

PROPOSTA PARA PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DOS RESÍDUOS DO RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO DA UFCG

Lucas León Silva Luna¹; Sávio José Pontes da Rocha Barros²; Isabella Targino Borges de Carvalho³; Bruna Kattielly Costa Xavier⁴

¹ Universidade Federal de Campina Grande, leon.lunna@gmail.com

² Universidade Federal de Campina Grande, saviojose155@hotmail.com

³ Universidade Federal de Campina Grande, isabella-targino@hotmail.com

⁴ Universidade Federal de Campina Grande, brunacosta93@gmail.com

Resumo: Restaurantes prepararam diariamente grandes quantidades de alimento e, conseqüentemente, geram muitos resíduos orgânicos – seja durante a seleção e manipulação, preparação até o descarte dos alimentos que não foram consumidos –, principalmente os Restaurantes Universitários que apresentam um grande número de consumidores. Esses resíduos alimentícios, caso não sejam descartados corretamente, podem prejudicar o meio ambiente ao produzir metano e dióxido de carbono – gases que contribuem para o efeito estufa – e chorume – que pode poluir lençóis freáticos – quando são decompostos. Entretanto existe um grande potencial energético nos resíduos orgânicos e seria extremamente interessante utilizar esse potencial energético para a geração de energia além de diminuir os custos com o transporte do lixo. Uma das maneiras de se produzir energia a partir de resíduos orgânicos é com a produção de biogás, composto principalmente por metano e dióxido de carbono. Esse trabalho tem como objetivo propor a produção de energia através do biogás obtido através da digestão anaeróbica dos resíduos sólidos produzidos pelo Restaurante Universitário do campus I da UFCG e estimar a quantidade de energia elétrica que poderia ser produzida além de investigar os benefícios que a implantação desse processo traria para universidade e seus membros.

Palavras-chave: Biogás; Biodigestor; Lixo Orgânico; Produção de Energia.

1. INTRODUÇÃO

Restaurantes geram grande quantidade de resíduos sólidos orgânicos durante todo seu processo de funcionamento. Seja durante a seleção e manipulação, preparação até o descarte dos alimentos que não foram consumidos, todos os resíduos gerados devem ser descartados de forma consciente para não contribuir para a degradação do meio ambiente (SOTTI, 2014).

Segundo o Censo de Educação Superior realizado em 2014 a Universidade Federal de Campina Grande possuía 18.419 alunos vinculados no primeiro semestre. Boa parte desses alunos faz uso do Restaurante Universitário – seja no horário do almoço ou do jantar – o que contribui para a geração de resíduos sólidos pela universidade.

Em seu estudo Nunes et al. (2018) concluiu que o campus I da Universidade Federal de Campina Grande não possui um sistema de gestão ambiental e verificou que não existe, na universidade, um setor responsável pela gestão dos resíduos sólidos. Além disso, não existe um sistema de coleta seletiva e não há a segregação dos resíduos na fonte geradora, o que dificulta práticas ambientais corretas.

Outras universidades brasileiras já realizam a geração de biogás, que pode ser utilizado para gerar energia, com os resíduos sólidos dos seus Restaurantes Universitários. Como um exemplo pode-se citar a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) que gera biogás e fertilizante com as sobras de comida do maior restaurante do campus Pampulha da instituição através da Plataforma de Metanização de Resíduos Orgânicos (pMethar) que processa cerca de 500 kg de resíduos diariamente (BRAZILIENSE, 2014).

Sotti (2014) fez um comparativo de estudos sobre o potencial gerador de biomassa – resíduos sólidos – em restaurantes universitários:

Tabela 1 - Comparativo da geração total de resíduos orgânicos em restaurantes universitários.

Universidade	Resíduo Orgânico (Kg)	Refeições	Resíduo Orgânico (Kg) / Refeição
UEPB	450,77	4.000	0,1126
USP	268,60	2.000	0,1343
UFMT	1.195,80	9.696	0,1233
UTFPR-LD	68,92	335	0,1941

Fonte: Sotti, 2014.

Na análise energética dos resíduos orgânicos provenientes do restaurante universitário da UFCG realizada por Santos et al. (2018) verificou-se que ocorre a geração de, em média, 2.444 kg de resíduos alimentares por mês. Ao considerar o funcionamento do restaurante de segunda a sexta-feira Santos et al. (2018) concluiu que há a geração de 122 kg de resíduos alimentares por dia.

A má disposição de resíduos orgânicos leva a poluição principalmente devido a formação de CH₄ (metano) e CO₂ (dióxido de carbono), gases que contribuem para o aquecimento global e a formação de chorume, que pode contaminar lençóis freáticos (TAVARES, 2017). Portanto a correta disposição de resíduos orgânicos é essencial para a manutenção do meio ambiente.

Uma das maneiras de se reduzir o impacto ambiental dos resíduos orgânicos é a realização da digestão anaeróbica da matéria orgânica para a formação de biogás – uma mistura composta principalmente de metano e dióxido de carbono. O biogás pode ser utilizado como fonte de energia para a geração de: energia elétrica, geração de calor e de vapor. Além de gerar biogás os resíduos sólidos que

passam por digestão anaeróbica podem ser utilizados como fertilizantes (CASTRO; MATEUS, 2016).

1.1. Biogás

A digestão anaeróbica de matéria orgânica – composta por resíduos orgânicos e/ou excretos de animais – forma biogás como um subproduto. Os principais componentes do biogás são o gás metano (CH_4) e o dióxido de carbono (CO_2) e o biogás representa entre 4 a 7% da matéria orgânica que foi utilizada para lhe originar (SOTTI, 2014).

Tabela 2 – Composição do biogás.

Componente	Concentração (por volume)
Metano (CH_4)	40 – 75%
Dióxido de carbono (CO_2)	25 – 40%
Ácido sulfídrico (H_2S)	0,1 – 0,5%
Amônia (NH_3)	0,1 – 0,5%
Nitrogênio (N)	0,5 – 2,5%
Oxigênio (O_2)	0,1 – 1%
Hidrogênio (H)	1 – 3%
Monóxido de carbono (CO)	0 – 0,1%

Fonte: Sotti, 2014.

Fatores como temperatura, pH, teor de água, concentração de sólidos e composição do substrato influenciam diretamente no processo de produção do biogás e na composição final do produto. O uso de biodigestores permite o controle dos fatores que influenciam na produção do biogás além de facilitar seu armazenamento, por esse motivo são comumente utilizados (SOTTI, 2014).

O processo de digestão anaeróbica é realizado em um ambiente com pequena quantidade de oxigênio, o que favorece a presença de microrganismos anaeróbios facultativos, ou seja, microrganismos que podem utilizar oxigênio na decomposição da matéria orgânica, mas preferem não utilizá-lo (PECORA, 2006).

A digestão anaeróbia pode ser dividida em quatro fases distintas:

- **Hidrólise:** as bactérias excretam enzimas para converter o material orgânico particulado em matéria orgânica dissolvida, que são compostos mais simples.
- **Acidogênese:** os produtos da hidrólise são processados no interior de bactérias acidogênicas fermentativas que excretam compostos mais simples – em especial ácidos graxos voláteis – como produto.
- **Acetogênese:** Os produtos formados na fase acidogênica são processados por bactérias acetogênicas que produzem ácido acético e hidrogênio gasoso.
- **Metanogênese:** as bactérias acetogênicas tem uma relação simbiótica com as bactérias metanogênicas, que utilizam os compostos formados na acetogênese para produzir o metano, que é a última fase da digestão anaeróbia.

1.2. Biodigestores

Biodigestores são reatores que permitem que as condições necessárias para que a digestão anaeróbica seja atingida. Segundo Neves (2010, p. 14, apud SOTTI, 2014, p. 17) biodigestor pode ser definido como uma câmara de fermentação hermeticamente fechada construído de alvenaria, concreto ou outros materiais. No biodigestor os resíduos sólidos são convertidos em biogás por bactérias anaeróbicas.

Os biodigestores podem ser divididos em biodigestores do tipo batelada ou contínuos. Os biodigestores contínuos, baseados no modelo chinês e no indiano, recebem um fluxo de matéria orgânica continuamente e, conseqüentemente, produzem biogás e lodo de forma contínua. Como a alimentação de biodigestores contínuos deve ser constante eles são recomendados para lugares que possuam essa disponibilidade de resíduos orgânicos.

Quando biodigestores do tipo batelada são utilizados os resíduos orgânicos são adicionados todos de uma vez no reator, sem a injeção de ar, para que as bactérias realizem a digestão anaeróbica. O biogás produzido pode ser armazenado dentro do próprio biodigestor ou em um gasômetro acoplado ao sistema. Quando a batelada está pronta o biodigestor é descarregado e limpo para que uma nova carga seja feita (PECORA, 2006).

1.3. Produção de energia elétrica com biogás

A conversão energética consiste em transformar um tipo de energia em outro. No caso do biogás, a energia química que está presente em

suas moléculas é transformada em energia mecânica com o auxílio de uma combustão controlada. A energia mecânica então é transformada em energia elétrica com ajuda de um gerador (COELHO et al., 2006).

As tecnologias mais comuns para a conversão energética de biogás em energia elétrica são os motores de combustão interna, do tipo Ciclo-Otto, e turbinas a gás. Em geral os motores apresentam uma maior eficácia na conversão energética, entretanto a eficiência global das turbinas a gás pode ser maior caso um sistema de cogeração – geração de calor e eletricidade ao mesmo tempo – seja utilizado. Outra vantagem das turbinas a gás é que elas podem ser projetadas para tolerar certas quantidades de CO₂, o que torna desnecessária a retirada desse elemento do biogás (COELHO et al., 2006).

2. METODOLOGIA

Após a identificação da necessidade de uma forma mais eficiente para a disposição dos resíduos sólidos do restaurante universitário da UFCG, realizou-se uma pesquisa bibliográfica sobre possíveis soluções para esse problema. Percebeu-se que algumas universidades brasileiras adotaram a geração de biogás como uma opção para gestão dos seus resíduos sólidos.

Então se realizou uma nova pesquisa bibliográfica, desta vez em duas etapas. A primeira etapa da pesquisa teve como objetivo a determinação do potencial energético presente nos resíduos do RU da UFCG, encontrado no estudo realizado por Santos et al. (2018). A segunda etapa consistiu na determinação das etapas da geração de biogás e as suas possibilidades de uso.

Com posse de dados sobre o potencial energético presente nos resíduos do RU da UFCG realizou-se cálculos para verificar a viabilidade da implantação de um sistema de energia elétrica utilizando biogás gerado a partir desses resíduos. Também se averiguou as vantagens econômicas e acadêmicas que esse sistema traria para a universidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

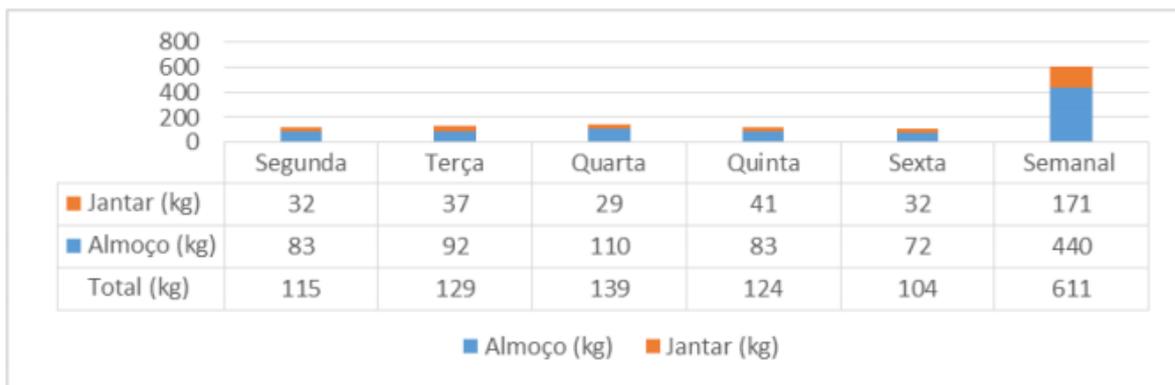
3.1. Biodigestor Escolhido

A utilização do biodigestor batelada (descontínuo) é considerada como mais adequada para este processo, uma vez que a geração de resíduos alimentícios no RU não ocorre de forma contínua – o

RU da UFCG só funciona de segunda a sexta. Além disso, o biodigestor do tipo batelada requer menor investimento de capital do que os chamados processos contínuos.

Santos et al. (2018) fez um levantamento quantitativo sobre a geração de resíduos alimentícios no restaurante universitário da UFCG:

Figura 1 – Produção diária média dos rejeitos do RU para um mês de medição/pesagem.



Fonte: Santos et al., 2018.

A partir do seu levantamento Santos et al. (2018) chegou a conclusão que um biodigestor para o RU da UFCG deveria ser capaz de processar 122 kg de resíduos alimentares por dia, de segunda a sexta feira. Porém, levando em conta uma variação de 10% na produção de resíduos alimentares no RU, recomenda-se que o biodigestor seja capaz de processar 135 kg de resíduos alimentares por dia.

3.2. Estimativa do potencial energético do biogás

Através da análise da produção de metano a partir da concentração média de sólidos voláteis (SV) em resíduos alimentares Santos et al. (2018) chegou a conclusão que o RU da UFCG produziria 11,22 m³/dia de metano (CH₄). Entretanto a quantidade de energia elétrica que pode ser gerada com essa quantidade de metano depende do tipo de motor utilizado.

De acordo com Bueno et al. (2016) o poder calorífico do CH₄ de aproximadamente 9,97 kWh/m³. Com isso pode-se estimar o potencial energético bruto (Pot_b) do resíduo:

$$Pot_b = 11,22 \frac{m^3}{dia} * 9,97 \frac{kWh}{m^3} \therefore Pot_b = 111,86 \frac{kWh}{dia}$$

(83) 3322.3222

contato@conapesc.com.br

www.conapesc.com.br

Entretanto a conversão energética no gerador não é perfeita. Assumindo uma eficiência do gerador de 30%:

$$Pot_d = Pot_b * 0,3 \therefore Pot_d = 33,56 \frac{kWh}{dia}$$

Para saber a quantidade de energia elétrica que será gerada por mês é necessário levar em conta que o RU só funciona em dias úteis. Considerando que um mês tem, em média, 20 dias úteis encontra-se:

$$Pot_m = 20 \frac{dias}{1 \text{ mês}} * Pot_d \therefore Pot_m = 671,18 \frac{kWh}{mês}$$

Para saber a quantidade de energia gerada em um ano é necessário levar em conta que o RU só funciona nos meses em que há aula. Admitindo 3 meses de férias por ano, tem-se:

$$Pot_a = 9 \frac{meses}{1 \text{ ano}} * Pot_m \therefore Pot_a = 6.040,62 \frac{kWh}{ano}$$

3.3. Análise Econômica da energia gerada

Cada kWh para poderes públicos custa, atualmente, R\$ 0,49885 (ENERGISA, 2018). Analisando o custo anual encontra-se um valor de R\$ 3.013,37, ou seja, com a queima do biogás produzido com os resíduos alimentares do RU da UFCG seria possível economizar R\$ 3.013,37 em energia.

Considerando que seria necessária a compra de um gerador e um compressor, os quais apresentam um preço consideravelmente elevado, os custos se tornariam maiores. Porém, é possível que algum desses equipamentos estejam disponíveis em algum laboratório da universidade sem uso e possam ser aproveitados.

Entretanto, mesmo que o percentual da energia produzida pelo gerador não seja tão alto e que o custo seja um pouco elevado, o impacto causado por ele é muito significativo, pois dará um descarte correto e promoverá o aproveitamento dos resíduos, incluindo a possibilidade de gerar energia. Além de proporcionar um lugar para estudantes, principalmente da área de engenharia, de ver em prática conceitos e equipamentos vistos em sala de aula.

3.3. Destino do CO₂ produzido

Um possível destino para o CO₂ proveniente da queima do biogás e da própria metanogênese, uma vez que o gás carbônico também é um gás estufa, seria a filtração do mesmo antes da saída da chaminé, através de um filtro de CO₂.

Uma opção viável para esses filtros são os MOF (do inglês: estruturas metal-orgânicas), que, segundo Britt (2009), a Mg-MOF-74, com sítios livres de magnésio, seria capaz de retirar, e depois recuperar o CO₂ de forma bastante eficiente. O dióxido de carbono capturado poderia ser vendido para o uso de diversas indústrias, como a do papel, remineralização de águas, entre outros ou utilizado pelos laboratórios presentes na universidade.

3. CONCLUSÃO

A implantação de uma estação de geração de biogás a partir dos resíduos orgânicos do Restaurante Universitário do campus Sede da UFCG traria como vantagens uma produção interna de energia na universidade, diminuição dos custos com o descarte desses resíduos e com energia elétrica. Entretanto a maior vantagem que esse sistema traria seria promover o contato dos estudantes de engenharia com uma parte prática de seus cursos e a produção de artigos científicos baseados no estudo da planta de produção de biogás.

Caso o custo de filtros MOF torne seu uso inviável outros tipos de materiais e processos de separação do CO₂ poderiam ser estudados. Isso traria outra oportunidade de pesquisa para os alunos que poderiam resultar em novos artigos publicados.

Posteriormente poderia-se estudar a eficiência dos resíduos sólidos gerados na produção do biogás já que esse material é um ótimo fertilizante. Além disso, caso o tratamento dos resíduos orgânicos para a produção do biogás seja bem sucedido existe a possibilidade desse tratamento dos resíduos do RU incentivar o tratamento de outros tipos de resíduos sólidos da universidade.

Ainda existe a possibilidade de tratamento da água do Lago presente no campus I da UFCG, o que contribuiria ainda mais para a produção de biogás através de outro processo. Isso traria como vantagens uma menor poluição do meio ambiente e maior produção de energia dentro da própria universidade.

4. REFERÊNCIAS

BRAZILIENSE, Correio (Org.). **Iniciativa transforma restos orgânicos em combustível e fertilizante**. Correio Braziliense. Brasília, p. 1-1. 27 maio 2014. Disponível em: <https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/ciencia-e-saude/2014/05/27/interna_ciencia_saude,429487/iniciativa-transforma-restos-organicos-em-combustivel-e-fertilizante.shtml>. Acesso em: 15 maio 2018.

BRITT, D.; FURUKAWA, H.; WANG, B.; GLOVER, T. G.; YAGHI, O. M. **Highly efficient separation of carbon dioxide by a metal-organic framework replete with open metal sites**. 2009.

BUENO, F. S.; ARAÚJO, G. P.; MOURA, E. O.; LEAL, P. L. S. Avaliação da produção de biogás e do potencial energético dos resíduos orgânicos provenientes do restaurante universitário da EACH – USP. **PBL2016 International Conference**, São Paulo. Setembro 2016.

CASTRO, D. S.; MATEUS, V. O. Produção de Biogás a partir de restos de alimentos coletados em um restaurante: Uma experiência a ser disseminada. **XVI Seminário Estudantil de Produção Acadêmica**, Salvador, v. 15, n. 1. 2016. Disponível em: <<http://www.revistas.unifacs.br/index.php/sepa/article/view/4355/3022>>. Acesso em: 14 maio 2018.

COELHO, S. T., VELÁZQUEZ, S. M. S. G., MARTINS, O. S., ABREU, F. C. **A conversão da fonte renovável biogás em energia**. In: Congresso Brasileiro de Planejamento Energético (CBPE). 2006.

ENERGISA (Org.). **Tipos de tarifas**. Disponível em: <<https://www.energisa.com.br/Paginas/informacoes/taxas-prazos-e-normas/tipos-tarifas.aspx>>. Acesso em: 01 jun. 2018.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Recibo de Fechamento Geral do Censo da Educação Superior 2014**. Brasil: 2014. Disponível em: <http://www.ufcg.edu.br/prt_ufcg/censo/Recibo_Fechamento%20do%20CENSO%202014.pdf>. Acesso em: 15 maio 2018.

NUNES, S. H. P., GUEDES, E. S., Francisco, M. M. L., SILVA, V. M. A. ANÁLISE DA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NA UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE-UFCG DE ACORDO COM A NORMALIZAÇÃO INTERNACIONAL ISO 14000. **GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS**, p. 39.

PECORA, V. **Implantação de uma unidade demonstrativa de geração de energia elétrica a partir do biogás de tratamento do esgoto residencial da USP: Estudo de Caso**. 2006. 153 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Energia, USP, São Paulo, 2006. Disponível em: <http://www.iee.usp.br/producao/2006/Teses/tese_vanessapecora.pdf>. Acesso em: 15 maio 2018.

SANTOS, A. S., ALVES, L. N., SOUSA, H. F., OLIVEIRA NETO, A. B. ANÁLISE ENERGÉTICA DOS RESÍDUOS ORGÂNICOS PROVENIENTES DO RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE. **GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS**, p. 50.

SOTTI, G. **Biogás de digestão anaeróbia dos resíduos orgânicos de restaurante universitário com efluente sanitário**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

TAVARES, A. **LIXÃO E LIXO ORGÂNICO**: Conheça os malefícios ao meio ambiente. 2017. Disponível em: <<http://cetesb.sp.gov.br/biogas/2017/11/08/lixao-e-lixo-organico-conheca-os-maleficios-ao-meio-ambiente/>>. Acesso em: 14 maio 2018.