

BIODIGESTOR SERTANEJO SELADO: UMA TECNOLOGIA SOCIAL INOVADORA QUE EVITA EMISSÃO DE GÁS METANO PARA O MEIO AMBIENTE

Flávio Melo de Luna (1); Francisco Fechine Borges (2);
Gabriel Nogueira Peregrino de Albuquerque (3); Arthur Américo Cantalice de Luna (4).

- (1) Mestre em Engenharia de Energias Renováveis, Associação Educacional LETS, flavioluna.lets@gmail.com ;
(2) Doutor em Engenharia de Processos, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, francisco.fechine@ifpb.edu.br; Graduando em Engenharia Mecânica,(3) Estudante de Engenharia Mecânica, Universidade Federal da Paraíba, gabrielnperegrino@gmail.com, (4) Estudante de Engenharia Mecânica, Universidade Federal da Paraíba, arthurluna15@hotmail.com;

Resumo: O objetivo deste trabalho é o de apresentar os resultados do desenvolvimento de, solução técnica para corrigir a emissão do gás metano para o meio ambiente através dos Biodigestores Sertanejo amplamente difundidos e utilizados em comunidades rurais do semiárido, o estudo sobre a viabilidade da construção e adequação técnica com adoção de mudança estrutural, desenvolvendo um novo modelo o Biodigestor Sertanejo Selado – BSS para correção citado problema, que impacta diretamente o meio ambiente, partiu da identificação do problema por entidades de fomento internacionais que alegaram o vazamento como motivo para não financiar projetos com essa tecnologia social, surgindo a necessidade de avaliar a sua real dimensão através de estudos e da comparação dos diversos tipos de modelos de biodigestores que existem, as tecnologias construtivas utilizadas, suas principais vantagens e desvantagens e as medições dos volumes de metano vazado. Após este estudo, utilizando como base um Biodigestor Sertanejo tradicional, similar ao modelo indiana, constatando o vazamento de metano para o meio ambiente em toda sua borda circular entre a parede do tanque e a caixa d'água utilizada para armazenamento do biogás, avaliando um Biodigestor Sertanejo construído no CEPFS, na área rural do município de Teixeira – PB. Chegando ao desenvolvimento do primeiro desenho do Biodigestor Sertanejo Selado - BSS, em seguida construído um protótipo, testado e avaliado, se mostrou eficiente, corrigindo o problema da emissão de metano para o meio ambiente.

Palavras-chave: biodigestor; energias renováveis, meio ambiente, metano, semiárido.

Introdução

Os gases do efeito que envolvem a Terra absorvem parte da radiação infravermelha refletida pela superfície terrestre, impedindo que a radiação escape para o espaço, aquecendo ainda mais a superfície da Terra. Os principais gases que promovem este efeito são o carbônico e metano.

Os biodigestores são equipamentos que convertem resíduos orgânicos, sólidos ou não, em gases, como o metano (CH₄) e o dióxido de carbono (CO₂), e em biofertilizantes, através de reações anaeróbicas realizadas por microrganismos. Segundo (SHUBEITA et al., 2014) “a simplicidade conceitual desse equipamento oculta a complexidade dos processos físicos e químicos que acontecem durante a digestão”.

Dessa forma, pode-se definir os biodigestores como sendo equipamentos que facilitam a digestão da matéria orgânica de forma completamente natural, com o auxílio de bactérias que, por

meio de processos físico-químicos complexos, contribuem para a formação do produto dessa digestão, o biogás e o biofertilizante, para geração de energia e outros fins produtivos.

Por outro lado, segundo Braile & Cavalcanti (1993), citado por Campos (1997), “...a poluição do meio ambiente tornou-se assunto de interesse público em todas as partes do mundo”. Neste contexto, os biodigestores surgiram como uma eficiente tecnologia social para minimizar sanar o grave problema de acúmulo de dejetos nas atividades de criação de animais. “*Esses resíduos contaminam o solo, lagos, rios, infiltram-se nos lençóis freáticos e propiciam o desenvolvimento de moscas e de gases mal cheirosos*” (CAMPOS, 1997).

Os biodigestores, portanto, servem como local de descarte dos dejetos de animais, que serão aproveitados no processo de digestão anaeróbica, produzindo gás combustível e matéria orgânica processada, que pode ser utilizada como biofertilizantes.

Segundo Bonturi & Van Dijk (2012), “...os impactos da elevação do custo de energia fazem-se sentir com maior intensidade no setor rural de mais baixa renda, em geral, menos capitalizado e com menores condições de arcar com essa elevação de custos, tanto no que diz respeito ao consumo doméstico quanto para as atividades de produção”.

Os biodigestores favorecem comunidades e assentamentos rurais que utilizam a criação animal como fonte de renda, uma vez que gases combustíveis que podem gerar energia elétrica ou servir como gás de cozinha, reduzindo assim as despesas fixas da família rural. Além disso, por meio das transformações que ocorrem durante as fases da digestão, a matéria orgânica subproduto do processo pode ser utilizada como adubo natural, bastante eficiente para as plantações.

O processo de transformação da matéria orgânica em biogás é feito a partir da biodigestão anaeróbica no ambiente do biodigestor. Segundo Shubeitta et al. (2014), “...a Digestão Anaeróbica (DA) é um complexo processo de redução de diversos compostos orgânicos em metano (CH₄) e dióxido de carbono (CO₂). Este processo se desenvolve sem oxigênio e sofre ação de diferentes microrganismos combinados com elementos do ambiente”.

O mesmo autor cita Friehe et al. (2010), que caracterizam a qualidade do biogás de acordo com os percentuais de gás metano e de dióxido de carbono, sendo a proporção ideal um percentual acima de 60% para o primeiro, e abaixo de 40% para o segundo. Fatores como temperatura e pH influenciam na decomposição do material orgânico, com uma variação média de 25°C a 55°C para a temperatura e entre 7,0 e 7,5 para o pH, sendo estas as condições favoráveis para a proliferação das bactérias, mantendo o processo em funcionamento.

O biodigestor modelo Sertanejo (Figura 1) é uma tecnologia social largamente utilizada pelas organizações não governamentais e comunidades de agricultores familiares do semiárido. No entanto, tem uma desvantagem: a área de escape de biogás ao redor da campânula (Figura 2), contribuindo para o efeito estufa.



Figura 1: Biodigestor Sertanejo, instalado na área experimental da ONG CEPFS, em Teixeira (PB). Fonte: Arquivo dos autores.



Figura 2: Detalhe da área de perda de biogás para o ambiente. Fonte: Arquivo dos autores.

O biogás tem, em sua composição, cerca de 60% de metano, um dos gases responsáveis pelo efeito estufa. Cálculos realizados para um biodigestor construído com campânula de caixa d'água de 3.000 litros, com tanque de fermentação da biomassa com capacidade em torno de 6 m³, demonstraram uma significativa emissão de metano para o meio ambiente (Figura 3).

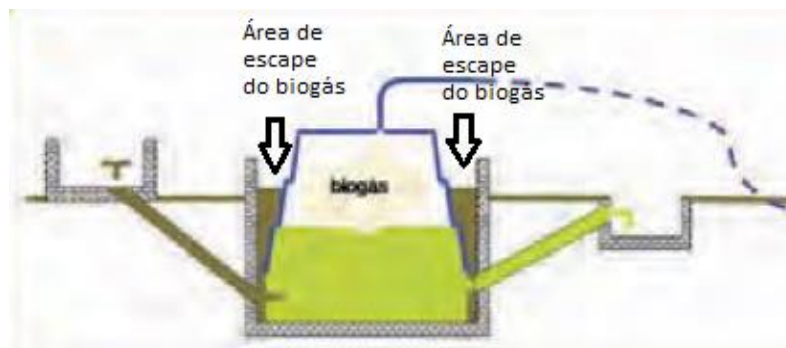


Figura 3: Áreas de escape do biogás para o meio ambiente
Fonte: Manual do Biodigestor Sertanejo, Diacônia (2011), adaptado.

Com o objetivo de resolver este problema da emissão de gás metano para o meio ambiente, pelos inúmeros equipamentos já instalados nas unidades produtivas familiares do semiárido, mantendo seu potencial de produção local de energia renovável, foi estudada e desenvolvido uma solução técnica: um novo biodigestor com a mesma capacidade de produzir biogás e biofertilizante a partir das biomassas, no entanto, sem comprometer o meio ambiente com descargas de metano, denominado Biodigestor Sertanejo Selado - BSS, mantendo ainda as características de tecnologia social do equipamento existente, o Biodigestor Sertanejo.

A inovação aqui descrita permite a correção do problema a partir da construção de um biodigestor com um selo de água rodeando a câmara de armazenamento de biogás - no caso, a caixa d'água - construído em ferrocimento, de fácil construção, replicação e manutenção pelos seus usuários.

Num primeiro momento do desenvolvimento, foram levantadas as possibilidades de solução para o problema, chegando-se ao entendimento técnico de que a melhor solução seria o uso de um selo de água. A partir daí, foi realizado um estudo dos diversos modelos de biodigestores, dentre eles o indiano, o chinês e o canadense, que estão entre os mais conhecidos e utilizados. Cada um desses conta com características específicas, adequando-se melhor para cada situação, realidade e necessidade.

Biodigestor Indiano

O biodigestor indiano é composto principalmente por um reservatório de biomassa, um reservatório de biofertilizante, uma cúpula de gás, e um tanque de fermentação, tanque esse que contém uma parede divisória. Segundo Deganutti et al. (2002), “...a função da parede divisória faz com que o material circule por todo o interior da câmara de fermentação”. A cúpula de biogás realiza o movimento vertical em torno de uma guia, geralmente de metal: a cúpula sobe quando a quantidade de gás aumenta, e desce quando essa quantidade diminui.

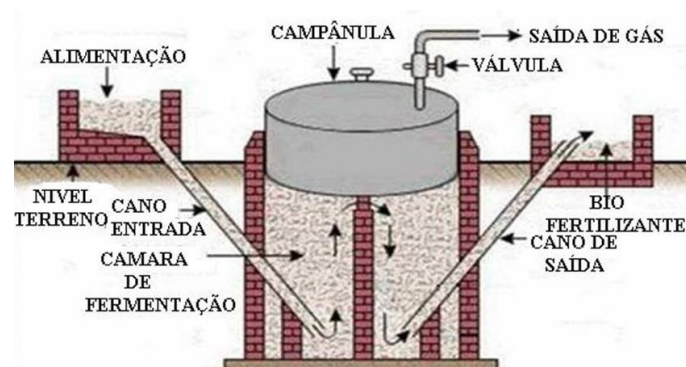


Figura 4: Modelo de biodigestor indiano.
Fonte: COELHO (2012).

Biodigestor Chinês

O biodigestor chinês é um modelo bem mais rústico que o indiano, conta com um reservatório de biomassa e um reservatório de biofertilizantes, na caixa de saída, e um tanque de fermentação, não apresentando uma parede divisória. Neste modelo, o papel da cúpula de biogás,

presente no modelo indiano, é feito pelo próprio gás. Segundo Deganutti et al. (2002), “...*este biodigestor funciona com base no princípio de prensa hidráulica, de modo que aumentos de pressão em seu interior resultantes do acúmulo de biogás resultarão em deslocamentos do efluente da câmara de fermentação para a caixa de saída, e em sentido contrário quando ocorre descompressão*”.



Figura 5: Modelo de biodigestor chinês.
Fonte: Deganutti et al. (2012).

Biodigestor Canadense

O biodigestor canadense é composto por uma lagoa de biomassa, essa que é coberta por uma lona que infla a medida que é produzido o gás, esse equipamento apresenta uma caixa de entrada, um reservatório de biofertilizante, e a saída do gás se encontra na própria lona. De acordo com (SHUBEITTA et al. 2014) “*esse modelo de biodigestor possui uma grande área de exposição solar e a sua largura é maior que a profundidade, o que possibilita uma boa produção de gás*”.

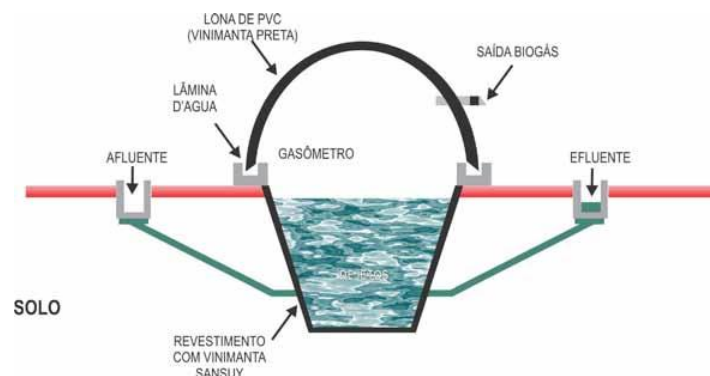


Figura 6: Modelo de biodigestor canadense
Fonte: Souza, K. C. G.(2010)

Como amplamente comprovado, os biodigestores são excelentes equipamentos para a descontaminação dos solos, com geração sustentável de energia. No entanto, o Biodigestor

Sertanejo, adaptado do modelo indiano, instalado em centenas de propriedades rurais no nordeste brasileiro, devido ao seu baixo custo de instalação e fácil manutenção, traz com ele uma fonte de poluição devido ao vazamento dos gases pelas bordas, incluindo o gás metano.

O metano (CH_4), produzido pela decomposição da matéria orgânica, é considerado um dos maiores geradores do efeito estufa, contribuindo para o aquecimento global, além de ser nocivo para os seres humanos, uma vez que, se inalado, pode provocar desmaios e paradas cardíacas. Portanto, é urgente e importante a discussão de uma nova proposta de modelo do biodigestor indiano para que, após instalado, não traga malefícios nem para o meio ambiente, nem para a saúde humana.

Metodologia

A metodologia utilizada para realização deste estudo e desenvolvimento técnico de solução, consistiu no levantamento bibliográfico sobre os tipos de biodigestores, incluindo a versão Sertanejo, amplamente difundido e utilizados em comunidades rurais do semiárido, considerando a viabilidade de adequação de seu projeto visando corrigir o problema identificado da emissão de metano para o meio ambiente através do espaço entre o tanque de fermentação e a caixa de água utilizada para o armazenamento do gás.

A partir daí, foi feita a identificação e estudo dos materiais e tecnologias sociais a serem utilizadas no projeto, considerando que estes deveriam ser de baixo custo, de fácil aquisição local e que atendessem às características desejadas para correção do problema existente, Assim, chegou-se ao seguinte projeto, apresentado nas Figuras 7 a 11.

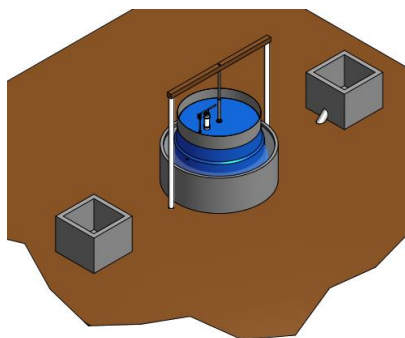


Figura 7: Visão perspectiva
Fonte: Produção dos autores

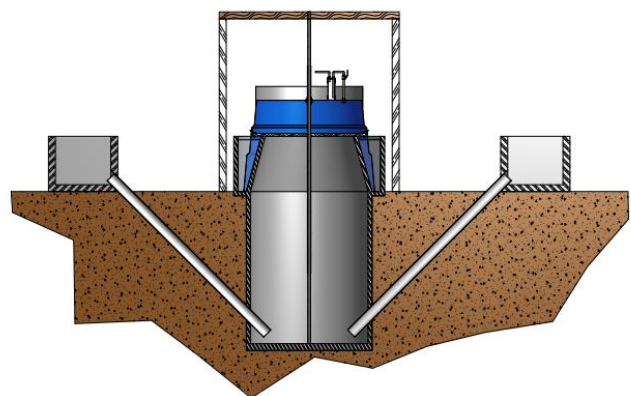


Figura 8: Lateral em corte
Fonte: Produção dos autores

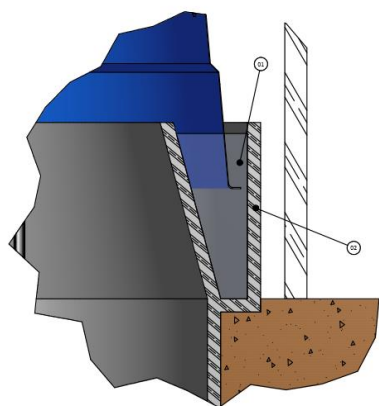


Figura 9: Detalhe do selo d'água
Fonte: Produção dos autores

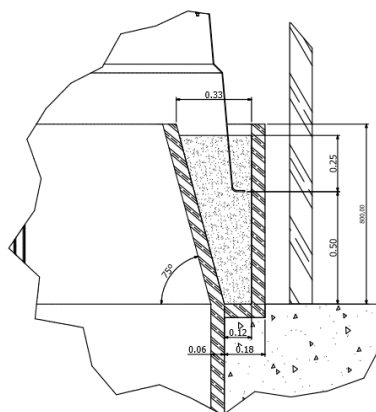


Figura 10: Croqui detalhe selo d'água
Fonte: Produção dos autores

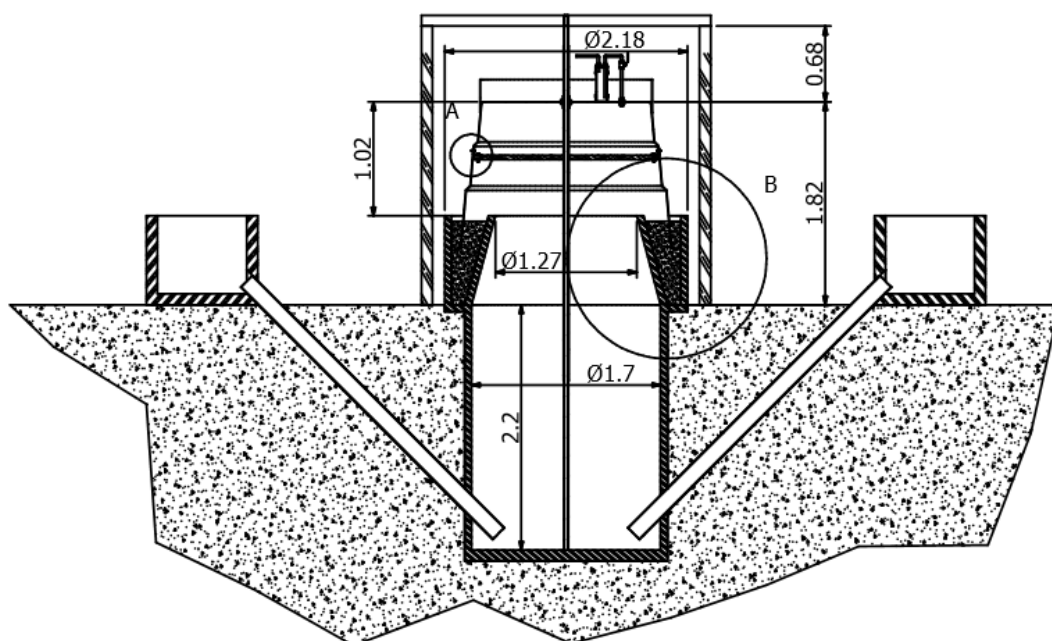


Figura 11: Dimensões gerais do biodigestor sertanjeo selado
Fonte: Produção dos autores

Um protótipo do biodigestor foi construído, com o uso de ferrocimento e alvenaria, objetivando a realização de testes e avaliações preliminares para adequação e definição da melhor arquitetura, visando a funcionalidade e eficiência do equipamento, como mostrado nas Figuras 12 a 15.



Figura 12: Detalhe do cone e selo d'água.
Fonte: Produção dos autores.



Figura 13: Selo d'água.
Fonte: Produção dos autores.



Figura 14: Vista da campânula e selo d'água.
Fonte: Produção dos autores.



Figura 15: Biodigestor Sertanejo Selado.
Fonte: Produção dos autores.

Concluída a etapa da construção do protótipo, foi iniciada a alimentação do biodigestor para realização de testes de funcionamento pleno e avaliações, a partir da observação e vistoria do selo d'água em intervalos de tempo pré-definido. Por fim, foi confirmado que a emissão de gás metano para o meio ambiente foi controlada com adoção do selo d'água.

O biodigestor selado, conta com uma estrutura construída em ferrocimento, o tanque para biomassa, com 1,90 m de profundidade e com diâmetro igual ao da caixa d'água a ser utilizada (Figura 16), enterrado no solo e com boca cônica de altura 10 cm menor que a profundidade da caixa d'água. O cone possui formato adequado para ser encaixada uma caixa d'água com capacidade de 3 mil litros (Figura 17), rodeada por uma segunda parede, também construída em ferrocimento, que compõe o selo d'água que evita a perda de gás para o meio, conforme (Figura 18).



Figura 16: Tanque de biomassa
Fonte: Produção dos autores



Figura 17: Boca cônica do biodigestor
Fonte: Produção dos autores



Figura 18: Estrutura da parede externa.
Fonte: Produção dos autores.

Destacam-se duas modificações propostas para este novo modelo de biodigestor: a primeira consiste na construção em ferrocimento ao invés de placas de concreto; a segunda, é a alteração do formato cônico da parte superior do reservatório, de modo a permitir a construção do selo d'água e movimentação da caixa d'água que serve como câmara de armazenamento do biogás produzido.

Resultados e discussão

Utilizando dados já publicados em outros trabalhos acadêmicos, aqui citados, e com o auxílio do software computacional MATLAB^(MR), foi possível calcular a taxa de vazamento de gás metano para atmosfera, em um dia, devido ao uso de um biodigestor indiano tradicional. De acordo com Campos (1997), a produção de dejetos por bovinos da raça leiteira é da ordem de 8% a 11% do seu peso vivo diariamente. Colatto & Langer (2011) estabeleceu uma média de produção de 10

kg/dia de dejetos bovinos (fezes + urina). Segundo estes mesmos autores, o rendimento diário dos dejetos bovinos é de, em média, 0,04 m³/kg de biogás, sendo que cerca de 60% do biogás gerado corresponde ao metano.

De acordo com dados citados por Campos (1997), a densidade média do esterco fresco de vacas em lactação é de 933 kg/m³. Assim, tendo como base um biodigestor indiano com tanque de fermentação com 1,90 m de altura e 2,10 m de diâmetro, contendo uma campânula com 2,0 m de diâmetro, criando assim uma borda de vazamento de 10 cm de largura, e estando esse biodigestor cheio com dejetos animais até 1,70 m de altura, trabalhando em regime contínuo, considerando também para efeito de cálculo que as reações químicas estejam ocorrendo de maneira ideal, sob condições já descritas no texto, e de maneira uniforme em toda o volume do reservatório, tem-se 9,2% do total dessa área com vazamento do biogás produzido.

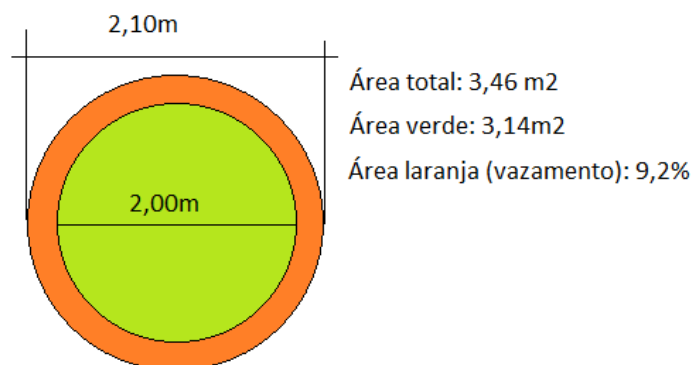


Figura 19: Demonstração área de vazamento biogás.
Fonte: Produção dos autores.

De acordo com cálculos realizados, consideração o gás acima da mistura fezes + urina + água, dentro do biodigestor, e também fora dos limites do diâmetro da campânula, revela então que uma média de perda ou vazamento pela borda de 276 l/biogás para um biodigestor de 6m³, sendo despejados na atmosfera, da aproximadamente 100m³/ano de biogás, em torno de 60m³ de metano/ano, números surpreendentes de um gás extremamente maléfico ao meio ambiente, e à saúde humana, que é gerado de uma fonte aparentemente sustentável, porém que polui da mesma forma a natureza.

Neste contexto, considerando que são centenas ou milhares de biodigestores espalhados apenas no semiárido, existe a necessidade de correção e adoção deste novo modelo que evita a emissão.

Assim, a proposta da ONG LETS (Laboratório Educacional de Tecnologias Sociais e Energias Renováveis) é a de incluir um selo d'água no Biodigestor Sertanejo, passando a tecnologia

a ser denominada de Biodigestor Sertanejo Selado – BSS. Pois, como avaliado no protótipo, o vazamento de biogás é controlado, podendo-se reduzir a zero a emissão de metano para o meio ambiente, caso o equipamento esteja bem construído e ajustado.

Conclusões

As adaptações realizadas ao modelo do biodigestor sertanejo, reduz significativamente, a quase zero, o vazamento de gás metano ao meio ambiente. A mudança da técnica de construção de placas para ferrocimento permite a moldagem da estrutura cônica para a construção do selo. O custo de construção não foi alterado, permanecendo dentro da média dos biodigestores atuais. Praticamente 100% do biogás produzido pode ser utilizado.

Fomento

Associação Laboratório Educacional de Tecnologias Sociais e Energias Renováveis – LETS, que capitou recursos por meio de parceira com o Município de Cabeceira Grande (MG), no Distrito de Palmital, envolvendo a Prefeitura Municipal, lideranças locais, onde foi construído o primeiro protótipo; e através do contrato com a Brookfield Energia, projeto de Assessoria em Tecnologias Sociais e Energias Renováveis em Comunidades da Agricultura Familiar nos Municípios de João Câmara e Parazinho – Território do Mato Grande, semiárido do RN, onde foi construído um segundo protótipo.

Referências

Souza, K. C. G. Modelo de simulação para análise da viabilidade de geração de energia a partir da utilização de biodigestores. UFMS. s.l. : Programas de Pós-graduação da CAPES, 2010. Dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica.

BLOG BGS. “**Cálculo da produção de biogás**”. 2013. Disponível em: <<http://bgsequipamentos.com.br/blog/calculo-de-producao-de-biogas-2/>>. Acesso em: 20 de ago. 2017.

BONTURI, Guilherme de Luca; VAN DIJK, Michael. “**Instalação de biodigestores em pequenas propriedades rurais: análise de vantagens socioambientais**”. *Revista Ciências do Ambiente Online* n.20. 2012. Disponível em: <http://www.ib.unicamp.br/dep_biologia_animal/indice2012>. Acesso em: 30 de mai. 2017.

CAMPOS, Aluísio Torres. **Análise da viabilidade da reciclagem de dejetos de bovinos com tratamento biológico, em sistema intensivo de produção de leite.** 1997. 161 f. Tese (doutorado em agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1997. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/101909/campos_at_dr_botfca.pdf?sequence=1>. Acesso em: 1 de jun. 2017.

COELHO, Pedro. **“Biodigestores contínuos e de batelada”.** 2012. Disponível em: <<http://www.engquimicasantosp.com.br/2012/07/biodigestores.html>>. Acesso em: 20 de set. de 2017.

COLATTO, Luciulla; LANGER, Marcelo. **“Biodigestor – resíduo sólido pecuário para produção de energia”.** *Revista Unoesc & Ciência* n.2. vol.2. 2011.

DEGANUTTI, Roberto et al. **“Biodigestores rurais: modelo indiano, chinês e batelada”.** Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Biodigestores_000g76qdzev02wx5ok0wtedt3spdi71p.pdf>. Acesso em: 20 de set. de 2017.

FRIEHE, J., WEILAND, P. and Schattauer, A. *Fundamentals of Anaerobic Digestion. Guide to Biogas From production to use.* Federal Ministry of Food, Agriculture and Consumer Protection (BMELV). Eschborn, Germany : Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR), 2010. pp. 21-30.

MACHADO, Gleysson B. **“Biodigestores – Princípio, tipos e viabilidade econômica”.** 2013. Disponível em: <<http://www.portalresiduossolidos.com/biodigestores-principio-tipos-e-viabilidade-economica/>>. Acesso em: 20 de jul. 2017.

RIBEIRO, Deyvid da Silva. **“Determinação das dimensões de um biodigestor em função da proporção gás/fase líquida”.** *Revista Holos* n.27. vol.1. 2011.

SHUBEITA, Fauzi de M. et al. **“Um estudo sobre monitoramento e controle de biodigestores de pequena escala”.** *Relatório de pesquisa* n.079. 2014. Disponível em: <<http://www.pucrs.br/facin/programa-de-pos-graduacao-em-ciencia-da-computacao/informacoes-adicionais/relatorios-tecnicos/>>. Acesso em: 28 de jul. 2017.