



**Oferta e Demanda de Energia – o papel da tecnologia da
informação na integração dos recursos
26 a 28 de setembro de 2016
Gramado – RS**

Análise Técnica E Regulatória Da Geração De Energia A Partir Do Biogás De Aterros Sanitários Localizados No Espírito Santo

Juçara De Jesus Monteiro De Galiza

Adriana Fiorotti Campos

Renato Ribeiro Siman

RESUMO

A utilização de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) para a geração de energia apresenta-se como uma importante opção para diversificar a matriz energética brasileira, além de contribuir para reduzir o impacto dos resíduos sólidos no meio ambiente, gerando vários benefícios municipais. Assim, este estudo objetivou verificar o potencial de geração de biogás nos aterros sanitários do Estado do Espírito Santo (Brasil) e o seu potencial energético para geração de energia elétrica e biometano. Adicionalmente, foram verificados os possíveis entraves regulatórios à comercialização e uso deste recurso, o que inibiria o desenvolvimento deste mercado no Brasil e, especialmente, no Espírito Santo. Esta pesquisa possui a metodologia sequencial de uma pesquisa convergente de métodos mistos que consiste em duas fases distintas: quantitativa e qualitativa. Utilizou-se na fase quantitativa a coleta de informações em aterros sanitários para inserção de dados no modelo LandGEM, recomendado pela USEPA (2005); em seguida, aplicou-se o *software* LandGEM, versão 3.02, para previsão do potencial de geração de biogás no Espírito Santo. Na fase qualitativa utilizou-se pesquisa documental (leitura e análise de Leis, Portarias, Normas, Resoluções, etc.), além de pesquisa bibliográfica. Os resultados indicam que a estimativa de geração de biogás nos aterros do Estado até o ano de 2030 pode chegar a 3 bilhões de m³, capaz de

produzir cerca de $3,75 \times 10^6$ MWh de energia, o suficiente para abastecer mensalmente em média 138.819 residências no Espírito Santo consumindo 150 kWh/mês. Apesar do potencial interessante, problemas regulatórios setoriais podem influenciar de forma negativa a utilização deste recurso energético. Como exemplo, tem-se, para o caso de injeção de biometano na rede de gás natural (GN), a dificuldade de padronização do biogás e, conseqüentemente, a aplicação de seu uso apenas em caráter experimental, conforme Resolução ANP n° 21/2016.

Palavras-chave: Biogás, Biometano, Recuperação, Regulação.

ABSTRACT

The use of Solid Urban Waste (SUW) for generating energy is an important choice for diversifying the Brazilian energetic matrix and reducing the impact of solid waste on the environment. The aim of this study was verify the potential for generating biogas at Espírito Santo's landfills; energy potential for originating electric energy and bio methane and to indicate regulations for its use. The methodology involved collecting information at the landfills to be inserted at Model Land GEM, version 3.02, recommended by USEPA (2005) aiming to estimate biogas generation in Espírito Santo. The result was utilized to foresee the energetic use under various ways. The study researched the laws, rules and regulations from EPE's (Energy Research Company) manuals, ANEEL's (Electric Energy National Agency) manuals as well as books, articles, thesis and dissertations. The quantity results indicate that the estimate of biogas generation in state landfills by the year 2030 may reach 3 billion m^3 , capable of producing about 3.75×10^6 MWh of energy, enough to power 138,819 homes each month on average in the Spirit Holy consuming 150 kWh / month. Despite the interesting potential, sectoral regulatory problems can negatively impact the use of this energy resource. As an example, in the case of biomethane injection into the natural gas network (GN), there is a lack of standardization of biogas and consequently the application of its use only on a trial basis, as ANP Resolution No. 21/2016.

Keywords: Biogas, Biomethane, Recovery, Regulamentary.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil caracteriza-se por apresentar uma matriz energética “limpa” e com capacidade natural para a produção de energia a partir de fontes alternativas, como a biomassa de resíduos. A utilização de fontes alternativas renováveis e não convencionais envolve dois objetivos estratégicos principais: incentivar a busca de soluções limpas e sustentáveis e diminuir os custos de produção de energia. A utilização de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) para a geração de energia, prevista na Proposta do Plano Nacional de Energia de 2030, apresenta-se como uma importante opção para diversificar a matriz energética brasileira, além de contribuir para reduzir o problema dos resíduos sólidos nos centros urbanos, gerando vários benefícios municipais.

De acordo com as Informações Gerenciais da ANEEL (2015), as usinas termelétricas que utilizam a biomassa de resíduos para produzir energia dividem-se em Resíduos Animais e Resíduos Sólidos Urbanos. Ambas somam um total de 22 usinas no Brasil com capacidade para gerar 64.398 kW. Apesar da maior produção de energia ser proveniente de usinas agroindustriais que utilizam o bagaço da cana (25,9% do total), o biogás de RSU é percebido como um potencial componente da matriz energética do Brasil, representando ainda 0,2% do total de produção das usinas.

Os resultados obtidos com o processo de reaproveitamento dos RSU para geração de energia são basicamente: o biogás gerado nos aterros sanitários; o biometano (biogás de aterro purificado), cuja utilização pode substituir ou complementar o gás natural; a geração de energia elétrica a partir da queima do biogás ou valorização energética; e a energia térmica em forma de calor (EPE, 2014b). Estas variadas formas de utilização da energia a partir do biogás de RSU já apresentam tecnologias consolidadas, mas muito pouco empregadas de fato. Assim, esta pesquisa concentrará foco na avaliação do potencial de utilização dos RSU para a geração de energia elétrica e combustível (biometano) analisando-se as variáveis técnicas, econômicas e aquelas sob influência de regulação específica.

Nesse contexto, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (instituída pela Lei nº 12.305/2010) é clara, quando diz que só poderão ser utilizadas tecnologias visando à recuperação energética dos RSU quando comprovada sua viabilidade técnica e ambiental, além da existência de um programa de monitoramento de emissão de gases tóxicos. Assim, este estudo objetivou verificar o potencial de geração de biogás nos aterros sanitários do Estado do Espírito Santo (Brasil) e o

seu potencial energético para geração de energia elétrica e Biometano, além de indicar a regulação para sua utilização no Brasil.

2. METODOLOGIA

A metodologia desta pesquisa segue uma modelagem que utiliza tanto o método quantitativo quanto o qualitativo. O primeiro método foi utilizado para verificação e análise do potencial de geração de biogás nos principais aterros sanitários do Espírito Santo (CTRVV, Marca Ambiental e Brasil Ambiental), e determinação do seu potencial energético por meio da aplicação do modelo LandGEM (versão 3.02). Já o método qualitativo, foi empregado para realizar a análise documental e bibliográfica da regulação que envolve os setores de resíduos, gás e energia elétrica. Portanto, esta pesquisa segue a lógica sequencial de um projeto convergente de métodos mistos que consiste em duas fases distintas: quantitativa e qualitativa, conforme sugerido por Creswell e Clark (2013).

3. RESULTADOS

3.1 Resultados Quantitativos

Por meio da aplicação do modelo LandGEM, no primeiro momento, considerou-se os aterros Marca Ambiental, CTRVV e Brasil Ambiental, em seguida, considerou-se o encerramento destes e inserção na divisão regional do Projeto “Espírito Santo sem Lixão”, abrangendo a totalidade dos resíduos no Estado. Os resultados revelam que a recuperação de biogás estimada nos aterros da região do ano de 2016 até 2030 pode chegar a 3 bilhões de m³ (descontando perdas na superfície e captação)¹, o equivalente a 3,75x10⁶ MWh. Na Figura 1 e na Tabela 1, apresentam-se esses resultados.

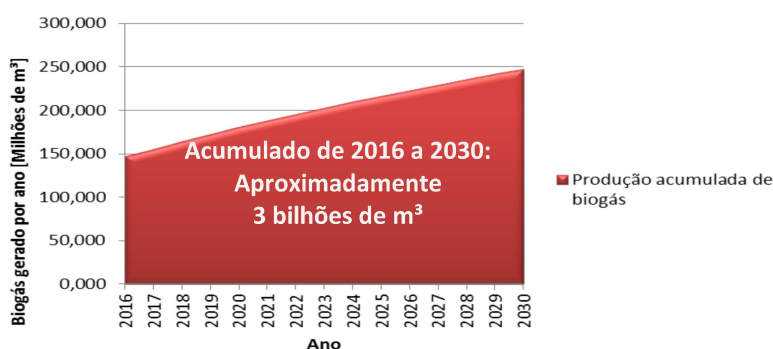


Figura 1 – Geração de biogás projetada no Espírito Santo.

¹ Considerando aproveitamento máximo de 75% na coleta de biogás e 42% de eficiência máxima dos motores.

Na Tabela 1, apresenta-se um sumário dos valores de biogás e metano gerados por ano e seus respectivos valores em MWh/ano e kWh/mês. O número de residências corresponde à media mensal atendida ao longo desse tempo (2016 a 2030).

Tabela 1 – Taxas de geração de biogás de 2016 a 2030

Ano	biogás gerado [Milhões de m ³ /ano]	Metano gerado [Milhões de m ³ /ano]	MWh/ano	kwh/mês	nº de residências consumindo 150 kWh/mês EPE (2014)
2016	146,468	80,558	182.457,864	15.204.821,962	101.365,480
2017	155,408	85,475	193.594,778	16.132.898,183	107.552,655
2018	164,020	90,211	204.322,163	17.026.846,925	113.512,313
2019	172,321	94,776	214.662,820	17.888.568,323	119.257,122
2020	180,329	99,181	224.638,614	18.719.884,465	124.799,230
2021	188,061	103,433	234.270,432	19.522.536,022	130.150,240
2022	195,533	107,543	243.578,167	20.298.180,617	135.321,204
2023	202,759	111,518	252.580,711	21.048.392,577	140.322,617
2024	209,756	115,366	261.295,965	21.774.663,750	145.164,425
2025	216,535	119,094	269.740,862	22.478.405,135	149.856,034
2026	223,110	122,710	277.931,389	23.160.949,117	154.406,327
2027	229,493	126,221	285.882,626	23.823.552,145	158.823,681
2028	235,695	129,632	293.608,773	24.467.397,714	163.115,985
2029	241,727	132,950	301.123,195	25.093.599,552	167.290,664
2030	247,599	136,180	308.438,459	25.703.204,908	171.354,699
TOTAL(15 anos):	3.008,813	1.654,847	3.748.126,817	-	-
MÉDIA MENSAL:	-	-	-	20.822.926,760	138.819,512

3.2 Resultados Qualitativos

No Brasil, a Constituição Federal/1988 instituiu como competência dos Municípios legislar e organizar os serviços públicos locais, que é o caso da limpeza urbana. Nesse sentido, instrumentos legais importantes para o setor passaram a nortear ações em cada nível do governo. O principal instrumento até então foi a criação da PNRS (Lei nº 12.305/2010), pois sua aprovação constitui o reinício de importantes iniciativas para o setor de resíduos sólidos no país. Dentro das possibilidades, têm-se a recuperação energética (MAIER; OLIVEIRA; 2014). Sabe-se que existem formas variadas para a utilização da energia gerada a partir do biogás de RSU, mas esta pesquisa concentrou-se na utilização para energia elétrica

e combustível (biometano). E para ambas finalidades, tanto energia elétrica como combustível, existem um mercado em que operam diversos atores, sob influência de regulação específica – ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) e ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis). As possibilidades regulatórias brasileiras aplicadas aos RSU e à geração de energia a partir destes resíduos estão resumidas no Quadro 1.

Quadro 1 – Legislação Brasileira aplicada aos RSU *versus* Energia

ARCABOUÇO LEGAL	FUNDAMENTAÇÃO
Lei nº 12.305/2010	Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 e dá outras providências.
Decreto nº 7.404/2010	Regulamenta a Lei nº 12.305/2010 e dá outras providências.
Decreto nº 5.163/2004	Regulamenta a comercialização de energia elétrica, o processo de outorga de concessões e de autorizações de geração de energia elétrica, e dá outras providências.
Decreto nº 2.003/1996	Regulamenta a produção de energia elétrica por Produtor Independente e por Autoprodutor e dá outras providências.
NT ¹ EPE nº 16/2014	Apresenta a análise e identificação dos potenciais econômicos, dos custos das energias e mercados competitivos dos RSU.
NT ¹ EPE nº 18/2014	Analisa as principais questões da disponibilidade e caracterização dos RSU, as condições técnicas para aproveitamento energético e mapeamento do potencial de aproveitamento energético destes.
R ² ANEEL nº 271/2007	Estabelece redução das tarifas de uso dos sistemas elétricos de transmissão e de distribuição, para empreendimentos hidroelétricos e aqueles com base em fonte solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada, cuja potência injetada seja menor ou igual a 30.000 Kw.
R ² ANEEL nº 482/2012	Estabelece condições gerais para o acesso de microgeração e minigerção distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e outras providências.
R ² ANEEL nº 687/2015	Altera a Resolução Normativa nº 482/2012, e os Módulos 1 e 3 dos Procedimentos de Distribuição – PRODIST.
R ² ANP nº 8/2015	Resolução que estabelece a especificação do biometano, orienta sobre a aplicação e uso do biometano oriundo de produtos e resíduos orgânicos agrossilvopastoris e comerciais destinado ao uso veicular (GNV) e às instalações residenciais e comerciais.
R ² ANP nº 21/2016	Resolução que estabelece regras para os agentes envolvidos no uso de combustível experimental e suas misturas com combustíveis ou biocombustíveis especificados.
NT ¹ EPE nº 0043/2010	apresenta os principais instrumentos regulatórios utilizados no Brasil e utros

	países para a geração distribuída de pequeno porte, a partir de fontes renováveis de energia.
NT ¹ n° 132/2013/-SBQ-RJ	Estas Notas Técnica têm por objetivo consolidar as informações obtidas pelo Grupo de Trabalho (GT) sobre a regulamentação do biometano.
NT ¹ n° 157/2014/SBQ/RJ	

Notas: 1. Nota Técnica (NT). 2. Resolução (R).

A regulação relativa às possibilidades de geração de energia elétrica inicia-se com a Nota Técnica DEA/EPE n° 16/2014, relativa ao aproveitamento energético dos RSU. Esta nota apresenta as possibilidades de comercialização do biogás para geração de energia elétrica resumidas em três alternativas: (1) Venda no Mercado Livre²; (2) Autoprodução³; e (3) Sistema de Compensação (*Net Metering*)⁴, cada qual com sua influência regulatória.⁵

Com relação ao biometano, apesar dos agentes regulatórios, ainda há aspectos que podem causar conflitos. Como exemplo, pode-se citar a Resolução ANP n° 8/2015, que trata da especificação do biometano, e proíbe a utilização comercial do produto originado de resíduos sólidos urbanos ou de esgotamento sanitário e permite o uso apenas de resíduos orgânicos de atividades da agroindústria, o que limita o comércio do produto e causa um problema regulatório entre Estado e União, uma vez que existem legislações anteriores, como a Lei Estadual n° 6.361/2012, que permite o uso do biometano compatível com o Gás Natural Renovável (GNR) no Rio de Janeiro. O Grupo Técnico (GT) da ANP⁶ esclarece que o motivo das limitações é que o biogás proveniente de aterros sanitários e tratamento de esgoto pode conter compostos voláteis, como os siloxanos, que são contaminantes e podem afetar negativamente alguns usos do

² Segundo a EPE (2014a, p.22), "esta opção [venda no mercado livre] abre uma janela de oportunidade de competição com valores de tarifas de consumidores finais, que são bem superiores aos valores praticados nos leilões." É uma opção regulatória disposta na Resolução Normativa da ANEEL n° 271/2007, que também permite oportunidades na geração distribuída.

³ A segunda alternativa de comercialização do biogás emerge com a figura do produtor independente de energia (PIE), com as mesmas características da venda no mercado livre, porém com mais vantagem devido à exclusão de tributos que afetam os preços finais de energia elétrica. Esta opção é regulamentada pelo Decreto n° 2.003/1996.

⁴ A contratação via Sistema de Compensação de Energia ou *Net Metering* consiste na adoção do sistema de medição líquida da energia injetada na rede de distribuição, descontado o consumo, e utilização desse crédito no abatimento da fatura nos meses posteriores, conforme disposto na Nota Técnica ANEEL n° 0043/2010.

⁵ No novo modelo do mercado elétrico as regras do comércio de energia são definidas pelo Decreto n° 5.163/2004, além da Resolução Normativa da ANEEL n° 82/2012. Cabe ressaltar que a participação em leilões ainda não encontrou viabilidade na maioria das simulações da EPE, por esse motivo esta opção não foi avaliada.

⁶ Em Nota Técnica n°132/2013/-SBQ-RJ, foi mantido o entendimento dado ao biogás na Nota Técnica Conjunta n.º 001/SCM/SAB/SQP/SRP de 2007, que considera-o como Biocombustível e compete a ANP especificar o biometano observando o inciso XVIII, do art. 8º, da Lei n° 9.478/1997.

biogás (ANP, 2013). Mas essa restrição não impede o seu uso de forma experimental, conforme disposto na Resolução ANP nº 21/2016, o que pode ser interpretado como uma preocupação do órgão regulador em desenvolver mais estudos nesta área, até mesmo para evitar conflitos com leis estaduais.

Para o caso de injeção de biometano na rede de Gás Natural (GN), existe a necessidade do produto passar por um exigente processo de purificação do biogás, o que gera custos elevados do volume de gás fornecido. Soma-se a isso a variação da composição do biogás de RSU em certos períodos de tempo, ocasionando dificuldade no seu controle e padronização para atender exigências da ANP, determinando restrições ao seu uso comercial, mas com permissão para o seu uso experimental, conforme mencionado.

A regulação que conduz ações e promove iniciativas referentes aos resíduos sólidos no Espírito Santo é a Lei nº 9.264/2009, juntamente com o Plano Estadual de Resíduos Sólidos, elaborado a partir de convênio entre o MMA/SRHU e Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEAMA) (ESPÍRITO SANTO, 2009). No âmbito desta lei, é possível identificar, embora sem detalhes claros, informações sobre o reaproveitamento de RSU para a geração de energia por meio do biogás de aterro. No Quadro 2, pode-se visualizar o arcabouço legal da Esfera Estadual.

Quadro 2 – Legislação Estadual do Espírito Santo aplicada aos RSU *versus* Energia

Legislação	Fundamentação
Lei nº 9.264/2009	Institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos e dá outras providências correlatas.
Lei nº 9.531/2010	Institui a Política Estadual de Mudanças Climáticas - PEMC
Decreto nº 3453-R/2013	Dispõe sobre a política estadual de incentivo as energias renováveis - eólica, solar e da biomassa e outras fontes renováveis.

4. DISCUSSÃO

Os Aterros sanitários e os digestores de biogás são amplamente utilizados como um biocombustível para produção de eletricidade em todo o mundo, seja para conduzir as bombas, seja para caldeiras de fogo. Embora possua uma desvantagem quando comparado com o gás natural (saturação com a humidade, que contém as quantidades de compostos de enxofre, cloro e silício), o biogás apresenta casos de

sucesso de aplicação em relevante número de plantas de utilização em países europeus. Piechota, Ski e Buczkowski (2013) acrescentam ainda que a Agência Internacional de Energia (IEA) informou que a recuperação de energia a partir de gás de aterro sanitário municipal terá uma grande expansão no futuro próximo, particularmente nos países asiáticos e leste da Europa. Além destes mencionados, muitos outros países recentemente promoveram o desenvolvimento do setor de energia com base em biogás. O principal motivo deste interesse tem sido a influência por fatores econômicos e cuidado com o meio ambiente.

No Brasil também existe interesse em viabilizar o aproveitamento energético dos resíduos sólidos urbanos, uma vez que este processo proporciona diversas vantagens (MAIER, OLIVEIRA, 2014). Dentre as vantagens do aproveitamento do biogás de aterros sanitários, destaca-se o potencial de contribuir para a redução de emissões de gases de efeito estufa, além do reforço à segurança energética, a promoção da oferta de energia elétrica e térmica renovável descentralizada e o aumento da autossuficiência no tratamento dos resíduos, na geração de energia e na utilização dos recursos (ZGLOBISZ et al., 2010). Além disso, os preços ainda elevados e os recursos limitados de combustíveis fósseis, em conjunto com o progresso tecnológico, tornam a utilização do biogás como uma boa maneira de produzir energia verde, barata e limpa (PIECHOTA, SKI, BUCZKOWSKI, 2013).

De forma geral, existem distintas alternativas empregadas para viabilizar a utilização dos gases gerados em aterros sanitários. De acordo com ICLEI (2009), após sua captação, o biogás pode ser utilizado para quatro fins distintos: (1) geração de energia elétrica; (2) geração de energia térmica; (3) como combustível em veículos; e (4) iluminação.⁷ Para tais usos, no entanto, sempre haverá a necessidade de algum tipo de tratamento (CHERNICHARO e STUETZ, 2008, apud LOBATO, 2011). No caso do biogás utilizado como combustível, por exemplo, Kymäläinen e outros (2012) reforçam que tal biocombustível exige maior teor de qualidade na purificação e equipamentos, principalmente para seu uso em turbinas, microturbinas e células de combustível. Entretanto, esse procedimento eleva os custos de produção do biometano, podendo inviabilizar seu uso. Na Figura 2, apresenta-se um resumo das soluções citadas.

⁷Quando não aproveitado para esses fins, o biogás é queimado em *flare* numa espécie de sistema simplificado para ignição e queima do gás, cujo procedimento evita emissão direta do metano para a atmosfera. Esta simples queima já representa um benefício ambiental, pois o gás metano, quando liberado diretamente para atmosfera, é vinte uma vezes mais poluente que o dióxido de carbono tratando-se de efeito estufa.

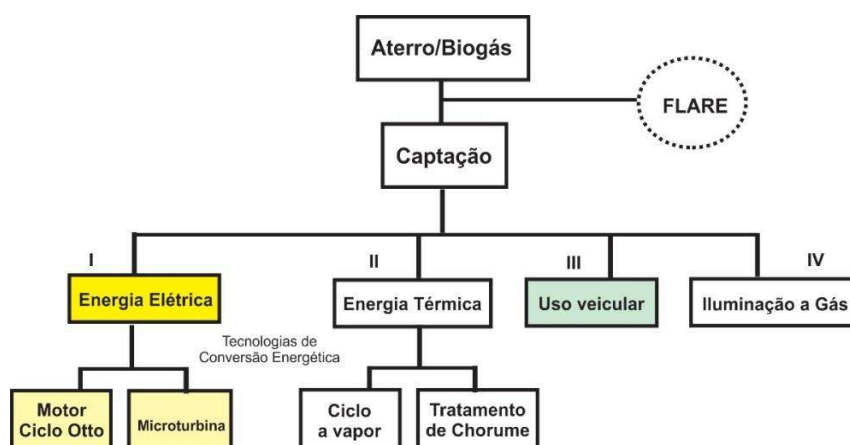


Figura 2 – Diagrama com as alternativas de reaproveitamento do biogás (Adaptado de INSTITUTO AGIR SUSTENTÁVEL apud ICLEI, 2009).

Dentre as tecnologias convencionais que realizam a conversão energética do biogás destacam-se as turbinas a gás e os motores de combustão interna de ciclos Otto e Diesel. Sugere-se a utilização de motores a combustão interna para geração de energia a capacidades pequenas e médias, pois apresentam menor custo e maior eficiência. Os motores de ciclo Diesel trabalham com maiores taxas de compressão, exigindo a necessidade de operar nestes com o biogás completado com diesel ou biodiesel, o que representaria um insumo adicional para o aterro sanitário. No caso das turbinas a gás, são sugeridas apenas para altas capacidades a fim de ter economicidade. Na Tabela 2, apresenta-se a comparação da potência e rendimento para as tecnologias de conversão energética por meio do motor a combustão interna e turbinas (ABREU, AVELINO; MONÂCO, 2011).

Tabela 2 – Tecnologias de conversão

Tecnologia	Potência Instalada	Rendimento Elétrico
Motores a gás (Ciclo Diesel)	30 kW – 1 MW	30% - 40%
Motores a gás (Ciclo Otto)	40 kW – 20 MW	25% - 30%
Turbina a gás (Médio Porte)	500 kW – 150 MW	35% - 42%

Fonte: ABREU; AVELINO; MONÂCO (2011).

5. CONCLUSÃO

No caso da geração de energia elétrica a partir da biomassa de RSU, evidencia-se alternativas regulatórias para a comercialização livre, a autoprodução, a venda como gerador distribuído para concessionária de distribuição de energia

elétrica e, mais recentemente, a possibilidade de minigeração no sistema de compensação de energia elétrica. Para o biometano, a venda em postos de combustíveis apresentou-se competitiva somente em regiões que tenham frotas de veículos a gás natural ou em regiões que apresentem elevado custo do diesel. A injeção na rede gás natural depende da localização do empreendimento e da eficiência nos investimentos para atender exigências da ANP. Mesmo assim, sua aplicação ainda está condicionada ao uso experimental. No entanto, é possível o atendimento da frota própria de coleta de RSU pela prefeitura.

A criação da Lei nº 12.305/2010 foi importante para gerar iniciativas no setor, resultando em leis Estaduais e Municipais que poderão contribuir para aumentar a utilização dos RSU como fonte alternativa de energia renovável no Brasil. No Espírito Santo, cabe mencionar a Lei nº 9.531/2010 e o Decreto nº 3.453-R/2013. A estimativa de geração de metano nos aterros do Espírito Santo para o ano de 2030 pode chegar a 3 bilhões de m³, o equivalente a 3,75x10⁶ MWh, e representa o fornecimento de energia para cerca de 138.819 residências consumindo em média 150 kWh/mês. Logo, demonstra ser um potencial interessante, que deve ser estimulado não somente no Espírito Santo, como também em todo o Brasil, uma vez que o aterro sanitário ainda é a opção mais utilizada para tratamento dos resíduos e mesmo assim, ainda é possível obter vários benefícios desta atividade.

A recuperação energética dos resíduos precisa de um olhar multidimensional, que deve abranger não só o tratamento adequado destes, mas também a energia potencial disponível em cada região, a redução de emissões de poluentes e diversos benefícios sociais, caracterizando-se como uma solução de transformação socioambiental da realidade de tratamento de resíduos no Brasil. Além disso, é preciso que as políticas atentem para o setor de biogás assim como ocorreu para o biodiesel e etanol, que deve abranger desde a regulamentação até a criação de incentivos para o setor.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, F.V.; AVELINO, M.R.; MONÂCO, D.P. Estudo Técnico, Econômico e Ambiental da geração de energia através do biogás de lixo: o caso do aterro sanitário de Gramacho. *Cadernos UniFOA*, n.16, p. 37-43, 2011.

ANEEL [Agência Nacional de Energia Elétrica]. *Informações Gerenciais*. Brasília, 2015. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/Z_IG_Mar_2015-170615.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2015.

_____. *Nota Técnica nº 0043, de 8 de setembro de 2010*. Brasília, 2010. Disponível em:

<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/consulta_publica/documentos/Nota%20T%C3%A9cnica_0043_GD_SRD.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2016.

_____. *Nota Técnica nº 82, de 4 de abril de 2012*. Brasília, 2012. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/audiencia/arquivo/2012/021/documento/nota_tecnica_0082_bruno_celtins.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2016.

_____. *Resolução nº 271, de 3 de julho de 2007*. Brasília, 2007. Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=106613>>. Acesso em: 20 jan. 2016.

_____. *Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012*. Brasília, 2012. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/bren2012482.pdf>>. Acesso em: 10 mai. 2016.

_____. *Resolução nº 687, de 24 de novembro de 2015*. Brasília, 2015. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2016.

ANP [Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis]. *Resolução nº 8, de 30 de janeiro de 2015*. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <[http://nxt.anp.gov.br/NXT/gateway.dll/leg/resolucoes_anp/2015/janeiro/ranp%208%20-%202015.xml?f=templates\\$fn=document-frame.htm\\$3.0\\$q=\\$x=>](http://nxt.anp.gov.br/NXT/gateway.dll/leg/resolucoes_anp/2015/janeiro/ranp%208%20-%202015.xml?f=templates$fn=document-frame.htm$3.0$q=$x=>)>. Acesso em: 17 fev. 2015.

_____. *Resolução nº 21, de 11 de Maio de 2016*. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em:

<http://nxt.anp.gov.br/NXT/gateway.dll/leg/resolucoes_anp/2016/maio/ranp%2021%20-%202016.xml>. Acesso em: 04 jun. 2016.

BRASIL. *Decreto nº 2.003, de 10 de setembro de 1996*. Brasília, 1996. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D2003.htm>. Acesso em: 10 jun. 2015.

_____. *Decreto nº 5.163, de 30 de julho de 2004*. Brasília, 2004. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5163.HTM>. Acesso em: 11 jun. 2015.

_____. *Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010*. Brasília, 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/decreto/d7404.htm>. Acesso em: 11 jun. 2015.

_____. *Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010*. Brasília, 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 4 nov. 2015.

CRESWELL, J.W.; CLARK, V.L.P. *Pesquisa de Métodos Mistos*. Porto Alegre: Penso, 2013.

EPA - U. S. [Environmental Protection Agency. *Landfill Gas Emissions Model (LandGEM) Version 3.02 User's Guide*. Washington, D.C., 2005. Disponível em: <<http://www3.epa.gov/ttnatc1/dir1/landgem-v302-guide.pdf>>. Acesso em: 11 dez. 2015.

EPE [Empresa de Pesquisa Energética]. *Economicidade e Competitividade do Aproveitamento Energético dos Resíduos Sólidos Urbanos*. Nota Técnica DEA nº 16, de outubro de 2014. Rio de Janeiro, 2014a. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br>>. Acesso em: 11 jun. 2015.

_____. [Empresa de Pesquisa Energética]. *Inventário Energético dos Resíduos Sólidos Urbanos*. Rio de Janeiro. Nota Técnica DEA nº 18, de outubro de 2014b. Rio de Janeiro, 2014b. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br>>. Acesso em: 11 jun. 2015.

_____. *Plano Nacional de Energia 2030*. Rio de Janeiro: EPE, 2007.

ESPÍRITO SANTO. *Decreto nº 3.453, de 6 de dezembro de 2013*. Vitória, 2013. Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=109588>>. Acesso em: 11 jun. 2015.

_____. *Lei nº 9.264, de 15 de Julho de 2009*. Vitória, 2009. Disponível em: <http://www.normasbrasil.com.br/norma/lei-9264-2009-es_126138.html>. Acesso em: 13 jul. 2015.

_____. *Lei nº 9.531, de 15 de setembro de 2010*. Vitória, 2010. Disponível em: <http://www.al.es.gov.br/antigo_portal_ales/images/leis/html/9.531.htm>. Acesso em: 11 jun. 2015.

ICLEI [Governos Locais pela Sustentabilidade] *Manual para Aproveitamento de Biogás: volume um, Aterros Sanitários*. Brasil. São Paulo, 2009. Disponível em: <http://www.resol.com.br/cartilha12/manual_iclei_brazil.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2016.

KYMÄLÄINEN, M.; LÄHDE, K.; ARNOLD, M. KUROLA, J.M.; ROMANTSCHUK, M.; KAUTOLA, H. Biogasification of biowaste and sewage sludge e Measurement of biogas quality. *Journal of Environmental Management*, n. 95, p. S122-S127, 2012.

LOBATO, L.C.S. *Aproveitamento Energético de Biogás Gerado em Reatores UASB Tratando Esgoto Doméstico*. 2011. 187 f. Tese (Doutorado em Saneamento Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Pós-Graduação em Saneamento, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

MAIER, S.; OLIVEIRA, L.B. Economic feasibility of energy recovery from solid waste in the light of Brazil's waste policy: The case of Rio de Janeiro. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, n. 35, p. 484-498, 2014.

PIECHOTA, G.; SKI, B.I.; BUCZKOWSKI, R. Development of measurement techniques for determination main and hazardous components in biogas utilised for energy purposes. *Energy Conversion and Management*, n. 68, p. 219-226, 2013.