelada de RSU em 520KWh, a mesma quantidade de resíduos em um aterro rende apenas 20KWh (uma diferença de 26 vezes).

Quando analisamos os impactos ambientais, no aterro sanitário, os resíduos ficam enterrados durante muitos anos até que enfim se decomponham. Durante esse processo, são gerados diversos tipos de gases, como o metano, e um líquido tóxico, o chorume. O chorume deverá ser tratado em um sistema à parte (Estação de Tratamento de Efluente) e os gases se não forem queimados, como é feito usualmente, para conversão do metano em dióxido de carbono, podem ser usados para gerar energia. O problema é que nem todo gás produzido pelo aterro pode ser capturado e convertido em energia, uma parte dele sempre escapa para a atmosfera, causando danos a camada de ozônio.

Ainda há de se considerar o potencial de geração de créditos de carbono da Usina Verde, que é bem maior que o de um aterro sanitário. Isso porque a quantidade de créditos de carbono criada por um projeto de MDL (Mecanismo de Desenvolvimento Limpo) é calculada levando-se em conta a redução na emissão de GEE (Gases de Efeito Estufa) alcançada por um projeto menos a quantidade de GEE que serão emitidos pelo próprio projeto. Sendo assim, um aterro sanitário que trata a mesma quantidade de RSU que uma Usina Verde, conseguirá menos crédito de carbono que a usina pelo simples fato de que o aterro irá emitir durante sua vida útil alguma quantidade de GEE, enquanto que a usina não emite, por operar em sistema fechado.

4 Conclusão

A redução da quantidade de resíduos sólidos urbanos é uma realidade necessária para implantação imediata. Muitos são os projetos, ideias e proposições, porém a aplicação prática é limitada por ações diversas de políticas e de opiniões divergentes de diversos segmentos da população.

O processo de incineração é recomendado pelo IPCC (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas) da Organização das Nações Unidas (ONU) para destinação final de lixo urbano não reciclável. A incineração do lixo urbano também possibilita a recuperação energética dos materiais orgânicos e fibrosos presentes no lixo urbano.

A incineração pode ser ambientalmente correta e aliada na proteção do meio ambiente, desde que as plantas sejam operadas por equipes qualificadas e treinadas, e sejam monitoradas/acompanhadas pela comunidade e pelos agentes ambientais, públicos e privados.

Desta forma, a Usina Verde solidifica-se como uma alternativa ambientalmente correta, economicamente viável e socialmente recomendável, atendendo aos princípios da sustentabilidade, tendo em vista que a técnica da incineração, aliada ao controle de emissões, é de extrema significância.

A Usina Verde surge com a pretensão de remediar ou reduzir a problemática da destinação de resíduos sólidos urbanos em lixões e até mesmo em aterros, pois estes devem ser instalados em localidades afastadas dos centros urbanos devido ao mau cheiro, o que implica no custo total do processo, enquanto que a Usina verde pode operar próximo aos centros urbanos, reduzindo os custos de coleta e transporte do lixo para os aterros sanitários longínquos.



Referências

CORNieri, M. **Programa municipal de coleta seletiva de resíduos sólidos urbanos em Santo André – SP : um estudo a partir do ciclo da política (policy cycle).** São Paulo: USP, 2011;

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2015.** Ministério de Minas e Energia. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/AnuarioEstatisticodeEnergiaEletrica/Anu%C3%A1rio%20Estat%C3%ADstico%20de%20Energia%20El%C3%A9trica%202015.pdf>>. Acesso em 12 out 2017.

EUROSTAT – ENVIRONMENTAL DATA CENTRE ON WASTE. (2014b) **Eurostat News Release no 48/2014.** Disponível em: <<http://ec.europa.eu/eurostat/documents/3217494/5760825/KS-CD-12-001-EN.PDF>>. Acesso em 13 out 2017.

JACOBI, P. R & BESSEN, G. R. **Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade.** Estudos Avançados, São Paulo, vol. 25, n. 71, p. 135-158, jan./abr. 2011.

MORGADO, T.C. FERREIRA, O. M. **Incineração de resíduos sólidos urbanos, aproveitamento na co-geração de energia: estudo para a Região Metropolitana de Goiânia.** Disponível em: <http://web-resol.org/textos/incineracao_de_residuos_solidos_urbanos,.pdf>. Acesso em 13 out 2017.

OLIVEIRA, A. C. **ICSM Ecológico e desenvolvimento: análise dos estados de Rondônia, Tocantins, Ceará e Pará.** Dissertação apresentada ao programa de Pós- Graduação Stricto-Sensu em Direito do Centro Universitário do Estado do Pará. Belém, 2014. Disponível em: <<http://www.cesupa.br/MestradoDireito/dissertacoes/Adriano%20Carvalho%20ICMS%20ECOL%C3%93GICO%20E%20DESENVOLVIMENTO%20%20AN%C3%81LISE%20DOS%20ESTADOS%20DE%20RO.pdf>>. Acesso em 12 out 2017.

REDE BRASILEIRA DE INFORMAÇÃO AMBIENTAL (REBIA). **Portal do meio ambiente 2010.** Disponível em: <<http://www.portaldomeioambiente.org.br/sustentabilidade/5456-plastivida-discute-os-mitos-e-fatos-sobre-a-reciclagem-energetica>>. Acesso em 10 out 2017.

SIMONETTO, E. O & LÖBLER, M. L. **Simulação baseada em system dynamics para avaliação de cenários sobre geração e disposição de resíduos sólidos urbanos.** Produção, Santa Maria, vol.-, n.-, p. 0-0, ahead of print Epub, jul. 2013.