

POTENCIAL DE GERAÇÃO DE ENERGIA A PARTIR DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS VISANDO O USO DO BIOGÁS COMO FONTE ALTERNATIVA DE ENERGIA RENOVÁVEL NO ESTADO DA BAHIA

Autores:

Luís Oscar Silva Martins
Faculdade Maria Milza (FAMAM)
E mail: luisoscar2007@hotmail.com

Leandro Teixeira e Silva
Faculdade Maria Milza (FAMAM)
E mail: lteixeiras@gmail.com

Daiane Oliveira das Dores
Faculdade Maria Milza (FAMAM)
E mail: dayaneollyver@outlook.com

Roberto Antônio Fortuna Carneiro
Faculdade de Tecnologia e Ciências (FTC)

APOIO: Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB).

RESUMO

Um dos maiores problemas da sociedade atual é a intensidade da geração de resíduos. Uma vez que essa é uma problemática praticamente impossível de ser eliminada, uma solução cabível é aproveitar os benefícios que o lixo pode trazer. Um desses benefícios é a geração de energia elétrica por meio da recuperação do biogás em aterros sanitários. Nesse cenário, o objetivo principal dessa pesquisa é analisar o potencial de geração de energia a partir de resíduos sólidos no estado da Bahia, sob o ponto de vista teórico, por meio a consulta de fontes bibliográficas pertinentes à temática. Para isso foi analisado o processo de geração de biogás a partir dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU). Posteriormente foi analisado o panorama de resíduos sólidos no estado Bahia e por fim foi medido o potencial de geração de energia proveniente do lixo gerado nos 27 territórios de identidade da Bahia. Os resultados mostraram que o estado possui potencial e insumos suficientes para produção de energia proveniente da recuperação do biogás, no entanto, a infraestrutura disponível, especialmente, àquela relacionada à existência de aterros sanitários, equipamentos essenciais nesse processo, é insuficiente.

Palavras-chave: Biogás. Resíduos Sólidos Urbanos. Aterros Sanitários.

1 INTRODUÇÃO

O aumento da intensidade da atividade humana nas últimas décadas gerou acelerado aumento na produção de resíduos, tornando-se grave problema, especialmente para a gestão pública. O aumento desordenado da população e o crescimento sem planejamento dos núcleos urbanos dificultam as ações de manejo de resíduos, que são depositados em locais que não possuem infraestrutura adequada para recebê-los, como os lixões, causadores de graves problemas socioambientais.

A disponibilidade de locais para a disposição de resíduos sólidos é um problema crescente nos municípios brasileiros, já que essas áreas devem atender critérios de ordem social, econômica e ambiental (SAMIZAVA *et al.*, 2008). De acordo com o pensamento de diversos autores (BIDONE e POVINELLI, 1999; TENÓRIO e ESPINOSA, 2004; BOSCOV, 2008) o aterro sanitário, é a modalidade de disposição final de resíduos sólidos urbanos mais adequado, pois se trata de uma estrutura idealizada para impedir a poluição do ambiente. Sua engenharia garante impermeabilização do solo, coleta e tratamento do chorume¹, sistemas de monitoramento ambiental topográfico e geotécnico e em alguns casos coleta e queima ou aproveitamento do biogás.

De acordo com a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de 2008, metade dos mais de cinco mil municípios brasileiros destinam seus resíduos para lixões. Conforme o relatório, a atual situação se configura como um cenário de destinação reconhecidamente inadequado que exige soluções estruturais urgentes para o setor.

Uma das soluções, após mais de 20 anos de discussão no Congresso Nacional, foi à aprovação em agosto e regulamentada em dezembro de 2010, da Lei 12.305, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). O novo marco legal estabelece os princípios de responsabilidade compartilhada sobre a destinação dos produtos ao final de sua vida útil. Discute também o estabelecimento de metas para que o Brasil tenha uma política de destinação ambientalmente correta para os resíduos sólidos. A Lei inclui prazo para reduzir o percentual de resíduos reutilizáveis e recicláveis enviados para os aterros sanitários, objetivando diminuir o volume de lixo enviado a estes, ampliando sua vida útil. Estimula ainda a adoção de logística reversa de materiais de descarte delicado como pilhas, lâmpadas e pneus. Viabilizam ainda sistemas de coleta seletiva e adequação de ambientes em que são depositados os rejeitos incapazes de serem reutilizados ou reciclados.

Em relação à destinação final do lixo, a Lei 12.305 estabeleceu que até dois de agosto de 2014, todos os depósitos de lixo a céu aberto que não dispõem de sistemas de proteção ambiental adequados, os lixões, sejam erradicados do país e substituídos por estruturas ambientalmente adequados para o recebimento, acomodação e manejo de resíduos, os aterros sanitários². Uma das diretrizes da Lei de Resíduos Sólidos Urbanos é que os aterros sanitários sejam auto-sustentáveis, ou seja, exige que os aterros promovam meios para se manterem.

A produção total de lixo varia basicamente em função do crescimento populacional e do nível de desenvolvimento tecnológico e industrial de cada região. Em termos comparativos, a média de geração de lixo no Brasil é de 1,152 kg por habitante por dia, padrão próximo aos dos países da União Européia (UE), cuja média é de 1,2 kg por habitante por dia. Nas grandes capitais como Brasília, Rio de Janeiro e São Paulo os valores de lixo

¹ Refere-se a um líquido escuro gerado a partir da degradação dos resíduos do lixo. Por conter alta carga poluidora, especialmente agressiva aos lençóis de água subterrâneos, deve ser tratado adequadamente. (SERAFFIM, *et al* 2003).

² Atendendo às reivindicações dos prefeitos e representantes de entidades municipais, o Governo Federal prorrogou o prazo para os municípios elaborarem os planos de saneamento básico. O novo prazo é 31 de dezembro de 2015. (www.amunes.org.br).

produzidos diariamente por cada habitante superam 1,6 kg por dia. Além disso, o volume de lixo cresceu 7,7% em 2009. Foram 189 mil toneladas por dia, ante 169 mil toneladas no ano anterior. (SOUZA, GAIA e RANGEL, 2010).

Dentro dessa perspectiva, a demanda por energia no Brasil e no mundo cresce de forma tão preocupante quanto o volume de lixo. Pesquisar práticas que harmonizem de forma eficiente essas curvas de crescimento constitui um dos grandes desafios tecnológicos do momento. Essa é razão pela qual diversos países vêm investindo no aproveitamento energético do lixo. Segundo Trigueiro (2013), são basicamente duas as rotas tecnológicas empregadas para alcançar esse objetivo. A primeira é a queima direta dos resíduos e a segunda é a queima do biogás produzido a partir da decomposição da matéria orgânica do lixo.

Existem atualmente no mundo aproximadamente 1,5 mil usinas térmicas que queimam o lixo para gerar energia ou calor. O Japão, a UE, a China e os Estados Unidos lideram o ranking. (TRIGUEIRO, 2013). No Brasil, não há usinas com esse perfil em funcionamento, embora muitos municípios estejam interessados no assunto. Segundo Bueno (2008), o país possui grande potencial para gerar energia elétrica a partir de resíduos sólidos e a alternativa poderia aumentar a atual oferta do Brasil em 50 milhões de megawatt-hora por ano, o que representa mais de 15% do total atualmente disponível, ou cerca de um quarto do que gera a hidroelétrica de Itaipu.

O estado da Bahia, conforme o IBGE (2010) possui 417 municípios, e, 359 “lixões” a céu aberto. Existem apenas 57 aterros e uma única unidade de compostagem e reciclagem localizada em Salvador. Segundo informações da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos ABRELPE (2013), também há apenas um aterro, no município de Lauro de Freitas, onde existe projeto para utilização dos resíduos como fonte de geração de energia a partir do biogás. Estimativas de Calderoni (1999) sugerem que cerca de 60% do total do lixo produzido no país, em média, seja de origem orgânica. O autor também afirma que com uma produção de 200 toneladas (t) por dia permite a implantação de uma usina termelétrica com potência de 2 mega watts (MW), capaz de atender uma população de 20 mil habitantes.

A ABRELPE (2013) estima que a Bahia produza 14.235 t de lixo por dia, dessa maneira, conforme cálculos, baseados nas estimativas anteriormente comentadas, 8.541 t (60%) seriam de origem orgânica. Com essa quantidade de lixo, potencialmente, o estado estaria apto a produzir 85,41 MW por dia, suficiente para atender, aproximadamente, 850.000 indivíduos/dia, portanto parcela considerável da demanda do território baiano, e, especialmente contribuir para conservação e do meio ambiente e correta destinação dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU). Além disso, diante do cenário atual de falta de chuvas, que para a região é frequente, devido às secas periódicas, que prejudicam o acúmulo de água, insumo primordial utilizado pela matriz energética brasileira e baiana, projetos e políticas públicas nessa área seriam pertinentes para auxiliar na resolução da falta de energia.

Nesse contexto, o objetivo principal dessa pesquisa é analisar o potencial de geração de energia a partir de resíduos sólidos no estado da Bahia, sob o ponto de vista teórico, por meio a consulta de fontes bibliográficas pertinentes à temática. Especificamente pretende-se:

- Verificar como se processa a transformação do lixo em biogás;
- Avaliar o panorama de resíduos sólidos na Bahia;
- Diagnosticar o potencial de geração de energia a partir de resíduos sólidos gerados no território baiano.

Este artigo conta de mais quatro seções além dessa introdução. No segundo capítulo foi verificada a metodologia de produção do biogás através do lixo orgânico e elucidada a participação dos aterros sanitários como agente facilitador desse processo. No capítulo três foi abordado o panorama atual dos resíduos sólidos no território baiano, bem como a situação

contemporânea dos projetos para descarte e acondicionamento do lixo. Na seção quatro, a partir das informações levantadas foi diagnosticado o potencial de geração de energia oriundo de biogás, proveniente dos resíduos sólidos orgânicos no estado da Bahia por território de identidade. E por fim, a partir das informações obtidas deram-se as conclusões e recomendações da pesquisa.

2 O PROCESSO DE TRANSFORMAÇÃO DO LIXO EM BIOGÁS

O biogás é um dos produtos da decomposição anaeróbia (ausência de oxigênio gasoso) da matéria orgânica, que se dá através da ação de determinadas espécies de bactérias. É composto principalmente por metano (CH_4) e gás carbônico (CO_2) e foi descoberto por Shirley, em 1667. No entanto, foi só um século mais tarde que Volta reconheceu a presença de metano no gás dos pântanos. Já no século XIX, Ulysse Gayon, aluno de Louis Pasteur, realizou a fermentação anaeróbia de uma mistura de estrume e água, a 35°C , conseguindo obter 100 litros de gás por m^3 de matéria. Em 1884, Louis Pasteur, ao apresentar à Academia das Ciências os trabalhos do seu aluno, considerou que esta fermentação podia constituir uma fonte de energia para aquecimento e iluminação, devido à presença de metano, o hidrocarboneto de menor cadeia (1 átomo de carbono), principal componente do gás natural e de elevado poder calorífico. (CETESB, 2015).

De acordo com Souza, Gaia e Rangel (2010), a biomassa é a energia gerada a partir de material vegetal que pode ser transformada em energia por meio da combustão, gaseificação, fermentação ou produção de substâncias líquidas. Trata-se de um tipo de energia biológica em que uma série de microrganismos podem ser aproveitados como fonte de energia, a exemplo da cana-de-açúcar, eucalipto, beterraba e milho, dos quais se extraem o álcool, e o biogás, objeto de estudo dessa pesquisa, que é produto de reações anaeróbicas da matéria orgânica, no caso em estudo, presentes no lixo.

O biogás é o gás natural produzido pela ação das bactérias nos resíduos. Trata-se de uma mistura gasosa, combustível, resultante de fermentação anaeróbica da matéria orgânica. Essa energia contribui para a redução do CO_2 na atmosfera e conseqüente redução do efeito estufa. Para que haja conversão energética do biogás, é necessária a presença de um equipamento denominado biodigestor, que operam, convencionalmente, a turbinas a gás ou com motores de combustão interna (ciclos Otto e Diesel).³

Segundo Silva (2015), para geração de energia em pequenas e médias capacidades, os motores a combustão interna são mais eficientes e adequados, devido ao seu menor custo e maior eficiência dentro dessa faixa. Somente operando em altas capacidades, as turbinas a gás passam a ter operação a um custo mínimo aceitável. A Tabela 1 a seguir demonstra as tecnologias disponíveis para geração de energia a partir do biogás destacando as vantagens e desvantagens de cada uma.

³ Para saber mais a respeito dos ciclos Otto e Diesel consultar Varella (2011). Princípios do funcionamento dos motores de combustão interna, disponível em: http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/varella/Downloads/IT154_motores_e_tratores/apresenta/principios%20de%20funcionamento%20dos%20motores.pdf

Tabela 1 – Tecnologias para geração de energia a partir do biogás

Tecnologia	Vantagens	Desvantagens
Motor de combustão interna	Baixo custo de manutenção	Limitação de potência
	Pequena área para instalação	
	Rápida instalação	
	Modularidade sistêmica	
	Diversidade de fornecedores	
Turbina a gás	Eficiência em carga total e parcial	Maior sensibilidade a partículas e impurezas
	Não há formação de condensados	
	Maior confiabilidade mecânica	
	Combustão mais completa	

Fonte: Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2005)

A tecnologia de biodigestores já tem pelo menos duas décadas no Brasil. Iniciou por volta dos anos 80 com modelos provenientes da China e Índia. No entanto, o Brasil teve algumas dificuldades na sua implantação, fazendo com que essa tecnologia caísse em descrédito no meio rural. Apenas nos últimos 20 anos, houve avanços tecnológicos significativos que possibilitaram a solução de várias dificuldades. Assim, é possível ter um modelo mais econômico e de manejo mais simples. (NASCIMENTO, 2009).

Ainda segundo o autor, o Brasil por ser um país tropical, com temperaturas médias em torno dos 20°C, possui menos necessidades de sistemas adicionais para aquecimento dos biodigestores, fornecendo uma vantagem competitiva em termos de custos para a exploração do biogás como fonte energética.

Para geração do biogás nos biodigestores, a temperatura, o pH e a fermentação devem ser constantemente observados, uma vez que esses parâmetros determinam a qualidade do biogás. A perda de controle desses parâmetros pode até matar as bactérias responsáveis pela fermentação da matéria orgânica inviabilizando o processo. (NASCIMENTO, 2009, p. 24).

A temperatura deve ser mantida entre 20 e 65°C, sendo separada em duas fases distintas. Se a temperatura for mantida entre 20 e 45°C, o processo ocorre na fase mesófila. Nessa fase, as variações de temperatura podem ocorrer desde que não sejam bruscas. É também nessa fase que os compostos mais simples são degradados. Se a temperatura for mantida entre 45 e 65°C, conhecida como fase termófila, as variações de temperatura não podem ser processadas, por outro lado, é possível se aplicar mais carga, possibilitando uma produção maior de gás com menor tempo de retenção. Nesse caso os compostos mais complexos são degradados. (NASCIMENTO, 2009).

Conforme comentado anteriormente, o PH também deve ser monitorado. Em meio ácido (pH < 6,5), a atividade das enzimas das bactérias é nula. Em meio alcalino (pH > 7,5), ocorre a produção de anidro sulfuroso e hidrogênio, danoso as bactérias. Logo, o pH da mistura deve ser mantido entre 6,6 e 7,4, ou seja, meio neutro, possibilitando a digestão e a fermentação da mistura (NASCIMENTO, 2009).

A atividade de recuperação do biogás já está sendo muito utilizada, especialmente por nações desenvolvidas e vem ganhando força no Brasil, especialmente após a exigência legal demandada pela Lei 12.305 de 2010, que estabelece normas para o correto acondicionamento e destino dos RSU. O aproveitamento da energia a partir do biogás, além de alterar o modo de descarte, diminuindo os impactos ambientais causados pelos gases que são eliminados, contribuiria também como fonte energética, melhorando o perfil energético da região.

A Lei 12.305/2010 instituiu a construção de aterros sanitários para substituir os atuais lixões a céu aberto. Os aterros sanitários, além de resolverem um grave problema ambiental, uma vez que, são preparados tecnicamente para receber os resíduos, funcionariam como catalisadores no processo de geração de energia a partir do biogás. A Figura 1, a seguir demonstra as etapas da geração de biogás do lixo e como este pode ser utilizado para geração de energia elétrica.



Figura 1 – Etapas de geração de biogás para produção de energia em aterros sanitários.
Fonte: CETESB (2015).

Segundo a CETESB (2015), os aterros sanitários podem ser vistos como grandes biorreatores, capazes de provocar a biodegradação da matéria orgânica por resíduos sólidos. Essa reação ocorre em ambiente anaeróbico, resultando na geração de biogás do lixo, composto de 50% de dióxido de carbono (CO_2) e 50% de metano (CH_4). Esse último é uma fonte elevada de calor. Quando tem origem fóssil é denominado gás natural, quando provém de matéria orgânica, no caso o lixo, está presente numa mistura, conhecida como biogás. O processo se resume em três etapas, conforme elucidado na Figura 1:

1. Extração e coleta: Por meio de um dreno é realizada a coleta do gás, em seguida esse gás é levado para a superfície através do dreno e, na base desses existem tubos de polietileno que realizam o traspasse do biogás derivado do lixo até as usinas gerando uma rede;

2. Beneficiamento: Nessa etapa, o biogás chega a usina e é imediatamente resfriado e, simultaneamente recebe uma separação dos vapores nele contido. O metano que é retirado por meio deste processo recebe em seguida o processo de combustão, que poderá resultar tanto em calor ou frio para a produção de energia mecânica ou elétrica, bem como o biogás ser queimado e resultar energia térmica;

3. Geração de energia por combustão: Só se é possível produzir eletricidade a partir do biogás que é retirado do lixo por meio da combustão que é realizada da seguinte maneira: o biogás é queimado e essa queima resulta em energia mecânica que por sua vez ativa os pistões dos motores de combustão interna, e após essa movimentação é transformado em energia elétrica.

3 PANORAMA ATUAL DA POLÍTICA DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO ESTADO DA BAHIA

O marco legal da Política Estadual de Resíduos Sólidos (PERS) da Bahia, foi instituído pela Lei 12.392 de 07/01/2014. A referida Lei integra a política Estadual de Meio Ambiente e de Proteção à Biodiversidade, instituída pela Lei 10.431 de 20 de dezembro de 2006 e a Política Estadual de Saneamento Básico, instituída pela Lei 11.172, de 01 de

dezembro de 2008, vinculando-se, institucionalmente, às suas respectivas áreas, cujos órgãos foram incumbidos de formular, coordenar, implementar, monitorar e avaliar a PERS.

A PERS em seu Artigo 8º objetiva não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento de resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, devendo ser respeitada essa ordem de prioridade na gestão e no gerenciamento integrado de resíduos sólidos. Além disso, pretende também incentivar a proteção e a melhoria da saúde pública e da qualidade do meio ambiente; adotar padrões e práticas sustentáveis de produção e consumo de bens e serviços; gerar benefícios sociais e econômicos.

Em seu Artigo 9º, a Lei estabelece suas diretrizes, a saber:

- Fomento à pesquisa e ao desenvolvimento de tecnologias mais limpas;
- Incentivo ao desenvolvimento de sistemas de gestão ambiental e empresarial de melhoria dos processos produtivos;
- Apoio à erradicação, recuperação e requalificação de destinação final inadequada;
- Fortalecimento de instituições;
- Regionalização com soluções consorciadas e compartilhadas;
- Fortalecimento da educação ambiental e da mobilização social;
- Prioridade nas aquisições e contratações governamentais de produtos reciclados e recicláveis, de bens, de serviços e de obras.

A Lei veio, portanto, para regular os aspectos que dizem respeito aos RSU no território baiano a exemplo do armazenamento, aterro sanitário, coleta seletiva, compostagem, destinação final ambientalmente adequada, bem como incentivar pesquisas na área. Assim como na Lei Federal (12.305/2010), a Lei estadual estabelece que seja dado destino adequado aos RSU em ambientes tecnicamente preparados, os aterros sanitários, que devem segundo a legislação ser auto-sustentáveis, ou seja, devem desenvolver atividades correlatas que promovam a subsistência das unidades

No entanto, apesar dos avanços legalmente instituídos, a situação na Bahia não reflete esse quadro. Dados da ABRELPE (2013) e IBGE (2010), demonstrados na Tabela 2 e Figura 2 a seguir mostram que ainda existe um longo caminho a percorrer no que se refere à gestão integrada dos resíduos no estado.

Tabela 2 – Coleta e geração de RSU no estado da Bahia

Tabela 2 – Coleta e geração de RSU no Estado da Bahia							
População Total		RSU Coletado				RSU Gerado (t/dia)	
		Kg/hab./dia		t/dia			
2012	2013	2012	2013	2012	2013	2012	2013
14.175.341	15.044.137	0,759	0,765	10.574	11.506	13.620	14.235

Fonte: ABRELPE (2013) e IBGE (2010).

Observa-se pela Tabela 2 que a quantidade de RSU gerado é maior que o coletado deixando claro que cerca de três toneladas de lixo são sequer coletadas na Bahia, sendo, provavelmente, descartadas de forma incorreta. No entanto, o dado mais preocupante é ofertado pela Figura 2, que diz respeito à destinação final do RSU no território baiano. A ABRELPE (2013) mostra que em 2013 apenas 30,6% dos detritos produzidos diariamente na Bahia são destinados aos aterros sanitários. Apesar de 1/3 do lixo ser direcionado aos chamados aterros controlados, esses não se diferenciam dos lixões, visto que o solo não é impermeabilizado e não há sistema de tratamento para o chorume e o biogás, não impedindo que o material contamine o solo ou os lençóis d'água. A Figura 2 sintetiza as informações.

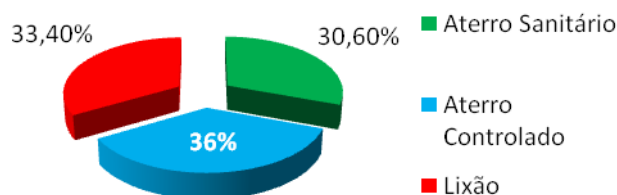


Figura 2 – Destinação final RSU no estado da Bahia (t/dia)

Fonte: ABRELPE (2013)

Aproximadamente 70% de todo RSU no estado é destinado a locais inadequados provocando um sério problema ambiental e o não aproveitamento de um grande potencial advindo do lixo. Se os dejetos fossem direcionados aos locais indicados e exigidos pela PERS, várias atividades poderiam ser realizadas, atividades essas que causariam impactos econômicos e sociais benéficos, como por exemplo: Reciclagem, compostagem, coleta seletiva e especialmente produção de energia limpa e renovável, além da consequente geração de emprego e renda, fruto dessa pesquisa.

Especificamente em relação à geração de energia, o estado da Bahia, possui somente uma termelétrica que opera com a produção de biogás. Trata-se da TERMOVERDE Salvador, inaugurada em março de 2011. Segundo dados de 2012 da empresa, a usina coleta e processa gases metano e dióxido de carbono, gerados pela decomposição de lixo. O investimento foi da ordem de 50 milhões de reais e é capaz de produzir 150 mil MW/ano, suficiente para atender 300 mil residências, segundo informações da empresa.

4 POTENCIAL DE GERAÇÃO DE ENERGIA A PARTIR DE RESÍDUOS SÓLIDOS NA BAHIA

A recuperação do biogás proveniente do lixo não é um processo complexo diante dos inúmeros benefícios que pode gerar. Além do ganho com a produção de energia elétrica e/ou térmica, o biogás pode ser utilizado em sistemas de iluminação a gás, ou simplesmente pode ser queimado, transformando o metano em dióxido de carbono, minimizando o impacto ambiental, angariando assim, fundos por meio do mercado de crédito de carbono.⁴ (PECORA, VELÁZQUEZ e COELHO, 2011). Tomando como base apenas essa informação, percebe-se a importância em explorar esse segmento, não somente devido aos aspectos ambientais, essenciais nessa análise, mas também devido aos aspectos econômicos e tecnológicos envolvidos nessa cadeia.

O Estado da Bahia, conforme comentado anteriormente possui 417 municípios, 359 “lixões” a céu aberto e apenas 57 aterros sanitários. Dos aterros, apenas um está capacitado a recuperar o biogás e transformá-lo em energia, bem cada vez mais demandado pela sociedade. Apesar da situação precária, o estado possui o insumo principal, ou seja, o lixo para iniciar o processo. Segundo estimativas da ABRELPE (2013), a Bahia produz, em média, 14.235 t/dia, o que em um ano resultaria um total de 5.195.775 t. Estudos de Calderoni (1999) sugerem que 60% do lixo coletado no país é de origem orgânica, portanto aptos, em condições especiais, a gerarem o biogás. Dessa forma, o território baiano, produziria 3.117.465 t/ano de lixo dessa natureza.

⁴ O metano (CH₄) é um gás do efeito estufa com potencial de aquecimento cerca de 21 vezes maior se comparado com o dióxido de carbono (CO₂). (PECORA, VELÁZQUEZ e COELHO, 2011).

De acordo com Calderoni (1999), 200 t/dia de lixo produziram 2 MW de energia, capazes de suprir uma cidade com uma população de 20.000 habitantes. O estado da Bahia, segundo informações de sua Secretaria de Planejamento (SEPLAN, 2010) está dividido em 27 territórios de identidade. O objetivo dessa divisão, de acordo com a SEPLAN é identificar prioridades temáticas a partir da realidade local, possibilitando o desenvolvimento equilibrado e sustentável entre as regiões. A divisão por territórios de identidade não leva em consideração apenas o quesito proximidade geográfica, mas também as características regionais de cada município tais como o ambiente, a economia, a sociedade e a cultura.

A divisão por territórios também possibilita, dada a necessidade diferenciada de cada região, a promoção de políticas públicas diversificadas e adaptadas a cada espaço físico previamente definido. Buscando não fugir a essas perspectivas, a presente pesquisa utilizou a divisão por territórios de identidade para definir o potencial de geração de resíduos no estado da Bahia. A princípio a ideia era pesquisar quanto cada município, de cada território, gera, em média de lixo. No entanto, após consulta a diversas bases de dados, descobriu-se que essa informação não está disponível, visto que grande parte dos municípios não tem esse controle por meio de suas secretarias de meio ambiente. A desinformação ocorre, provavelmente, devido à grande quantidade de “lixões” a céu aberto existente no estado, que além de causadores dos problemas já mencionados, também não possuem mecanismos de controle sob a quantidade de lixo processada.

Dessa maneira, buscando a identificação do potencial de lixo gerado, e consequentemente o potencial de produção de biogás para produção de energia, bem como a implementação de políticas públicas adequadas a cada espaço geográfico, foi realizada modelagem matemática para estimar esses valores. Utilizando dados da ABRELPE de 2013⁵, que demonstram que a média gerada de lixo por cada habitante do estado que foi estimado em 1,050 kg/dia. Para estimativa da população de cada território de identidade foram utilizadas informações do IBGE (2010). Assim, multiplicando-se a média de lixo gerada pela população estimada foi encontrado o volume total de lixo produzido. Os estudos de Calderoni (1999) foram empregados para aquilatar a quantia de restos orgânicos presentes no total dos resíduos sólidos, esse valor, conforme o autor se concentra em torno de 60%. Os resultados dessa pesquisa podem ser visualizados na Tabela 4, a seguir, que demonstra a Bahia dividida em seus 27 territórios de identidade, com os respectivos municípios, população e estimativas de RSU, lixo orgânico e energia elétrica gerada conforme pressupostos estabelecidos.

Tabela 4 – População, lixo gerado, lixo potencial (orgânico), e potencial de geração de energia por dia a partir do biogás (potencial gerado) por território de identidade no estado da Bahia

Território de Identidade	Municípios	População	Lixo Gerado (t/dia)	Lixo apto (60%)	Potencial de Geração de Energia (MW/dia)
Bacia do Jacuípe	Baixa Grande, Capela do Alto Alegre, Gavião, Ipirá, Mairi, Nova Fátima, Pé de Serra, Pintadas, Quixabeira, Riachão do Jacuípe, São José do Jacuípe, Serra Preta, Várzea da Roça, Várzea do Poço	237.262	249,13	149,48	1,49
Bacia do Paramirim	Boquira, Botuporã, Caturama, Érico Cardoso, Ibipitanga, Macaúbas, Paramirim, Rio do Pires, Tanque Novo	163.162	171,32	102,79	1,03

⁵ Informações disponíveis no site: <http://info.abril.com.br/noticias/tecnologias-verdes/fotonoticias/quanto-lixo-os-brasileiros-geram-por-dia-em-cada-estado.shtml>

convibra 2015

WWW.CONVIBRA.ORG

Business Conference

Bacia do Rio Corrente	Brejolândia, Canópolis, Cocos, Coribe, Correntina, Jaborandi, Santa Maria da Vitória, Santana, São Félix do Coribe, Serra Dourada, Tabocas do Brejo Velho	200.819	210,86	126,52	1,27
Bacia do Rio Grande	Angical, Baianópolis, Barreiras, Buritirama, Catolândia, Cotegipe, Cristópolis, Formosa do Rio Preto, Luís Eduardo Magalhães, Mansidão, Riachão das Neves, Santa Rita de Cássia, São Desidério, Wanderley	398.034	417,94	250,76	2,51
Baixo Sul	Aratuípe, Cairu, Camamu, Gandu, Ibirapitanga, Igrapiúna, Ituberá, Jaguarípe, Nilo Peçanha, Pirai do Norte, Presidente Tancredo Neves, Taperoá, Teolândia, Valença, Wenceslau Guimarães	359.109	377,06	226,24	2,26
Chapada Diamantina	Abaíra, Andaraí, Barra do Estiva, Boninal, Bonito, Ibicoara, Ibitiara, Iramaia, Iraquara, Itaitê, Jussiapé, Lençóis, Marcionílio Souza, Morro do Chapéu, Mucugê, Nova Redenção, Novo Horizonte, Palmeiras, Piatã, Rio de Contas, Seabra, Souto Soares, Utinga, Wagner.	371.864	390,46	234,27	2,34
Costa do Descobrimento	Belmonte, Eunápolis, Guaratinga, Itabela, Itagimirim, Itapebi, Porto Seguro, Santa Cruz de Cabrália	343.347	360,51	216,31	2,16
Extremo Sul	Alcobaça, Caravelas, Ibirapuã, Itamarajú, Itanhém, Jucuruçu, Lajedão, Medeiros Neto, Mucuri, Nova Viçosa, Prado, Teixeira de Freitas, Vereda	416.859	437,70	262,62	2,63
Irecê	América Dourada, Barra do Mendes, Barro Alto, Cafarnaum, Canarana, Central, Gentio do Ouro, Ibipeba, Ibititá, Ipupiara, Irecê, Itaguaçu da Bahia, João Dourado, Jussara, Lapão, Mulungu do Morro, Presidente Dutra, São Gabriel, Uibaí, Xique-Xique	402.828	422,97	253,78	2,54
Itaparica	Abaré, Chorrochó, Glória, Macururê, Paulo Afonso, Rodelas	167.118	175,47	105,28	1,05
Litoral Norte e Agreste Baiano	Acajutiba, Alagoinhas, Aporá, Aramari, Cardeal da Silva, Catu, Conde Crisópolis, Entre Rios, Esplanada, Inhambupe, Itanagra, Itapicuru, Jandaíra, Mata de São João, Olindina, Ouriçangas, Pedrão, Pojuca, Rio Real, Sátiro Dias	628.236	659,65	395,79	3,96
Litoral Sul	Almadina, Arataca, Aurelino Leal, Barro Preto, Buerarema, Camacã, Caniveiras, Coaraci, Floresta Azul, Ibicaraí, Ilhéus, Itabuna, Itacaré, Itaju do Colônia, Itajuípe, Itapé, Itapitanga, Jussari, Marau, Mascote, Pau Brasil, Santa Luzia, São José da Vitória, Ubaitaba, Una, Uruçuca	772.683	811,32	486,79	4,87
Médio Rio de Contas	Aiquara, Apuarema, Barra do Rocha, Boa Nova, Dário Meira, Gongogi, Ibirataia, Ipiaú, Itagi, Itagiba, Itamari, Jequié, Jitaúna, Manoel Vitorino, Nova Ibiá, Ubatã	366.507	384,83	230,90	2,31

convibra 2015

WWW.CONVIBRA.ORG

Business Conference

Médio Sudoeste da Bahia	Caatiba, Firmino Alves Ibicuí, Iguai, Itambé, Itapetinga, Itaranti, Itororó, Macarani, Maiquinique, Nova Canaã, Potiragua, Santa Cruz da Vitória	247.180	259,54	155,72	1,56
Metropolitana de Salvador	Camaçari, Candeias, Dias Dávila, Itaparica, Lauro de Freitas, Madre de Deus, Salinas das Margaridas, Salvador, Simões Filho, Vera Cruz	3.438.844	3.610,79	2.166,47	21,66
Piemonte da diamantina	Caem, Capim Grosso, Jacobina, Miguel Calmon, Mirangaba, Orolândia, Saúde, Serrolândia, Umburanas, Várzea Nova	229.633	241,11	144,67	1,45
Piemonte do Paraguaçu	Boa Vista do Tupim, Iaçú, Ibiquera, Itaberaba, Itatim, Lajedinho, Macajuba, Mundo Novo, Piritiba, Rafael Jambeiro, Rui Barbosa, Santa Terezinha, Tapiramutá	265.630	278,91	167,35	1,67
Piemonte Norte do Itapicuru	Andorinha, Antônio Gonçalves, Caldeirão Grande, Campo Formoso, Filadélfia, Jaguarari, Pindobaçu, Ponto Novo, Senhor do Bonfim	261.901	275,00	165,00	1,65
Portal do Sertão	Água Fria, Amélia Rodrigues, Anguera, Antônio Cardoso, Conceição da Feira, Conceição do Jacuípe, Coração de Maria, Feira de Santana, Ipecaetá, Irará, Santa Bárbara, Santanópolis, Santo Estevão, São Gonçalo dos Campos, Tanquinho, Teodoro Sampaio, Terra Nova	872.780	916,42	549,85	5,50
Recôncavo	Cabaceiras do Paraguaçu, Cachoeira, Castro Alves, Conceição do Almeida, Cruz das Almas, D. Macedo Costa, Governador Mangabeira, Maragogipe, Muniz ferreira, Muritiba, Nazaré, Santo Amaro, Santo Antônio de Jesus, São Felipe, São Félix, São Francisco do Conde, São Sebastião do Sapé, Sapeaçu, Saubara, Varzedo	576.672	605,51	363,30	3,63
Semiárido Nordeste II	Adustina, Antas, Banzaê, Cícero Dantas, Cipó, Coronel João Sá, Euclides da Cunha, Fátima, Heliópolis, Jeremoabao, Nova Soure, Novo Triunfo, Paripiranga, Pedro Alexandre, Ribeira do Ampara, ribeira do Pombal, Santa Brígida, Sítio do Quinto	407.928	428,32	256,99	2,57
Sertão do São Francisco	Campo Alegre de Lourdes, Canudos, Casa Nova, Curaçá, Juazeiro, Pilão Arcado, Remanso, Sento Sé, Sobradinho, Uauá	494.431	519,15	311,49	3,11
Sertão Produtivo	Brumado, Caculé, Caitité, Candiba, Contendas do Sincorá, Guanambi, Ibiassucê, Ituaçu, Iuiú, Lagoa Real, Livramento de Nossa Senhora, Malhada de Pedras, Palmas do Monte Alto, Pindaí, Rio do Antônio, Sebastião Laranjeiras, Tanhaçu, Urandi	444.666	466,90	280,14	2,80
Sisal	Araci, Barrocas, Biritinga, Candeal, Cansanção, Conceição do Coité, Ichu, Itúba, Lamarão, Monte Santo, Nordestina, Queimadas, Quinjingue, Retirolândia, Santa Luz, São Domingos, Serrinha, Teofilândia, Tucano, Valente	582.329	611,45	366,87	3,67

Vale do Jequiriçá	Amargosa, Brejões, Cravolândia, Elísio Medrado, Irajuba, Itaquara, Ituruçu, Jaguaquara, Jiquiriça, Lafaiete Coutinho, Lagedo do Tabocal, Laje, Maracás, Milagres, Mutuípe, Nova Itarana, Planaltino, Santa Inês, São Miguel das Antas, Ubaíra	301.682	316,77	190,06	1,90
Velho Chico	Barra, Bom Jesus da Lapa, Brotas de Macaúbas, Carinhanha, Feira da Mata, Ibotirama, Igaporã, Malhada, Matina, Marporá, Muquém do São Francisco, Oliveira dos Brejinhos, Patratinga, Riacho de Santana, Serra do Ramalho, Sítio do Mato	370.095	388,60	233,16	2,33
Vitória da Conquista	Anagé, Aracatu, Barra do Choça, Belo Campo, Bom Jesus da Serra, Caetanópolis, Cândido Sales, Caraíbas, Condeúbas, Cordeiros, Encruzilhada, Guajeru, Jacaraci, Licínio de Almeida, Maetinga, Mirante, Mortugaba, Pirapá, Planalto, Poções, Presidente Jânio Quadros, Ribeirão do Lago, Tremedal, Vitória da Conquista	695.302	730,07	438,04	4,38
TOTAIS		14.016.901	14.718	8.831	88

Fonte: IBGE (2010), ABRELPE (2013), SEPLAN (2015) e CALDERONI (1999).

Nota-se por meio da Tabela 4, que a maior parte dos Territórios de Identidade possui capacidade de geração de energia acima de 2 MW e algumas regiões como a Metropolitana e o Portal do Sertão se destacam. As informações demonstram que a Bahia possui potencial e capacidade a ser explorada pelo poder público, bem como pelo capital privado.

Cabe ressaltar que para que o cenário exposto se torne realidade é necessário o investimento em aterros sanitários. Estes são os equipamentos que possuem condições de serem preparados para o resgate e o reaproveitamento do biogás. Portanto, trata-se de uma oportunidade para os municípios baianos, uma vez que, a Lei 12.305/2014, obriga que todos os municípios dêem destinação adequada a seus resíduos, ou seja, são obrigados a possuírem seus aterros, ou que transportem o lixo gerado para localidades que os possuem. Sendo assim, a geração de energia elétrica pode ser uma conveniência para tornar o aterro independente e sustentável.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar do cenário preocupante da ausência de projetos para implementação de aterros sanitários, o ator essencial para recuperação e aproveitamento do biogás para geração de energia elétrica, a Bahia demonstra que possui capacidade no quesito produção de matéria-prima. A análise realizada nos territórios de identidade mostrou que a maior parte da região se desataca, produzindo acima de 2 MW por dia, o que seria suficiente para geração de energia durante um dia para cerca de 20.000 pessoas. Traduzindo isso para a prática, alguns territórios, como por exemplo, a Bacia do Paramirim, de acordo com os dados apresentados pela pesquisa, teriam praticamente 13% de seus municípios atendidos com energia elétrica gerada a partir do biogás.

É importante ressaltar que a potencialidade calculada se deu através da média de lixo produzida por cada habitante do estado. Além disso, é de conhecimento geral que para a produção do biogás é necessário um espaço de tempo entre o início do armazenamento do lixo e o começo da produção, estudos técnicos indicam que esse prazo é, em média, de

aproximadamente seis meses. A partir dessa carência a produção torna-se constante até um determinado período de tempo e no longo prazo tende a diminuir em virtude da utilização do espaço do aterro.

Dessa forma, de acordo com os objetivos proposto por essa pesquisa, ficou evidenciado que o problema da Bahia para o não aproveitamento do potencial da geração de biogás se concentra na falta de investimentos para o tratamento e destinação do lixo produzido. O estado conta com apenas um aterro preparado para esse processo e negligencia regiões altamente capazes, como o Portal do Sertão e o Recôncavo, por exemplo. Na tentativa de corrigir essas externalidades, e fazer com que a Bahia aproveite em todos os sentidos, os RSU gerados, o presente estudo sugere:

- A. Maior atenção e investimento em políticas públicas no intuito de cumprir os preceitos estabelecidos na Lei 12.3015/2010;
- B. Investimentos em pesquisas com intuito de conhecer de forma mais exata a magnitude do lixo gerado no território baiano, bem como, o lixo apto a ser aproveitado na produção de biogás;
- C. Investimentos em projetos de coleta seletiva nos municípios para facilitar a separação dos resíduos que são utilizados para geração de biogás, e também o aproveitamento de todas as variedades de lixo que podem ser utilizados em outros projetos, como por exemplo, compostagem e reciclagem;
- D. Estabelecer incentivos para que os municípios apresentem projetos de aterros sanitários sustentáveis. Ou seja, vinculado ao projeto do aterro, viria agregado projeto de usina para aproveitamento do biogás gerado;
- E. Investimento em infraestrutura física e tecnológica por meio do estabelecimento de parcerias entre as esferas governamentais (Federal, Estadual e Municipal) e o setor privado a exemplo do projeto proposto pela Superintendência de Desenvolvimento Industrial e Comercial (SUDIC), inicialmente denominado “Indústria Cidadã”, que a partir de 2011 passou a fazer parte do Programa Vida Melhor.

Como incentivo aos municípios poderia ser criado um fundo Federal específico para esses projetos. Um corpo técnico capacitado e interdisciplinar, com apoio inclusive de Universidades e Faculdades que possuam grupos de estudos devidamente credenciados e interessados no assunto, contribuindo com o desenvolvimento e análise dos planos, auxiliando as regiões a aproveitarem todo o potencial fornecido pelo inevitável lixo gerado, bem como, auxiliando o país a tornar o perfil malha energética menos poluente e renovável.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS (ABRELPE). **Quanto lixo os brasileiros geram por dia em cada estado**. ABRELPE (2013). Disponível em: <http://info.abril.com.br/noticias/tecnologias-verdes/fotonoticias/quanto-lixo-os-brasileiros-geram-por-dia-em-cada-estado.shtml>. Acesso em 22 de junho de 2015.

BAHIA. Lei nº 11.172, de 01 de dezembro de 2008. Institui princípios e diretrizes da Política Estadual de Saneamento Básico. Assembleia Legislativa da Bahia. Disponível em <http://www.legislabahia.ba.gov.br/verdoc.php?arquivo=LO201212602.xml>. Acesso em 20 de junho de 2015.

BIDONE, F. R. A.; POVINELLI, J. **Conceitos básicos de resíduos sólidos**. São Carlos: EESC/USP, 1999.

BOSCOV, M. E. G. **Geotécnica ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

BRASIL. Lei no 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 5 ago. 2010a.

CALDERONI S. **Os bilhões perdidos no lixo**. 3ª ed. São Paulo: Humanitás Livraria/FFLCH/USP; 1999.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB). Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/biogas/biogas/220-pagina-inicial>. Acesso em 21 de junho de 2015.

Geração de energia a partir do lixo. Disponível em: <http://www.educacao.cc/ambiental/geracao-de-energia-a-partir-do-lixo/>. Acesso em 21 de junho de 2015.

IBGE, Censo Demográfico 2010 – Malha Municipal Digital do Brasil, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Banco de dados. Pesquisa de informações básicas estaduais – estad. Censo demográfico (2010). Disponível em <http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?sigla=ba>. Acesso em 20 de junho de 2015.

MINISTÉRIO DE MEIO AMBIENTE. **Estudo do potencial de geração de energia renovável proveniente dos “aterros sanitários” nas regiões metropolitanas e grandes cidades do Brasil**. Brasília, 2005.

NASCIMENTO, S. B. **Biogás: transformação do lixo em energia**. 2009. Monografia (Tecnologia em Manutenção Industrial) - Centro Federal de Educação Tecnológica de Campos. Campos dos Goytacazes, RJ, 2009.

PECORA, Vanessa; VELÁZQUEZ, Sílvia M. S. González, COELHO, Suani Teixeira. **Aproveitamento do biogás proveniente dos resíduos sólidos urbanos para geração de energia elétrica: Estudo de caso em São Paulo**. Disponível em: http://tratamento44.dominiotemporario.com/r10/Lib/Image/art_2125629800_congbioen_pecora.pdf. Acesso em 20 de junho de 2015.

SAMIZAVA, T. M.; KAIDA, R. H.; IMAI, N. N., NUNES, J. O. R. **SIG aplicado à escolha de áreas potenciais para instalação de aterros sanitários no município de Presidente Prudente** – SP. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 60, n. 1, p. 43-55, 2008.

SECRETARIA DE PLANEJAMENTO DO ESTADO DA BAHIA – SEPLAN. **Territórios de identidade**. Disponível em <http://www.seplan.ba.gov.br/territorios-de-identidade/mapa>. Acesso em 22 de junho de 2015.

SERAFIM, A. C. et al. **Chorume, impactos ambientais e possibilidade de tratamentos**. III Fórum de Estudos Contábeis, 2003;

SILVA, Fabiana Moraes da. **Biogás de Lixo no Aterro Sanitário de Gramacho** / Fabiana Moraes da Silva. – Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2015.

TENÓRIO, J. A. S.; ESPINOSA, D. C. R. **Controle Ambiental de Resíduos**. In: PHILIP JR., A.; ROMÉRO, M. A.; BRUNA, G. C. (Ed.), **Curso de Gestão Ambiental**. Barueri: Manole, 2004.

VARELLA, C. A. A. **Princípios de funcionamento dos motores de combustão interna.**

UFRRJ. Departamento de engenharia, 2011. Disponível em:

http://www.ufrrj.br/institutos/it/deng/varella/Downloads/IT154_motores_e_tratores/apresenta/principios%20de%20funcionamento%20dos%20motores.pdf. Acesso em 21 de junho de

2015.