

## APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS DOMICILIARES DA CIDADE DE PELOTAS PARA PRODUÇÃO DE BIOGÁS

Ivanna Franck Koschier (\*), Willian César Nadaleti, Renan de Freitas Santos, Gabriel Borges dos Santos, Anaís França de Matos Oliveira

\*Universidade Federal de Pelotas. E-mail: ivannafk@hotmail.com

### RESUMO

Se tratando de energia, a maior parte utilizada no planeta provém de origem não renovável e diante disso, inúmeras pesquisas têm sido desenvolvidas em busca de novas e alternativas fontes. Tais pesquisas visam à diminuição dos impactos ambientais causados pelos combustíveis fósseis e propiciam maior segurança energética em relação às oscilações no preço do petróleo. Biocombustível pode ser definido como todo produto útil para a geração de energia, obtido total ou parcialmente de biomassa. Resíduos orgânicos industriais e domésticos, portanto, podem ser aproveitados para a geração de biocombustível, como o biogás. O Estado do Rio Grande do Sul está entre os maiores produtores mundiais de arroz. No processo de parboilização gera-se o lodo, resíduo que pode ser incorporado à degradação de matéria orgânica e se tratado, posteriormente, pode ser utilizado como adubo orgânico. Esta pesquisa visa avaliar o potencial energético dos resíduos orgânicos domiciliares provenientes do município de Pelotas-RS.

**PALAVRAS-CHAVE:** Biogás, biodigestão anaeróbia, resíduo domiciliar, resíduo orgânico, bioenergia.

### ABSTRACT

Regarding energy, the majority used in the whole planet is derived from nonrenewable origins and facing that, several studies have been developed for finding new and alternative sources. Such studies aims at reducing the environmental impacts caused by fossil fuels, providing greater energy security related to the fluctuations in the price of oil. Biofuel can be defined as any useful product for energy generation, obtained totally or partially from biomass. Therefore, organic and industrial waste can be used for the generation of biofuels, such as biogas. The State of Rio Grande do Sul is among the largest rice producers in the world. In the parboiling process, sludge is generated, which can be incorporated in the degradation of organic matter and if it is subsequently treated, can be used as an organic fertilizer. The objective of this research was to evaluate the energetic potential of household organic waste from the city of Pelotas-RS.

**KEY WORDS:** Biogas, anaerobic biodigestion, household waste, organic waste, bioenergy.

### INTRODUÇÃO

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei nº 12.305/10, além de prever a redução na geração de resíduos, tendo como proposta a prática de hábitos de consumo sustentável, cria um conjunto de instrumentos para promover o aumento da reutilização e da reciclagem dos resíduos sólidos e a destinação ambientalmente adequada dos rejeitos. Ela define a responsabilidade compartilhada dos geradores de resíduos e institui instrumentos de planejamento nos âmbitos nacional, estadual e municipal, estabelecendo a obrigatoriedade dos municípios em elaborarem seus Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) (PMGIRS, 2014).

O PMGIRS tem como objetivo implementar condições para o gerenciamento adequado dos resíduos sólidos urbanos gerados no município, tendo como princípios: a minimização da geração, a reutilização, a reciclagem, o tratamento e a disposição final adequadas. No município de Pelotas, a gestão dos resíduos sólidos, considerando o conceito mais amplo disposto na Lei 12.305/2010 (Lei dos Resíduos Sólidos), é de responsabilidade da Secretaria de Obras e Serviços Urbanos (SOSU), enquanto que o gerenciamento dos resíduos (coleta, tratamento, transbordo e disposição final) está ao encargo da Autarquia de Serviço Autônomo de Saneamento de Pelotas (SANEP) (PNGIRS, 2014).

De acordo com a NBR 10.004, resíduos sólidos podem ser definidos como “resíduos nos estados sólidos e semissólidos, que resultam de atividades da comunidade de origem: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistema de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgoto ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível” (PNGIRS, 2014).



No Brasil, com população estimada em 202.768.562 habitantes, em média 84% reside em zonas urbanas. A taxa de produção per capita de resíduos sólidos urbanos é de aproximadamente 0,9 kg/hab.dia, levando a uma produção de aproximadamente 153.293 toneladas/dia (IBGE, 2018). Tratando-se do município de Pelotas-RS, levando em consideração uma população urbana (2012) de 328.275 habitantes, obtém-se uma produção per capita de 0,481 kg/hab.dia de resíduos domiciliares, valor abaixo da média nacional. Sabendo-se que aproximadamente 52,8% deste total equivalem à taxa de matéria orgânica, tais resíduos podem ser aproveitados para gerar biogás utilizando a codigestão anaeróbia (PMGIRS, 2014).

Considerada um processo de tratamento de resíduos, a codigestão anaeróbia une diferentes tipos de resíduos passíveis de fermentação que são misturados e tratados conjuntamente. Este processo pode ser aplicado para melhorar o rendimento do processo de digestão anaeróbia, pois pode propiciar o equilíbrio de nutrientes e aumentar a quantidade de material orgânico com maior potencial de biodegradabilidade, além de incorporar biomassa mais adaptada à bioestabilização dos resíduos (LEITE, 2017).

A produção de biogás, a partir da digestão anaeróbia, constitui-se como uma excelente fonte de bioenergia, tendo potencial para aliviar parcialmente a dependência mundial dos combustíveis fósseis. Em busca de soluções ambientalmente viáveis para os diferentes tipos de resíduos orgânicos, esta pesquisa busca apresentar e descrever um método para a codigestão anaeróbia, a fim de obter um melhoramento na produção de biogás e incorporá-lo, posteriormente, na matriz energética.

## OBJETIVOS

O presente trabalho visa o aproveitamento energético dos resíduos sólidos orgânicos gerados pelos moradores do município de Pelotas, Estado do Rio Grande do Sul, Brasil.

## METODOLOGIA

Escolheram-se, quatro bairros do município de Pelotas, sendo dois bairros da região central, de classe média, e dois bairros periféricos, de classe baixa. Percorreu-se a área de cada bairro e foram escolhidas, aleatoriamente, cinco residências em cada bairro como amostra representativa. Para cada residência selecionada foi cedido um saco de lixo preto com capacidade de 30 L de armazenagem e todos os moradores foram orientados a separarem neste saco os resíduos sólidos orgânicos gerados na residência pelo período de uma semana. Após o decorrer de uma semana, recolheram-se os resíduos gerados nas residências e foram destinados ao Laboratório de Engenharia Bioenergética, localizado nas dependências físicas do Centro de Engenharias (CEng) da Universidade Federal de Pelotas (UFPeL).

Para o processo de produção de biogás utilizou-se a biodigestão anaeróbia, que é um processo fermentativo realizado por bactérias que se multiplicam em ambientes anaeróbios (ausência de oxigênio), no processo de digestão da matéria orgânica (SANTOS, 2018). Os biodigestores anaeróbios são desenvolvidos, segundo Bond e Templeton (2011), para operar em zonas de temperaturas mesófilas (20° C a 40° C) ou termófilas (acima de 40° C). Este experimento operou em uma temperatura média de 25° C, sendo assim, operou na faixa mesofílica.

Foram desenvolvidos biodigestores a partir da reutilização de garrafas de Politereftalato de etileno (PET) comportando um volume total de 1,065 dm<sup>3</sup>, com intuito de serem operados com facilidade, eficiência e baixo custo. Desenvolveram-se medidores para contabilizar o biogás oriundo do processo de biodegradação anaeróbia. Foram instaladas conexões, através de tubos flexíveis com diâmetro de aproximadamente 4 mm, interligando os biodigestores aos medidores. As conexões, assim como as tampas, foram vedadas com silicone acético incolor, impedindo perdas de biogás para a atmosfera. Os biodigestores foram envoltos com folhas de alumínio, visando a não interferência da luminosidade nos processos internos.

Os medidores de biogás possuem funcionamento baseado no princípio de deslocamento de líquidos, constituindo-se em dois frascos comunicantes, sendo um deles graduado e sua parte superior conecta-se à parte superior do biodigestor, conforme a Figura 1. Utilizou-se água nos medidores e, para que ao fim de cada medição o líquido retornasse à marca inicial, possibilitando medições posteriores, instalaram-se divisores de ar interligando o reator com o medidor e a atmosfera:

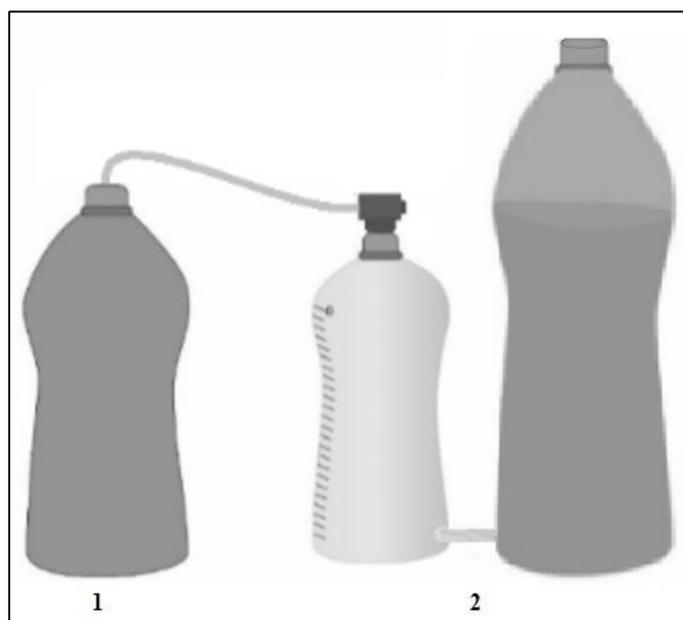
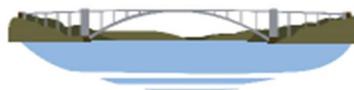


Figura 1. Biodigestor anaeróbico conectado ao medidor de biogás. Fonte: Adaptado de Lourenço (2017).

Onde:

- 1- Biodigestor;
- 2- Medidor de biogás.

Os biodigestores foram operados em batelada simples, onde a inserção de resíduos e biomassa ocorreu apenas no início do processo descontínuo. Reservou-se um volume de  $0,210 \text{ dm}^3$  em cada reator para funcionar como *headspace* (20%), local onde há o armazenamento das bolhas de biogás que sobem para este compartimento e as desloca para a saída superior do bioreator. O restante do volume foi dividido entre água destilada, resíduo sólido orgânico domiciliar e lodo (inóculo) oriundo do processo de parboilização de arroz. O lodo utilizado foi cedido por uma indústria arroseira, localizada no município de Pelotas.

Os resíduos foram inseridos nos biodigestores em uma proporção 1:2, onde para cada 100 g de resíduos foram adicionados 200 mL de água destilada, resultando em um volume final de  $0,695 \text{ dm}^3$  (substrato) e  $0,16 \text{ dm}^3$  de lodo em cada biodigestor. O experimento teve duração de 180 h e as medições do biogás produzido em cada biodigestor e da temperatura ambiente ocorreram em intervalos de 12 h. Para cada bairro realizou-se uma triplicata, resultando em valores médios de produção de biogás. Os biodigestores foram denominados A, B, C e D, para diferenciação dos bairros, conforme a Tabela 1:

**Tabela 1. Denominação dos biodigestores. Fonte: Autor do Trabalho.**

Biodigestor	Bairro
A	Navegantes
B	Balsa
C	Centro
D	Colina do Sol

## RESULTADOS

O Biodigestor A, como pode ser observado na Figura 2, apresentou maior produção de biogás ao longo das primeiras doze horas de experimento. De acordo com Liu et al. (2017), este fato pode ser explicado pela presença do inóculo no sistema, que age mais acentuadamente no início do processo de biodegradação. O biogás quantificado neste período alcançou um total de  $0,442 \text{ dm}^3$ .

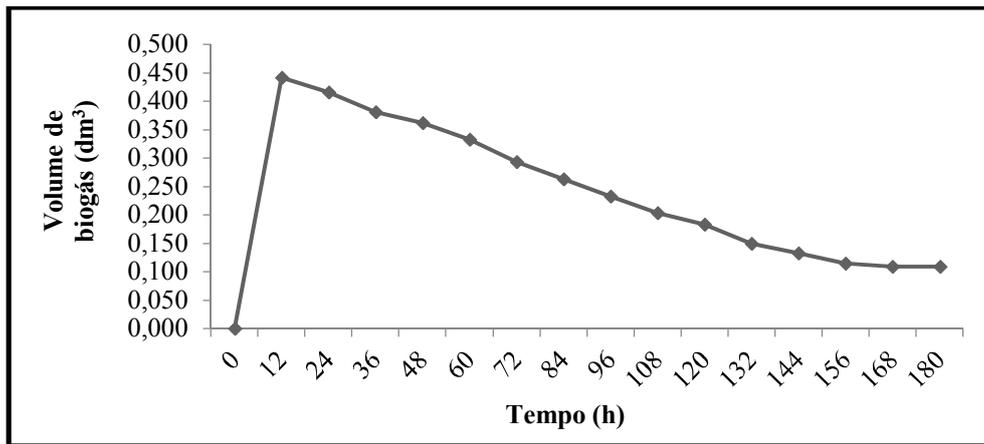
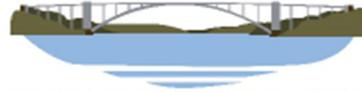


Figura 2. Produção de biogás do biodigestor A. Fonte: Autor do Trabalho.

Como pode ser observado na Figura 3, o Biodigestor B também obteve maior produção de biogás ao longo das primeiras 12 h de experimento. Quando comparado com o Biodigestor A, no entanto, a geração de biogás neste período alcançou um resultado inferior, totalizando 0,432 dm<sup>3</sup>.

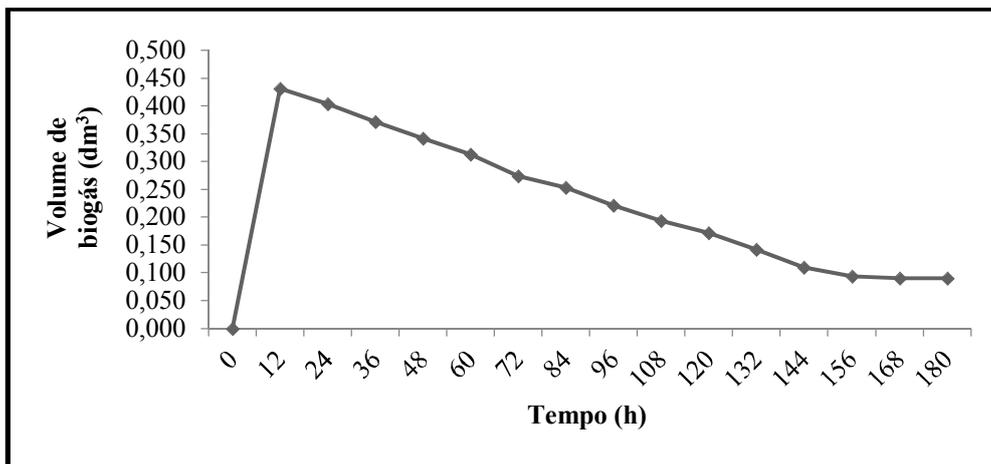


Figura 3. Produção de biogás do biodigestor B. Fonte: Autor do Trabalho.

O Biodigestor C, neste mesmo período, produziu um volume de 0,243 dm<sup>3</sup> de biogás, obtendo produção inferior aos sistemas anteriores. Este fato pode ser explicado pela diferente composição dos resíduos orgânicos coletados em cada local (Figura 4).

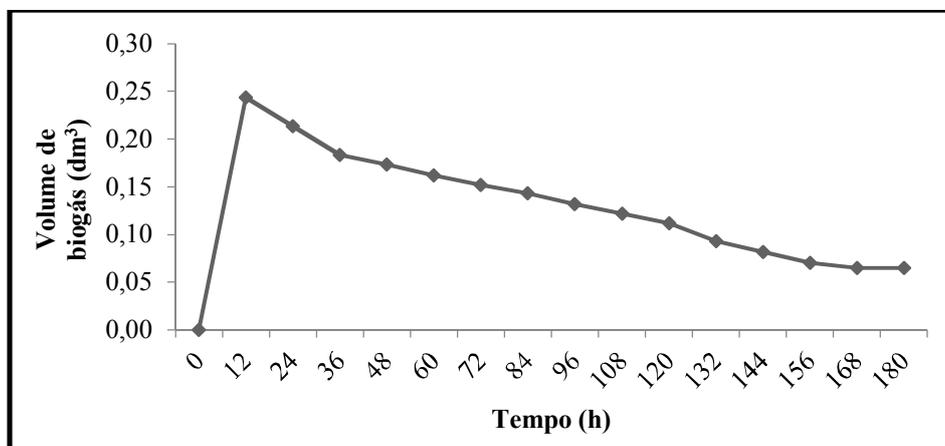
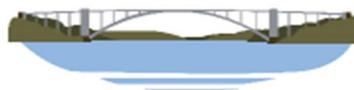


Figura 4. Produção de biogás do biodigestor C. Fonte: Autor do Trabalho.



Assim como nos sistemas anteriores, o Biodigestor D obteve pico de produção nas primeiras 12 h de experimento. Neste período alcançou uma produção de 0,265 dm<sup>3</sup> de biogás, se assemelhando à produção do Biodigestor C e obtendo produção inferior à dos Biodigestores A e B (Figura 5).

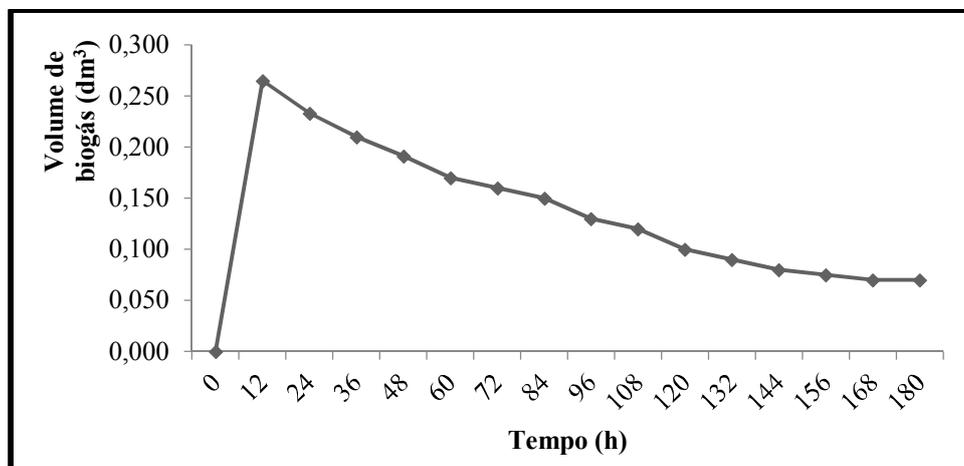


Figura 5. Produção de biogás do biodigestor D. Fonte: Autor do Trabalho.

Após o término do experimento adicionou-se um volume de 0,21 dm<sup>3</sup> a cada Biodigestor, resultando no volume total de biogás produzido, como pode ser observado na Figura 6. Este volume equivale ao reservado para funcionar como *headspace*.

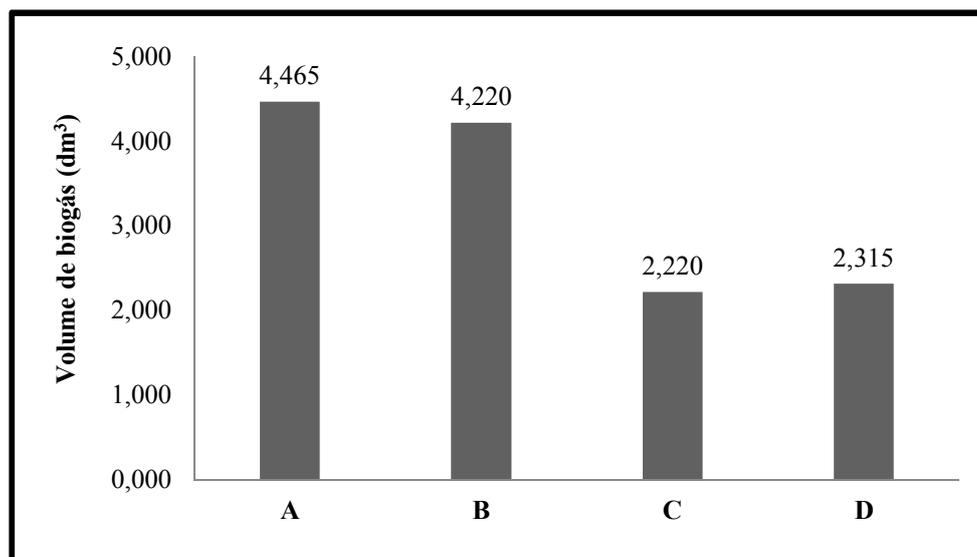


Figura 6. Produção total de biogás. Fonte: Autor do Trabalho.

Como evidenciado na Figura 6, os bairros periféricos (A e B) obtiveram um melhor desempenho se tratando da produção de biogás. Tais bairros produziram em média 4,343 dm<sup>3</sup> de biogás, enquanto os bairros centrais (C e D) produziram em média 2,267 dm<sup>3</sup> de biogás. Esta diferença pode ser explicada pela composição dos resíduos coletados em cada bairro, onde a relação C/N interfere na produção de biogás.

Evidenciou-se o potencial energético dos diferentes resíduos orgânicos produzidos no município de Pelotas, porém estudos futuros são necessários visando potencializar a produção de biogás, a fim de agregá-lo na matriz energética.

## CONCLUSÕES

Os sistemas de biodigestão anaeróbia realizados nesse estudo obtiveram resultados positivos em relação à produção de biogás. Quando comparadas entre si, constatou-se que em média os bairros centrais obtiveram produção total de biogás



menor que os bairros periféricos. Este fato pode ser explicado tanto pela composição variável dos resíduos em cada bairro, como também pelo volume total coletado.

Em busca de soluções ambientalmente viáveis para estes resíduos, esta pesquisa apresenta um método de aproveitamento a fim de utilizá-los na matriz energética local. A produção de biogás deve ser incentivada, visto que pode proporcionar além das vantagens ambientais, benefícios econômicos, sociais e políticos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bond, T., Templeton, M.R. **History and future of domestic biogas plants in the developing world**. Energy for Sustainable Development, v. 15, p. 347-354, 2011.
2. Brasil. **Lei Federal nº 12.305 de 02 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm). Acesso em 06 de abril de 2019.
3. Carneiro, D.R.C. **Viabilidade Técnica e Económica de uma Unidade Centralizada de Co-Digestão Anaeróbia de Resíduos Orgânicos**. 2009. 167f. Dissertação (Mestrado de Engenharia do Ambiente) – Universidade do Porto, Faculdade de Engenharia, Portugal.
4. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB, 2008)**. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/>. Acesso em 06 de abril de 2019.
5. Leite, V.D., Barros, A.J.M., Menezes, J.M.C., Sousa, J.T., Lopes, W.S. **Codigestão anaeróbia de resíduos orgânicos**. Revista DAE, n. 208, vol. 65, p. 35-46, 2017.
6. Liu, T., Sun, L., Scünurer, B.M.A. **Importance of inoculum source and initial community structure for biogas production from agricultural substrates**. Bioresource Technology, v. 245, p.768-777, 2017.
7. Prefeitura Municipal de Pelotas. **Plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos (PMGIRS) - Município de Pelotas (RS)**. 194f. 2014.
8. Santos, R.F., Afonso, M., Nadaleti, W.C. **Estudo do efeito das temperaturas mesófilas e termófilas na produção de biogás**. 4º Simpósio sobre Sistemas Sustentáveis, 9f. 2018.
9. Zanetti, A., Arrieche, S., Sartori, D.J.M. **Estudo da composição ótima de diferentes resíduos orgânicos para a produção de biogás**. Congresso Brasileiro de Engenharia Química (COBEQ), Florianópolis, 2014.