

XI-106 - BIOGÁS DO LIXO: ESTUDOS DE MAXIMIZAÇÃO DA PRODUÇÃO PROVENIENTE DA MATÉRIA ORGÂNICA SEGREGADA EM ÁREAS URBANAS E SEUS EFEITOS SOBRE O GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NAS CIDADES

Denner Ribeiro Machado⁽¹⁾

Graduando em Engenharia de Energia pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas). Técnico em Meio ambiente pelo Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG). Técnico em Informática para Internet pela Universidade Federal de Viçosa (UFV).

Geraldo Tadeu Rezende Silveira⁽²⁾

Graduado em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Mestre em Engenharia Civil - Saneamento e Recursos Hídricos pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Doutor em Meio Ambiente, Saneamento e Recursos Hídricos pela UFMG e pós-doutorado em Engenharia Ambiental pela North Carolina A&T State University. Professor Adjunto IV da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Brasil

Endereço⁽¹⁾: Rua Cel. Américo de Oliveira, 63 – Industrial – Contagem – MG – CEP: 32235-390 – Brasil – Tel.: (31) 988532625 – e-mail: denner_ribeiro@yahoo.com.br

RESUMO

O biogás é o gás proveniente da decomposição da matéria orgânica e representa uma fonte renovável de energia cada vez mais promissora diante de um cenário em que a crescente demanda de energia e o crescimento demográfico podem trazer prejuízos ao meio ambiente. Tal gás entra como uma alternativa para mitigar impactos ambientais causados pelo acelerado processo de produção de resíduos sólidos e serve como uma ferramenta na gestão dos resíduos sólidos urbanos. O gás formado pelo processo de digestão anaeróbia é composto por uma mistura de gases, basicamente por gás metano (CH₄), um gás incolor, inodoro e de alto poder calorífico. A implantação de um manejo adequado de resíduos traz, se coletado seletivamente, benefícios econômicos e ambientais. Com base nesse panorama, o presente trabalho relata o estado da arte que justifica uma pesquisa mais aprofundada sobre a hipótese de que a metanogênese, etapa fundamental do processo de digestão anaeróbia, depende fundamentalmente da qualidade do substrato utilizado. Como resultado desta pesquisa, conclui-se que em um segundo momento, desenvolver-se-á um projeto laboratorial que leve em consideração testes realizados com diferentes substratos provenientes dos resíduos sólidos domésticos, com matéria orgânica segregada ou não na origem e assim evidenciar a importância de segregação e manejo adequado do resíduo na origem.

PALAVRAS-CHAVE: Biogás, Resíduos Sólidos, Matéria Orgânica, Segregação na Origem.

INTRODUÇÃO

O biogás representa uma fonte renovável e alternativa de energia cada vez mais utilizada em todo o mundo para a geração de energia elétrica e como substituto de diversos combustíveis fósseis, além de ser uma importante ferramenta na gestão dos resíduos sólidos urbanos - RSU. A utilização da tecnologia de digestão anaeróbia (também conhecida como biometanização) para a gestão da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos – FORSU é uma realidade que vem se multiplicando ao redor do mundo. A implantação de Planos de Gerenciamento de Resíduos, visando à redução, à reutilização e à reciclagem dos materiais considerados “lixo” tem despertado o interesse da sociedade gerando um verdadeiro ciclo de produção para o aproveitamento do material, que, coletado seletivamente traz benefícios econômicos e ambientais.

Atualmente, pode-se dizer que a Europa é vanguarda no uso, desenvolvimento e aprimoramento da tecnologia de biometanização. O uso dessa tecnologia ainda não tem grandes atrativos econômicos que viabilizem seu desenvolvimento como se tem hoje na Europa, além da falta de incentivos fiscais no Brasil que propiciem essa expansão.

A hipótese desta pesquisa é a de que a metanogênese, etapa fundamental do processo de digestão anaeróbia, depende fundamentalmente da qualidade do substrato utilizado, ou seja, do seu teor de matéria orgânica e da ausência de outras substâncias químicas, presentes no resíduo sólido urbano comum, que poderiam inibir os processos microbianos, ou, até mesmo não permitir a ocorrência da biodecomposição.

OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é o de levantar o referencial teórico sobre a viabilidade da segregação na origem da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos – FORSU para a maximização da geração de biogás, e, numa segunda etapa laboratorial, testar a geração de biogás de diferentes substratos provenientes dos resíduos sólidos domésticos, com matéria orgânica segregada ou não na origem.

METODOLOGIA

A metodologia utilizada neste trabalho consiste primeiramente no levantamento bibliográfico sobre os processos bioquímicos de decomposição da matéria orgânica presente nos resíduos sólidos urbanos - RSU, bem como apontar a composição gravimétrica do RSU do município de Belo Horizonte. Este estudo pode apontar uma alternativa experimental com base em experiências relatadas na literatura sobre a geração do biogás a partir da parcela orgânica presente no resíduo comum e para se comprovar a hipótese formulada.

RESULTADOS

A BIOMETANIZAÇÃO E O RSU

A tecnologia de biometanização da FORSU geralmente é empregada em plantas de tratamento mecânico-biológico. O material é submetido a processos manuais e mecanizados de triagem para recuperação de materiais recicláveis e tratamento da fração orgânica dos resíduos. A fração orgânica é direcionada a processos biológicos de tratamento para estabilização, geralmente via biometanização ou a compostagem acelerada (ARCHER *et al.*, 2005). Um dos principais aspectos que diferem as tecnologias de biometanização da FORSU é o teor de sólidos totais (ST) do material que será introduzido nos digestores. Isto faz com que os sistemas via seca gerem uma menor quantidade de efluentes líquidos, acarretando em economias de investimento e operação quanto aos sistemas de pré-acondicionamento e tratamento de efluentes. É possível observar se ainda que o meio biológico dos sistemas via seca é mais robusto, suportando melhor as alterações no substrato e a aplicação de cargas orgânicas elevadas (GOMES *et al.*, 2012)

Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) (2014), a incineração e processamento biológico são, essencialmente, as duas formas adotadas para ofertar energia elétrica e biocombustível. Dentro de uma visão mais abrangente, o aproveitamento energético dos RSU compreende também a reciclagem do material coletado e permite a substituição de insumos para cuja produção há, normalmente, grande consumo de energia. Por aliviar pressões de demanda de matérias primas, inclusive recursos naturais e de energia, a reciclagem se constitui, em princípio, em uma forma ambientalmente eficiente de aproveitamento energético dos RSU.

De acordo com a Norma Brasileira NBR 10.004 de 2014, resíduos sólidos são aqueles que:

Nos estados sólidos e semissólidos que resultam da atividade da comunidade de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Considera-se, também, resíduo sólido os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornam inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos d'água, ou exijam, para isso, soluções técnicas e economicamente inviáveis, em face à melhor tecnologia disponível.

A mesma norma define que os resíduos sólidos podem ser classificados segundo sua origem, ou de acordo com suas características físicas. Quanto à origem eles podem ser:

- Urbanos: provenientes de residências, atividades comerciais, varrição de ruas, podas de árvores e similares;
- Industriais: gerados pelos processos de transformação; ou

- Agrícolas: decorrentes da atividade produtiva do setor primário.

Quanto às características físicas, podem ser:

- Materiais inertes: vidros, metais, terras e cinzas e restos inertes; ou
- Materiais combustíveis: papéis, cartões, plásticos, madeira, gomas, couro, alimentos e outros.

Embora o aproveitamento energético de resíduos urbanos não se apresente com potencial de escala suficiente para sustentar uma estratégia de expansão da oferta de energia elétrica ou de biocombustível do país no longo prazo, o mesmo é elemento que deve ser considerado importante de uma estratégia regional ou local que transcende a dimensão energética. Na realidade compõe um arranjo de políticas de cunho social (saúde, saneamento, etc.), regional (desenvolvimento local) e ambiental (mitigação de impactos dos resíduos).

Ainda conforme a EPE (2014) no que tange a caracterização das tecnologias atualmente aplicadas para gerenciar o RSU com foco na obtenção de energia, conclui-se que a ação conjunta entre reciclagem e biodigestão é muito mais vantajoso que a incineração ou a biodigestão sem reciclagem. A Tabela 01 a seguir apresenta um comparativo das tecnologias e características de gestão de resíduos aplicadas. Constata-se que cada vez mais as tecnologias associadas ao maior grau de reciclagem propiciam melhor aproveitamento energético do RSU.

TABELA 01 - Consolidação do Potencial Técnico do Aproveitamento Energético dos RSU (Ktep)

	Cenário de Geração de Eletricidade	Energia Conservada com Reciclagem	Total
GDL	211	-	
Incineração	2.153	3.610	5.763
Digestão Anaeróbica Acelerada	589	18.638	19.226
	Produção de Biometano	Energia Conservada com Reciclagem	Total
GDL	583	-	
Digestão Anaeróbica Acelerada	1.315	18.638	19.953

FONTE: EPE, 2014 (Adaptado)

Entretanto, alcançar o nível de seleção elevado é bastante difícil, visto que historicamente os resíduos são misturados. Uma das principais alternativas adotadas é a segregação de recicláveis por catadores de lixo, mas que atinge apenas o equivalente a 10% do potencial de recicláveis. Além disso é importante destacar que a tabela acima representa informações sobre o RSU incluindo a matéria orgânica, logo como já apontado anteriormente mesclar a segregação da matéria orgânica com a reciclagem ampliam significativamente o aproveitamento energético.

Pode-se dizer que a reciclagem de qualquer material compreende quatro fases: a segregação na origem, a coleta seletiva, a triagem, e a revalorização e transformação. As duas primeiras etapas representam o grande desafio da reciclagem, na medida em que envolvem processo de conscientização da população na direção da prática da coleta seletiva e, ainda, investimentos em logística e distribuição do material selecionado para os destinos adequados. Na fase de revalorização, realiza-se a descontaminação e adequação do material coletado, para que possa ser utilizado como matéria-prima na manufatura de novos produtos. A última fase, de transformação, se completa o ciclo, com o efetivo uso do material revalorizado como insumo na indústria de transformação.

No Brasil, a tecnologia de biometanização ainda é pouco explorada e a recuperação energética de biogás ocorre de maneira bastante incipiente. Destaca-se também, segundo a EPE (2014), que diversos municípios brasileiros não possuem adequado gerenciamento de resíduos sólidos urbanos, dispondo seus resíduos de forma irregular. Além de problemas ambientais e socioeconômicos, a disposição de resíduos sólidos urbanos em lixões dificulta o aproveitamento do biogás gerado na decomposição desses resíduos.

No contexto do FORSU, o tratamento biológico da matéria orgânica via metanização consiste em um sistema integrado, que abrange o conhecimento transdisciplinar em tratamento das fases sólida, líquida e gasosa, com vistas a valorização dos subprodutos gerados (biogás e biosólidos). A metanogênese é a fase mais crítica e mais lenta da biodigestão, sendo extremamente influenciada pelas condições de operação, como temperatura, composição do substrato, taxa de alimentação, tempo de retenção no biodigestor, pH, concentração de amônia, entre outros. Logo aliar uma tecnologia adequada com uma boa gestão do resíduo com segregação da matéria orgânica na origem tende a potencializar a geração de energia.

É importante ressaltar que os sistemas biológicos são susceptíveis a distúrbios em sua biocenose, ou seja, da composição biológica do meio em virtude de seus desequilíbrios ambientais, dado o aporte de substâncias nocivas à microbiota anaeróbia; a presença de altas concentrações de nitrogênio no reator; e a eventos de sobrecarga orgânica no reator. Em vista disso, tem-se buscado estabelecer parâmetros operacionais e de monitoramento ambiental que subsidiem práticas operacionais que, de forma simples e econômica, garantam o rendimento máximo de produção de metano e a eficiência energética do sistema.

Nesse cenário, é indispensável o desenvolvimento de tecnologias nacionais que garantam: o adequado tratamento da FORSU, de forma robusta; a autossuficiência energética; e que tenham simplicidade operacional, disseminando o tratamento descentralizado de resíduos orgânicos.

Em seus estudos, MAYER (2013) conclui que a avaliação da influência de diferentes inóculos no tratamento anaeróbio de resíduos sólidos orgânicos em reator de batelada foi de grande importância para saber quais seriam as condições mais favoráveis, visando à solubilização biológica do substrato em estudo.

Como destacado, o processo de digestão anaeróbia ocorre a partir da degradação da matéria orgânica por uma gama de microrganismos anaeróbios. Diante disso, é desejável a inoculação dos reatores anaeróbios com uma biomassa anaeróbia já adaptada ao substrato e com elevada atividade metanogênica, que é a etapa do processo onde ocorre praticamente toda produção do metano. Dessa maneira, o processo de partida de reatores anaeróbios é otimizado, garantindo a estabilidade ambiental e a produtividade de biogás no digestor. Além disto, o monitoramento da comunidade metanogênica tem se destacado como uma poderosa ferramenta de análise da dinâmica microbiana estabelecida nos processos de biometanização.

Para adequado processamento da FORSU são necessárias algumas etapas:

- **Segregação:**
É a disposição diferenciada dos componentes orgânicos do resíduo, segregada dos outros alimentos. A segregação na fonte de geração é uma importante etapa, já que garante melhor “qualidade” do material a ser tratado, evitando possível contaminação do processo biológico.
- **Coleta Seletiva:**
Promove a eficiência da etapa de pré-tratamento do substrato, segregando possíveis componentes não orgânicos, garantindo-se assim a retirada dos inertes no resíduo coletado, o que justifica a triagem desse material e melhora a eficiência do processo.
- **Preparo substrato:**
Etapa de trituração e diluição da matéria prima para minimização dos riscos de choque de carga orgânica ou de compostos tóxicos ao processo dada à diluição das concentrações desses elementos em meio líquido.
- **Tratamento:**
Etapa de real tratamento do substrato para geração dos produtos finais. Essa etapa deve considerar vários aspectos que serão discutidos mais a diante.

Estudos apontam que uma vez que os resíduos são segregados na origem no momento de sua geração, o percentual em peso de inertes observado foi muito baixo, correspondendo a menos de 1% do total gerado (FERREIRA, 2015). Tal aspecto é de grande importância, pois permite uma melhor eficiência de operação do reator, além de gerar um volume menor de lodo. Com relação às análises básicas laboratoriais do resíduo alimentar, obtiveram-se valores médios de ST = 23,6% (totais), SV = 22,2%(voláteis) e SF = 1,4% (fixos).

Pode-se notar que os resíduos apresentam um elevado teor de sólidos orgânicos (94%), compondo quase a totalidade das amostras analisadas, comprovando, assim, a importância da segregação na fonte de geração. Em vista dessas características, o tratamento biológico do resíduo orgânico é fortemente recomendável. Os seguintes fatores devem ser considerados no projeto, como o *design* do reator, o estudo da influência da quantidade e tipo de biomassa utilizada no processo, a metodologia de quantificação do biogás e o desenvolvimento da técnica analítica para identificação da composição do biogás gerado.

A classificação do RSU prima por facilitar as decisões técnicas e econômicas tomadas na Gestão dos RS. Tal procedimento vai desde a gestão do manuseio, acondicionamento, armazenamento, coleta e transporte até o tratamento, disposição e uso final. Buscando-se atender o objetivo geral deste estudo é necessário efetuar-se uma classificação adequada do FORSU, levando-se em consideração fatores, tais quais:

- **Localização geográfica e características da área a ser considerada:** delimitando-se geograficamente e as características socioeconômicas da área.
- **Clima e variações temporais:** dia da semana, meses, anos, natal, férias, turismo, dentre outras.

Levando-se em consideração esta classificação a opção adotada para análise da área será a composição gravimétrica dos resíduos, que é a razão entre o peso – expressa em percentual de cada componente – e peso total de resíduos. A determinação da composição gravimétrica dos resíduos é um dado essencial a ser obtido. No caso dos resíduos de origem domiciliar e comercial os componentes na composição gravimétrica são: matéria orgânica putrescível, metais ferrosos, metais não ferrosos, papel, papelão, plásticos, trapos, vidro, borracha, couro, madeira, entre outros.

Após entender melhor o processo de gerenciamento do resíduo, conclui-se que a biodigestão anaeróbia da matéria orgânica ocorre pela ação de microrganismos procarióticos fermentativos e anaeróbios, e requer a cooperação dos diferentes grupos microbianos. Tais mecanismos autoreguladores decorrem de interações entre os diversos grupos procarióticos que participam do processo com funções distintas e específicas, capazes de manter o pH, a pressão de hidrogênio, e o potencial redox do sistema no sentido de otimizar a metanogênese. A equação (1) representa de maneira global a decomposição anaeróbia da matéria orgânica, ou seja, na ausência de oxigênio.



Para melhor se compreender a decomposição é necessário aprofundar-se no processo. A degradação anaeróbia da matéria orgânica é quimicamente um processo complexo, envolvendo centenas de possíveis compostos e reações intermediárias, as quais são catalisadas por enzimas e catalisadores específicos. As bactérias atuam de forma simbiótica, utilizando a matéria orgânica de forma assimilativa para o crescimento da população atuante no processo. Ocorre em quatro fases principais, podendo haver a inclusão de uma quinta fase, dependendo da composição química da matriz a ser tratada como aponta alguns autores. O processo pode ser representado de forma esquemática conforme a (FIG. 1).

Segundo SAKUMA (2013), na hidrólise, os materiais particulados complexos (polímeros) são degradados em materiais dissolvidos mais simples (moléculas menores). Na acidogênese, os produtos metabolizados na hidrólise são degradados pelas bactérias fermentativas acidogênicas. Na última etapa, acetogênese, as bactérias acetogênicas produzem substratos para a metanogênese, ou seja, para a formação de gás metano. Nesta etapa, as bactérias são divididas em dois grupos principais: as metanogênicas acetoclásticas, capazes de produzir metano a partir do acetato (sendo responsáveis por cerca de 60 a 70% da produção de metano) e as bactérias metanogênicas hidrogênótóxicas que são capazes de produzir metano a partir de hidrogênio e dióxido de carbono.

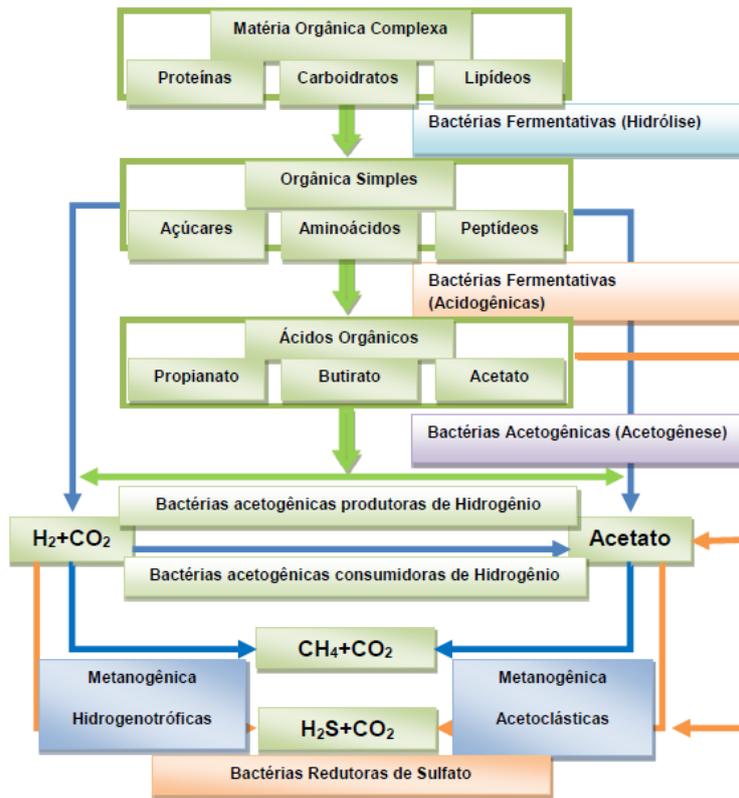


Figura 1: Metabolismo da biodigestão (SAKUMA, 2013)

Para que a metanogênese da digestão anaeróbia ocorra é necessária a presença das bactérias que consomem hidrogênio. Sem a simbiose nada ocorre, devido ao excesso de hidrogênio para a fermentação. Verifica-se então que a bioenergia é um estudo quantitativo da energia nas células vivas a partir dos processos bioquímicos nelas envolvidos. A energia livre de Gibbs (G) expressa a quantidade de energia capaz de realizar trabalho em um processo. Ao ocorrer uma liberação de energia livre, ou seja, quando a energia livre dos produtos da reação é menor do que a dos reagentes, $\Delta G < 0$ e a reação acontece de forma espontânea. A (FIG. 2) mostra uma comparação energética de algumas reações comuns na degradação anaeróbia.

Etapa	Reação	$\Delta G'$
	$C_6H_{12}O_6 + 2H_2O \rightarrow 2CH_3COO^- + 2CO_2 + 2H^+ + 4H_2$	-206 kJ/reação
Acidogênese(I)	$C_6H_{12}O_6 + 2H_2 \rightarrow 2CH_3CH_2COO^- + 2H_2O + 2H^+$	-358 kJ/reação
	Glicose Propionato	
	$C_6H_{12}O_6 \rightarrow CH_3CH_2CH_2COO^- + 2CO_2 + H^+ + 2H_2$	-255 kJ/reação
	Glicose Butirato	
	$CH_3CH_2COO^- + 3H_2O \rightarrow CH_3COO^- + HCO_3^- + H^+ + 3H_2$	+76 kJ/reação
	Propionato Acetato	
Acetogênese (II)	$CH_3CH_2COO^- + 2HCO_3^- \rightarrow CH_3COO^- + H^+ + 3HCO_3^-$	+72 kJ/reação
	Propionato Acetato	
	$CH_3CH_2CH_2COO^- + 2H_2O \rightarrow 2CH_3COO^- + H^+ + 2H_2$	+48,1 kJ/reação
	Butirato Acetato	
	$CH_3COO^- + H_2O \rightarrow CH_4 + HCO_3^-$	-31 kJ/reação
	Acetato Metano	
Metanogênese (III)	$H_2 + \frac{1}{4}HCO_3^- + \frac{1}{4}H^+ \rightarrow \frac{1}{4}CH_4 + \frac{3}{4}H_2O$	-33,91 kJ/reação
	Hidrogênio Metano	
	$HCOO^- + \frac{1}{4}H_2O + \frac{1}{4}H^+ \rightarrow \frac{1}{4}CH_4 + \frac{3}{4}HCO_3^-$	-32,6 kJ/reação
	Formiato Metano	

Figura 2: Comparação energética de algumas reações comuns na degradação anaeróbia (SAKUMA, 2013)

Note-se que na acetogênese (II) há a ocorrência de reações de oxidação (doadoras de elétrons), uma vez que as reações acetogênicas não são degradadas nas condições padrão, sendo desfavoráveis termodinamicamente ($\Delta G > 0$). Estas reações endergônicas, portanto, para ocorrer requerem a ocorrência de reações paralelas exergônicas que liberam energia, isto é, são reações que consomem ATP (adenosina trifosfato). Assim sendo, os microrganismos acetogênicos perdem menos energia produzindo hidrogênio ao invés de compostos orgânicos mais reduzidos. Por outro lado, na acidogênese (I) e metanogênese (III) demonstram que são reações de redução (receptoras de elétrons). Este ciclo remove continuamente H_2 , em um processo de biodigestão na etapa da metanogênese. A pressão parcial é de 10^{-4} atm, sendo que, habitualmente, se encontra próxima a 10^{-6} atm.

GRAVIMETRIA DO RSU DE BELO HORIZONTE

O município de Belo Horizonte está entre as 10 cidades mais populosas do Brasil, conforme informa o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2016), com uma população estimada de 2.513.451 habitantes. A Lei Municipal no 10.534/2012 classifica os resíduos sólidos domiciliares como os resíduos de residências, de edifícios públicos e coletivos, e de comércio, serviços e indústrias, desde que apresentem as mesmas características dos provenientes de residências. Referem-se às massas dos resíduos oriundos das seguintes coletas:

- Coleta Indiferenciada de Resíduos Domiciliares
- Seletiva de Materiais Recicláveis: Papel, Metal, Plástico e Vidro (PMPV)

O Plano Municipal de Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos do Município de Belo Horizonte – PMGIRS/BH de 2016 avaliou todos os resíduos descritos acima e apontou que estudos de caracterização dos resíduos domiciliares foram desenvolvidos pela Superintendência de Limpeza Urbana (SLU) em 1985, 1991, 1995 e no período de Out/2002 a Set/2003, e desde 2009 vem sendo realizado mensalmente pela empresa Macaúbas Meio Ambiente. Devido as diferenças metodologias e a dispersão de análises os resultados da série histórica obtida na Central de Tratamento de Resíduos Sólidos (CTRS) Macaúbas, os resíduos orgânicos predominam quando comparados aos demais componentes. Na Tabela 02 é possível observar um comparativo entre as composições gravimétricas da Secretária Municipal de Limpeza Urbana de Belo Horizonte (SMLU/BH) da CTRS Macaúbas e do Plano Nacional de Resíduo Sólido (PNRS) de 2011.

Tabela 02 - Comparativo entre composições gravimétricas apresentadas

<i>Fonte / Estudo</i>	<i>Matéria orgânica</i>	<i>Recicláveis (P,P,M,V)</i>	<i>Outros</i>
SMLU	61,59%	25,55%	12,86%
CTRS Macaúbas	48,77%	35,29%	15,95%
PNRS	51,40%	31,90%	16,70%

Fonte: PMGIRS BH, 2016.

Assim, para fins deste estudo, será considerada a composição gravimétrica apresentada pelo estudo realizado na CTRS Macaúbas, por apresentar dados mais recentes para a realidade de Belo Horizonte.

CONCLUSÃO

Após esta revisão bibliográfica sobre o tema que possibilitou a definição dos principais aspectos a serem avaliados, propõe-se a montagem de 3 (três) protótipos de biodigestores. Um terá características de substratos baseados na composição gravimétrica do Município de Belo Horizonte não segregada, o outro com substrato de mesma referência, mas considerando que houve segregação da matéria orgânica na origem e o terceiro com um substrato com um inoculo misto, ou seja, considerando que houve segregação inadequada da matéria orgânica e o mesmo está parcialmente contaminado. Na construção do biodigestor serão levadas em conta a

disponibilidade de materiais necessários, condições operacionais e disponibilidade de matéria orgânica que seria utilizada para abastecimento do biodigestor.

Para monitorar o sistema e melhor avaliar o biodigestor, será utilizada uma montagem eletrônica com arduíno e dois sensores, o de temperatura e o de concentração de metano e um protoboard auxiliar. A escolha de se medir a concentração de metano e de temperatura foi definida com base no estudo teórico, uma vez que a temperatura é um dos principais fatores que influenciam na digestão anaeróbica, sendo os outros fatores mais estáveis, devido ao porte do projeto e o resíduo utilizado. Já a medida de concentração de metano (em partículas por milhão – ppm) possibilitará uma verificação da taxa de variação da produção e a produção de um possível gráfico de variação da concentração em relação ao tempo.

Após a etapa de retenção na matriz de biometanização, o gás e o substrato serão analisados em laboratório e todos os resultados levantados até o presente momento serão base para a validação da hipótese de que a matéria orgânica segregada na origem dos resíduos sólidos domésticos influencia positivamente na biometanização.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARCHER, E., *et al.* Mechanical-biological-treatment: a guide for decision makers processes, policies & markets. Londres, Juniper Consultancy Services Ltd, v. 1. 2005.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10004 - Resíduos sólidos: classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.
3. EPE [Empresa de Pesquisa Energética]. Inventário Energético dos Resíduos Sólidos Urbanos – Série Recursos Energéticos, Rio de Janeiro, 2014.
4. FERREIRA, B. O. Avaliação de um sistema de metanização de resíduos alimentares com vistas ao aproveitamento energético do biogás, 2015.
5. GOMES, F. C. de S. P., AQUINO, S. F. de, COLTURATO, L. F. de D. B. Biometanização seca de resíduos sólidos urbanos: estado da arte e análise crítica das principais tecnologias. *Eng Sanit Ambient*, v.17, n.3, p. 295-304, Set. 2012.
6. MAYER, M. C. Estudo da influência de diferentes inóculos no tratamento anaeróbio de resíduos sólidos orgânicos, p. 59-60, abr. 2013.
7. PEREIRA... redigir
8. SLU [Superintendência de Limpeza Urbana]. Plano Municipal de Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos do Município de Belo Horizonte – PMGIRS/BH, 2016.
9. SAKUMA A. C. Desenvolvimento e análise experimental de biodigestores modulares de baixo tempo de residência. 118f, ago. 2013.