

### III-112 - AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DOS RESÍDUOS GERADOS NO RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO DA UFPB, CAMPUS I

**Igor do Nascimento Quaresma** <sup>(1)</sup>

Graduando em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal da Paraíba

**Lucas Medeiros Cardoso** <sup>(2)</sup>

Graduando em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal da Paraíba

**Joácio de Araújo Morais Júnior** <sup>(3)</sup>

Doutor em Sciences Et Techniques Du Déchet pelo Institut National Des Sciences Appliquées de Lyon, França.

**Endereço**<sup>(1)</sup>: Rua Carlos Sérgio da Silva Brandão, 37, apartamento 309-B. Bancários – João Pessoa – PB – CEP: 58056-136 – Brasil – Tel: (83) 99874 8194 – e-mail: igor\_nq@hotmail.com.

#### RESUMO

A disposição incorreta dos resíduos sólidos podem acarretar diversos problemas socioambientais, como a contaminação dos solos, águas subterrâneas e superficiais, que podem contribuir para a proliferação de doenças oriundas dessas contaminações. Já na decomposição anaeróbica, processo que ocorre na disposição da matéria orgânica em aterros, existe a liberação de gases que contribuem para o agravamento do efeito estufa, principalmente o metano (CH<sub>4</sub>). A utilização de biodigestores pode fazer com que a quantidade de resíduos destinados aos aterros diminua, além disso, através dos biodigestores, pode ser produzido o biogás, produto que tem, entre outras características, a capacidade de geração de energia elétrica. O objetivo desse trabalho é elaborar uma proposta de construção de um biodigestor para tratar os resíduos gerados a partir do Restaurante Universitário da Universidade Federal da Paraíba, Campus I. A geração de resíduos orgânicos resultantes do preparo e pós-consumo das refeições no Restaurante Universitário (RU) do Campus I da Universidade Federal da Paraíba (UFPB) foi estimada durante uma pesquisa de dissertação em andamento na UFPB no período de 17 a 21 de março de 2014. Para dimensionar o biodigestor, tivemos como procedimento metodológico estudos elaborados por Gomes (2014) e Ferreira (2015), que utilizaram um biodigestor para o tratamento de resíduos orgânicos com origem no Restaurante Universitário da Universidade Federal de Minas Gerais. O biodigestor da UFPB terá um sistema de alimentação contínuo com mistura completa, possuindo um volume útil de 20m<sup>3</sup>, altura útil de 2,8m e um diâmetro nominal de 3,0m e será construído com o material de polímero reforçado com fibra de vidro (PRFV) e um tempo de detenção hidráulica de 35 dias.

**PALAVRAS-CHAVE:** Dimensionamento de biodigestor, biogás, resíduos orgânicos, metano.

#### INTRODUÇÃO

Os resíduos sólidos urbanos fazem parte, hoje, das principais discussões sobre meio ambiente. Eles representam um grande desafio porque demandam espaço físico adequado para sua disposição, apresentam riscos potenciais de contaminação de solos e águas subterrâneas e superficiais e, na decomposição anaeróbica que ocorre nos aterros de Resíduos Sólidos Urbano, existe a liberação de gases que contribuem para o agravamento do efeito estufa, principalmente o metano (CH<sub>4</sub>). O Metano é um gás que contribui muito para o agravamento do efeito estufa e consequentemente para o aquecimento global.

Depois da política nacional de resíduos sólidos, lei 12305/2010, todos os municípios brasileiros estão enfrentando o desafio de buscar alternativas de tratamento para seus resíduos sólidos urbanos. Em 2012, o Brasil possuía uma população de 163.713.417 habitantes, e gerava 201.058 toneladas de resíduos sólidos urbano diariamente, 51,4% desse total era resíduo orgânico coletado, o que representava 29.072.794 toneladas por ano. Somente a Região Nordeste gerou 51.689 toneladas de resíduos sólidos urbanos por dia no ano de 2012. (ABRELPE, 2012). Já em 2014, o Brasil possuía uma população de 202.799.518 habitantes e gerou 215.297 toneladas de resíduos sólidos urbano por dia, representando um aumento de 14.239 toneladas por dia, ou 7% a mais que o ano de 2012. Em relação ao Nordeste, em 2014 a região gerou 55.177 toneladas por dia de

RSU, o que representa um aumento de 3.488 toneladas por dia, ou 6% a mais em comparação ao ano de 2002. (ABRELPE, 2014). Esses números comprovam a afirmação de que com o crescimento populacional a geração de RSU aumenta cada vez mais.

Portanto, é necessária a adoção de práticas que visem à solução ou mitigação desse problema. Os “lixões” não oferecem soluções ambientalmente adequadas. Outra solução pode ser a utilização de aterros sanitários que, quando bem operados, mostram-se mais efetivos. No entanto, uma das alternativas que surgem para o melhor tratamento dos resíduos sólidos urbano, principalmente a matéria orgânica, é a utilização de biodigestores.

O objetivo desse trabalho é elaborar uma proposta de construção de um biodigestor para tratar os resíduos gerados a partir do Restaurante Universitário da Universidade Federal da Paraíba, Campus I.

## REVISÃO DA LITERATURA

Um biodigestor é formado por uma câmara fechada na qual uma biomassa é fermentada de forma anaeróbica, ou seja, sem a presença de oxigênio. Essa biomassa pode ser de origem vegetal ou animal. (GASPAR, 2003) Na digestão anaeróbica, as bactérias atacam as estruturas de materiais orgânicos mais complexos e produzem compostos mais simples, como o metano, então quanto maior a população bacteriana, mais eficiente e rápida será a digestão.

Existem biodigestores de vários tipos, eles podem ser classificados de acordo com seu sistema de alimentação, complexidade e seu dimensionamento. O sistema de alimentação pode ser de forma contínua ou descontínua (biodigestor de batelada). No sistema de alimentação contínua, a biomassa é colocada no biodigestor ao mesmo tempo em que o biofertilizante é retirado. Segundo Chernicaró (2001), os biodigestores contínuos são os mais comuns no Brasil, através dos modelos de biodigestor chinês, indiano e tubular. Nesse sistema, a mesma quantidade que foi adicionada é retirada, assim a produção de gás será contínua.

No sistema de alimentação descontínua (batelada) a biomassa é colocada dentro do biodigestor, e ele só será aberto novamente após a produção do biogás, entre 30 e 60 dias. Em seguida ao processo de fermentação da biomassa, um novo ciclo de produção de biogás se inicia, o biodigestor é aberto limpo e carregado com biomassa. (FRANÇA JUNIOR, 2008; FERREIRA, 2015)

Ortolani et al. (1991) diferem os biodigestores descontínuos dos biodigestores contínuos por possuírem características que diferenciam o seu funcionamento do modelo indiano e chinês, como: o abastecimento, a produção de biogás na forma de pico e por não possuir caixas de entrada e saída e também não necessitar de ter parede divisória.

Os biodigestores devem ser dimensionados de acordo com a quantidade de dejetos disponíveis e são construídos de acordo com o produto final que se deseja obter, como produção de adubo, produção de energia elétrica e tratamento de rejeitos. Na escolha do modelo e tamanho ideal do biodigestor, deve-se levar em conta as condições do solo, os recursos financeiros disponíveis, escolhendo um modelo que possua um custo de manutenção mais baixo e de alta eficiência. (PORTES, 2005)

Os principais produtos oriundos da fermentação da biomassa são o biogás e o biofertilizante. Vários fatores influenciam na eficiência da produção do biogás. Segundo Chernicharo (2007), os fatores são os seguintes: composição química do resíduo, impermeabilidade ao ar, temperatura, produção e consumo de ácidos orgânicos, Ph, alcalinidade e acidez. Dentre os fatores citados, um dos mais importantes é a temperatura. A temperatura deverá ficar entre 32 e 37 °C para bactérias mesofílicas, ou seja, aquelas que têm uma taxa de crescimento maior entre 25 e 40°C, e entre 50 a 60 °C, para bactérias termofílicas, aquelas que têm o crescimento acelerado em temperaturas elevadas. Segundo Chernicharo, 1997; Sanchez et al., 2005 apud (OLIVEIRA; HIGARASHI, 2006), “A maioria dos biodigestores anaeróbios têm sido projetados na faixa mesófila, embora também seja possível a operação destes na faixa termófila.” Outro fator importante é a composição química, ele diz respeito ao fato de que substâncias orgânicas facilmente degradáveis proporcionam maior produção de metano, sendo mais efetivas em sua produção. As características do biogás

dependem da pressão, temperatura, umidade, concentração de metano e concentração de gases inertes e/ou ácidos.

O biogás pode ser utilizado energeticamente de várias formas, como uso direto em substituição a outros tipos de combustíveis, ou indireto, na geração de eletricidade e cogeração de eletricidade e calor. A forma mais eficiente de aproveitamento é a cogeração, visto que o potencial energético que não puder ser convertido em energia elétrica poderá sê-lo em calor (CHERNICHARO, 2007)

O aproveitamento do biogás é mais comum na geração de energia elétrica e para aquecimento, dependendo das características de cada país. No caso de países industrializados, o biogás é mais utilizado para a produção de vapor, já em países em desenvolvimento, o biogás é utilizado em cocção e iluminação. (ZANETTE, 2009). Corroborando com Zanette, 2009, Gomes, 2014 diz que: o biogás pode ser utilizado energeticamente de várias formas, como uso direto em substituição a outros tipos de combustíveis, ou indireto, na geração de eletricidade e cogeração de eletricidade e calor. A forma mais eficiente de aproveitamento é a cogeração, visto que o potencial energético que não puder ser convertido em energia elétrica poderá sê-lo em calor.

No caso de utilização do biogás para a geração de energia elétrica, é necessário tornar o biogás mais eficiente. Essa otimização é feita através da remoção de alguns componentes presentes no biogás, como água, partículas, dióxido de carbono e ácido sulfídrico. Segundo Costa (2006), “o potencial energético do biogás varia em função da presença de metano em sua composição: quanto mais metano, mais rico é o biogás”.

O biogás é composto basicamente por Metano e Dióxido de Carbono. Metano – 50 a 80% e 20 a 40%; respectivamente. Os outros gases presentes do biogás são o Hidrogênio, Nitrogênio e Gás Sulfídrico, todos com menos de 5% do total. O Metano é um gás que contribui muito para o agravamento do efeito estufa e consequentemente para o aquecimento global. Esse gás tem um potencial de efeito de efeito estufa 21 vezes maior que o dióxido de carbono, por exemplo. De acordo com Ferreira 2015, embora o metano seja responsável por uma crescente parcela das emissões de GEE no mundo, esse gás tem elevado potencial de recuperação energética. Isso torna seu uso estratégico, pois promove o simultâneo tratamento do resíduo orgânico e composição de uma matriz energética renovável.

Quando produzido por meio da digestão anaeróbica, é necessário que haja a queima do metano, convertendo-o de CH<sub>4</sub> para CO<sub>2</sub>, evitando assim que ele seja liberado diretamente para a atmosfera. (OLIVEIRA; HIGARASHI, 2006).

As principais vantagens na produção de energia elétrica pelo uso do biogás são as seguintes: geração de energia próxima a fonte de consumo, possibilidade de comercialização da energia para companhias energéticas, redução no consumo de energia no próprio local de produção e a redução de emissões de gases de efeito estufa para a atmosfera. (FERREIRA, 2015)

## MATERIAIS E MÉTODOS

Estudos elaborados por Gomes (2014) e Ferreira (2015) utilizaram um biodigestor para tratar resíduos orgânicos com origem no Restaurante Universitário da UFMG. Esse biodigestor utilizado faz parte da Plataforma de Metanização de Resíduos Orgânicos (pMethar), instalada no Campus Pampulha da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). O biodigestor da pMethar possui um volume útil de 18,8m<sup>3</sup>, altura útil de 2,65m e um diâmetro nominal de 3,0m. Seu material de construção é polímero reforçado com fibra de vidro (PRFV). A alimentação do biodigestor é contínua e seu sistema de mistura é realizado por recirculação interna da biomassa através de bombeamento. (FERREIRA, 2015).

Como os objetivos da pMethar coincidem com o objetivo deste trabalho, tratar resíduos orgânicos oriundos de restaurantes universitário, o biodigestor dimensionado para os resíduos oriundos do Ru da UFPB poderá ter características parecidas com as do biodigestor existente na Plataforma de Metanização de Resíduos Orgânicos (pMethar) da UFMG.

## SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO DO BIODIGESTOR

A principal diferença entre os sistemas de alimentação de batelada e contínuos dizem respeito ao custo total gasto na operação e manutenção dos biodigestores. Os biodigestores com alimentação contínua possuem uma maior taxa de conversão de matéria orgânica em biogás, porém esse processo demanda a utilização de bombas para alimentação do biodigestor, além disso, esse sistema necessita de uma grande quantidade de energia. Esses dois fatores, energia e bomba, acabam deixando o sistema de alimentação contínua mais caro. Os biodigestores com alimentação a batelada apresentam condições ambientais menos estáveis, o que acaba reduzindo o rendimento de produção de metano, e consequentemente do biogás. O sistema a batelada necessita de pelo menos dois biodigestores funcionando de forma paralela. O que implica que a utilização de biodigestores a batelada demandam mais espaço para serem instalados em relação ao sistema contínuo.

Além disso, pode-se escolher o tipo de alimentação do biodigestor pela concentração de sólidos totais. Para um substrato com alto teor de sólidos totais, em média 20%, é recomendável que se utilize biodigestores em batelada. Já para o tratamento de substrato com baixa concentração de sólidos totais, de 4 a 8%, é recomendável que se utilize biodigestores com alimentação contínua. (FERREIRA 2015, LEITE 2007).

Parâmetro	Número de estágios		Regime de alimentação	
	Estágio-único	Duplo-estágio	Batelada	Contínuo
Produção de Biogás	Irregular de descontinua	Elevada e estável	Irregular de descontinua	Elevada e estável
Teor de Sólidos (%)	10 – 40	2 – 40	25 – 40	2 – 15
Custo relativo	Baixo	Alto	Baixo	Alto
Conversão de SV	Baixa a alta	Alta	40 – 70%	40 – 75%
TDH (dias)	10 – 60	10 – 15	30 – 60	30 – 60
COV (kgSV.m <sup>-3</sup> .d <sup>-1</sup> )	0,7 – 15	10 – 15 *no segundo estágio	12 – 15	0,7 – 1,4

**Figura 1 Comparação entre os sistemas de alimentação. Elaborada por Ferreira (2015)**

## PREPARO DO SUBSTRATO

O substrato utilizado para a alimentação do biodigestor será os resíduos orgânicos gerados pelas etapas de processamento, preparo e consumo de alimentos no RU, no campus I da UFPB. Os resíduos gerados deverão ser mantidos em containers de 120 litros, que são utilizados na UFPB para a disposição de lixo, após esse acondicionamento, é necessário que se faça um pré-tratamento desse substrato para evitar que materiais impróprios ao tratamento biológicos sejam incorporados ao biodigestor. Esse pré-tratamento pode começar com a triagem realizada pelos próprios funcionários do RU, que ao recolherem as bandejas, podem fazer a separação entre talheres e plásticos. Essa é uma importante etapa que garante a eficiência do pré-tratamento.

Além dessa triagem realizada pelos funcionários do RU, o pré-tratamento deve possuir mais duas etapas, trituração e diluição. A trituração é feita com o objetivo de diminuir o tamanho das partículas e favorecer as etapas de digestão anaeróbica, como a hidrólise. A trituração pode ser feita mecanicamente por um triturador, utilizando ainda água corrente, para aumentar o desempenho do triturador. Já a diluição é importante, pois concentrações de compostos tóxicos podem ser diluídas, evitando que eles adentrem ao processo de tratamento biológico. A diluição é necessária quando os teores de sólidos totais estão maiores que 5% em relação à concentração de sólidos. Em biodigestores que fazem o uso da diluição, a taxa de conversão de matéria orgânica em metano é maior em relação aos reatores que não utilizam a diluição. (FERREIRA, 2015). Então, a diluição contribui para o aumento da eficiência da geração de metano, e consequentemente a geração de biogás, além de ser importante para propiciar a utilização do sistema de alimentação contínuo, um sistema mais eficiente em comparação ao sistema de batelada.

## **PARTIDA E MODO DE OPERAÇÃO DO BIODIGESTOR**

Para que as populações de micro-organismos possam se desenvolver e levar o sistema a um ponto de equilíbrio existe a necessidade de um tempo. Em virtude disso, é aconselhável a utilização de inóculo, com o objetivo de diminuir esse tempo de estabilização do sistema. Para a digestão anaeróbica de resíduos sólidos, os inóculos mais recomendáveis a serem utilizados são lodo de esgoto digerido, lodo de reatores UASB, estrume, resíduo digerido e lixiviado (REIS, 2012). Após a introdução do inóculo, deve-se mantê-lo em repouso para garantir sua estabilidade, só após esse tempo é que se deve aplicar a primeira carga de resíduos. Ferreira (2015) recomenda a utilização de lodo de reator anaeróbio mesofílico do tipo UASB e rúmen bovino como inóculo e um tempo de 15 dias para que o inóculo seja estabilizado. Já Reis (2012) recomenda a utilização de esterco bovino seco à temperatura ambiente e esgoto sintético preparado em laboratório, como inóculo.

## **ARMAZENAMENTO, TRATAMENTO E APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DO BIOGÁS**

Quando o biogás for gerado no biodigestor, ele deverá ser direcionado para um selo hídrico, com o objetivo de manter a pressão interna do biodigestor e atuar como um dispositivo de segurança. Essa pressão interna deverá ser menor que 0,05 m.c.a. A produção do biogás é quantificada através de um medidor de fluxo, já a composição do biogás pode ser analisada através de um multianalisador de gases, aferido em termos de CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, CO e O<sub>2</sub>. (FERREIRA, 2015). Após esse processo, o biogás poderá ser direcionado para plataforma de armazenamento e aproveitamento energético do biogás.

## **MONITORAMENTO**

Os principais parâmetros que devem ser monitorados em um sistema de produção de biogás são os seguintes: análises de sólidos, sólidos voláteis e fixos, DQO, pH e temperatura. Ferreira (2015) recomenda a utilização da metodologia adotada por APHA (2005) para monitorar os parâmetros de Sólidos totais, voláteis, fixos e DQO, pH e temperatura podem ser monitorados por um pHmetro. Para o monitoramento da quantidade do biogás é necessário a utilização de um medidor de fluxo de gás, e sua qualidade pode ser monitorada por um analisador de gás, servindo para a identificação das concentrações de gás metano (CH<sub>4</sub>), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO), oxigênio (O<sub>2</sub>) e sulfeto de hidrogênio (H<sub>2</sub>S).

## **RESULTADOS**

Com esses dados, fica viável dimensionar um biodigestor para tratar os resíduos orgânicos oriundos do RU da UFPB. Segundo Gomes (2014), um biodigestor que possua um sistema de mistura completa e com volume de 20m<sup>3</sup>, tem a capacidade de tratar entre 250 a 500 Kg por dia. Gomes (2014) fez esse levantamento para os resíduos orgânicos provenientes do Restaurante Universitário do campus da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

## **SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO DO BIODIGESTOR**

O sistema de alimentação em batelada, tomando a densidade do resíduo orgânico como sendo 1213kg/m<sup>3</sup> (SILVA; SANTOS), iríamos necessitar de 3 biodigestores de 10m<sup>3</sup>, no qual o ciclo seria renovado em 60 dias após encher o primeiro biodigestor, ou 3 biodigestores de 20m<sup>3</sup>, sendo a renovação do ciclo em 86 dias após encher o primeiro biodigestor. Já no sistema de alimentação contínua, um biodigestor de 20 m<sup>3</sup> seria suficiente para atender 100% dos resíduos orgânicos gerados no Restaurante Universitário.

Apontada às características de ambos os sistemas, em nossa análise, fica constado que apesar de possuir um maior custo, o sistema de alimentação contínua é o mais recomendável, pois possui uma maior eficiência em relação ao sistema de alimentação de batelada.



## PREPARO DO SUBSTRATO

A geração de resíduos orgânicos resultantes do preparo e pós-consumo das refeições no Restaurante Universitário (RU) do Campus I da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), foi estimado em 2568 Kg por semana, ou 513 Kg por dia. Esse levantamento foi feito durante uma pesquisa de dissertação em andamento na UFPB no período de 17 a 21 de março de 2014, como pode ser observado na tabela abaixo. Para facilitar os cálculos do volume do biodigestor, foi adotado a quantidade de resíduos orgânicos de 500 Kg por dia.

**Tabela 1 Geração de resíduos orgânicos no Restaurante Universitário da UFPB.**

Refeição	Resíduo	Nº de Refeições	Resíduo Orgânico (Kg)/Refeição
Almoço	1.231,30	3.094	0,398
Jantar	1.337,55	2.086	0,641
Total	2.568,85	5.180	0,496

## DIMENSIONAMENTO DO BIODIGESTOR

Assim, o biodigestor da UFPB terá um sistema de alimentação contínuo com mistura completa, possuindo um volume útil de 20m<sup>3</sup>, altura útil de 2,8m e um diâmetro nominal de 3,0m e será construído com o material de polímero reforçado com fibra de vidro (PRFV). REIS (2012) mostra que o tempo de detenção hidráulica de um biodigestor alimentado por sistema contínuo com substrato oriundo de Restaurante Universitário é de 42 dias. Corroborando com REIS (2012), FERREIRA (2015) mostra que o tempo de detenção hidráulica para esse mesmo substrato é entre 25 e 47 dias. O tempo de detenção hidráulica irá depender da vazão aplicada ao biodigestor. Nesse estudo, o tempo de detenção hidráulica considerado será de 35 dias.

**Tabela 2 Características do biodigestor dimensionado para a UFPB**

Sistema de Alimentação	TDH médio	Volume Útil	Altura Útil	Diâmetro	Material
Contínuo	35 dias	20-m <sup>3</sup>	2,8m	3m	PRFV

## ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO DE BIOGÁS

O tratamento de 500 kg de resíduos alimentares por dia é capaz de produzir em média 10 m<sup>3</sup>CH<sub>4</sub> ou 0,02 m<sup>3</sup>CH<sub>4</sub>/kg. Já para o biogás, os 500 kg de resíduos alimentares por dia são capazes de gerar em média 19m<sup>3</sup> de biogás por dia, ou 0,038m<sup>3</sup>/kg; (FERREIRA, 2015).

## CONCLUSÕES

O tratamento dos resíduos orgânicos por meio de biodigestor se mostra teoricamente eficiente, pois além de tratar o resíduo, é possível aproveitar os subprodutos desse tratamento, como o biogás. A taxa de produção de biogás seria de 19m<sup>3</sup> de biogás por dia, ou 0,038m<sup>3</sup>/kg ou 19,4m<sup>3</sup> de biogás para 513kg. O biodigestor da UFPB terá um sistema de alimentação contínuo com mistura completa, possuindo um volume útil de 20m<sup>3</sup>, altura útil de 2,8m e um diâmetro nominal de 3,0m e será construído com o material de polímero reforçado com fibra de vidro (PRFV) e um tempo de detenção hidráulica de 35 dias. No entanto, esse projeto não foi colocado em prática devido as dificuldades encontradas para o financiamento do mesmo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABRELPE. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil. São Paulo (SP): ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais, 2012.
2. ABRELPE. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil. São Paulo (SP): ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais, 2014.

3. APHA; AWWA; WEF. Standard methods for the examination of water and wastewater. 20. ed.. Washington: APHA, 2005.
4. CHERNICHARO, C. A. L (Coordenador). Pós-tratamento de efluentes anaeróbios. Projeto PROSAB. 544 p. Belo Horizonte, 2001.
5. CHERNICHARO, C. A. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: Reatores Anaeróbios. 2.ed. Belo Horizonte: Departamento de engenharia Sanitária e Ambiental, 2007.
6. COSTA, D. F. Geração de energia elétrica a partir do biogás de tratamento de esgoto. Dissertação (Mestrado em Energia) – Programa Inter-unidades de PósGraduação em Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo-SP, 2006.
7. FERREIRA, B.O. Avaliação de um sistema de metanização de resíduos alimentares com vistas ao aproveitamento energético do biogás. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. 2015
8. FRANÇA JUNIOR, A. T. Análise do aproveitamento energético do biogás produzido numa estação de tratamento de esgoto. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 148p. 2008.
9. GASPAR, R.M.B. L. Utilização de biodigestores em pequenas e médias propriedades rurais com ênfase na agregação de valor: um estudo de caso na região de Toledo-PR. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina, para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia de Produção, 2003.
10. GOMES, J. N., C. Potencial de produção de energia a partir da biometanização de resíduos orgânicos do campus Pampulha da UFMG. Dissertação (mestrado) Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia. 2014
11. LEITE, V.D.; LOPES, W.S.; SOUSA, J.T.; PRASAD, S. & SILVA, S.A. Tratamento anaeróbio de resíduos sólidos orgânicos com alta e baixa concentração de sólidos. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental v.13, n.2, p.190–196, 2009.
12. OLIVEIRA, P.A.V. & HIGARASHI, M.M. Geração e utilização de biogás em unidades de produção de suínos, 2006.
13. ORTOLANI, A.F.; BENINCASA, M.; JUNIOR, J.L. Biodigestores Rurais: modelos indiano, chinês e batelada. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal São Paulo, 1991.
14. PORTES, Z.A. Aplicativo computacional para projetos de biodigestores rurais. Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP – Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia – Área de Concentração em Energia na Agricultura, 2005.
15. REIS, A.S. Tratamento de resíduos sólidos orgânicos em biodigestor anaeróbio. Dissertação submetida ao Programa de Pósgraduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Pernambuco como parte dos requisitos necessários para obtenção ao título de Mestre. 2012.
16. ZANETTE, A.L. Potencial de aproveitamento energético do biogás no Brasil. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Planejamento Energético, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Planejamento Energético, 2009.