Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

PRINCIPAIS PARÂMETROS PARA PRODUÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DE DEJETOS SUÍNOS

KEY PARAMETERS FOR BIOGAS PRODUCTION FROM SWINE MANURE

Robson Djalma Feitosa dos Santos[I]
Camila Carla Guimarães[II]

Área: Ciências Agrárias

RESUMO

A proteína suína, cada vez mais apreciada no mercado interno e externo, gera emprego e renda no Brasil. Entretanto, sem a destinação correta dos dejetos gerados a partir da criação destes animais, pode haver extensa contaminação do solo, cursos d'água e do ar, trazendo riscos ambientais e de saúde pública. Uma proposta para mitigar essa agressão ao meio ambiente é o uso de biodigestores, reatores que maximizam a ação de microrganismos anaeróbios que degradam estes resíduos, reduzindo a sua carga orgânica convertendo-a em biogás através do processo de digestão anaeróbia. O biogás, rico em metano, pode ser purificado e empregado para cozinhar, gerar eletricidade e até movimentar veículos. O restante do material que fica no biodigestor pode ser aplicado como biofertilizante. Assim, os resíduos que constituem um problema podem, portanto, ser a solução para diminuir os gastos com demandas energéticas e de fertilizantes. Para que se maximize a produção de biogás é importante conhecer os melhores parâmetros para a sua produção. Nesta conjuntura, o objetivo deste trabalho foi descrever os principais parâmetros para a digestão anaeróbia de dejetos suínos. A partir de uma revisão da literatura, as informações foram interpretadas e descritas. Os dados levantados apontam que a composição do substrato, temperatura, pH, presença de nutrientes e de inibidores no processo são parâmetros que devem ser controladas para que se atinja a máxima produção de biogás a partir da digestão anaeróbia de dejetos suínos.

Palavras-chave: Biodigestores. Biocombustível. Biometano. Digestão Anaeróbia. Resíduos Agroindustriais.

ABSTRACT

Pork protein, increasingly appreciated in the domestic and foreign markets, generates jobs and income in Brazil. However, without the correct destination of the waste generated from the creation of these animals, there may be extensive contamination of the soil, watercourses, and air, bringing environmental and public health risks. One proposal to mitigate this aggression to the environment is the use of biodigesters, reactors that maximize the action of anaerobic microorganisms that degrade these residues, reducing their organic load converting it into biogas, in a process called anaerobic digestion. Biogas, rich in methane, can be purified and used for cooking, generating electricity, and even moving vehicles. The rest of the material that remains in the biodigester can be applied as biofertilizer. Thus, the residues that constitute a problem can, therefore, be the solution to reduce expenses with energy demands and fertilizers. To maximize biogas production, it is important to know the best parameters for its production.

[I] Graduado em Tecnologia em Biocombustíveis na Fatec de Jaboticabal. E-mail robson_d@rocketmail.com
[II] Doutora em Biotecnologia. Professora do Centro Paula Souza – Fatec. E-mail: camila.guimaraes@fatec.sp.gov.br

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

In this context, the objective of this work was to describe the main parameters for the anaerobic digestion of swine manure. Based on a literature review, the information was interpreted and described. The collected data indicate that the composition of the substrate, temperature, pH, presence of nutrients and inhibitors in the process are parameters that must be controlled to reach the maximum production of biogas from the anaerobic digestion of swine manure.

Keywords: Biodigesters. Biofuel. Biomethane. Anaerobic digestion. Agroindustrial waste.

Data de submissão do artigo: 24/01/2023.
Data de aprovação do artigo: 14/09/2023.
DOI: 10.52138/citec.v15i1.271

1 INTRODUÇÃO

O biogás é um combustível composto principalmente por metano (55 a 75% v/v) e dióxido de carbono (25 a 45% v/v), além de outros gases que estão presentes em menores concentrações. Este biocombustível é produzido pela ação de diferentes microrganismos que fermentam a matéria orgânica (dejetos animais, restos de alimentos, podas e sobras de colheitas, entre outros) em condições anaeróbias, através de fases distintas denominadas hidrólise, acidogênese, acetogênese, metanogênese e sulfetogênese (CHERNICHARO, 1997; ALVES JUNIOR, 2019).

A produção de biogás pode ocorrer naturalmente e, nesta condição, deve ser controlada a fim de evitar a liberação de metano para a atmosfera. Isto porque, o metano é um dos principais agentes agravantes do efeito estufa, sendo vinte e uma vezes mais poluente que o próprio dióxido de carbono. Esta liberação indevida de metano para a atmosfera pode ser, em parte, minimizada pelo uso de biodigestores, que são reatores construídos com a finalidade de receber a matéria orgânica para que a mesma possa ser degradada e convertida em biogás (LIMA et al., 2017).

Nas décadas de 70 e 80, iniciaram-se, no Brasil, os primeiros projetos para a produção do biogás, que logo se extinguiram devido ao alto custo de instalação dos biodigestores, falta de mão de obra especializada e de apoio técnico (HONÓRIO, 2009). Nos últimos anos, a produção deste biocombustível vem novamente ganhando espaço tanto em unidades industriais como em propriedades rurais que criam aves, suínos e bovinos, em virtude da preocupação com os impactos ambientais decorrentes das atividades da pecuária, necessidade de gerenciamento de resíduos gerados para atendimento das legislações vigentes, crescente risco de escassez e encarecimento dos combustíveis fósseis, como também pelos incentivos das ofertas de créditos de carbono (REIS, 2020).

Para suinocultores, a obtenção de biogás a partir de dejetos dos animais de sua propriedade apresenta benefícios sociais, ambientais e econômicos, pois é uma opção para o gerenciamento correto dos resíduos da propriedade, além de promover a economia e até mesmo gerar renda (DIAS *et al*., 2013).

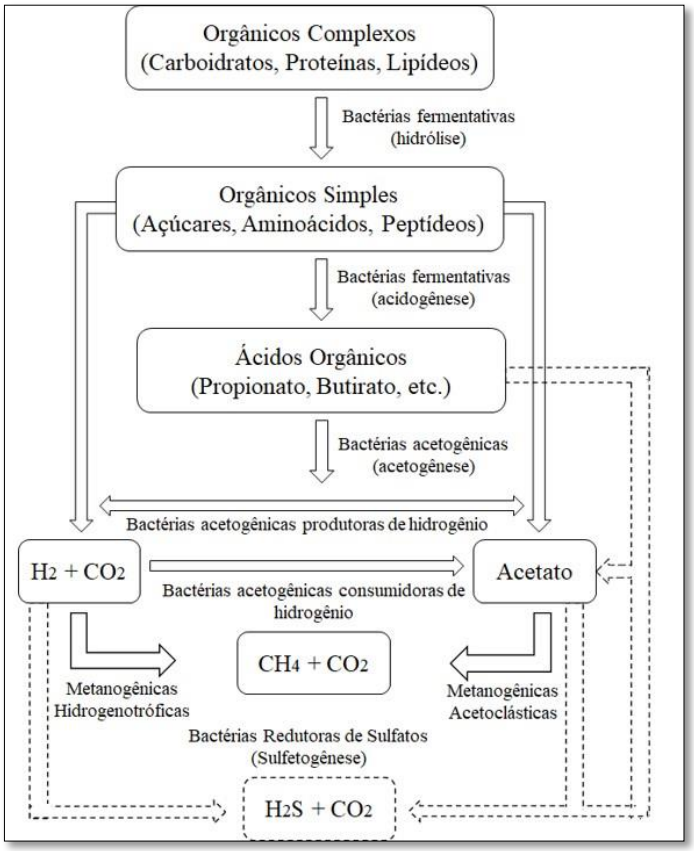
O objetivo principal deste artigo foi identificar, a partir da literatura disponível, os melhores parâmetros para a produção de biogás a partir de dejetos suínos. Espera-se com esse trabalho, reunir informações específicas sobre o processo de obtenção do biogás a partir destes dejetos de forma que criadores de suínos e a sociedade em geral se interesse pela ampliação do uso desta fonte de energia.

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A formação do biogás ocorre através da digestão anaeróbia da matéria orgânica. Moléculas de cadeias complexas são convertidas em produtos mais simples pela ação de diferentes grupos de microrganismos, conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1 – Digestão anaeróbia e a produção de biogás



Fonte: Adaptado de Chernicharo (1997)

A primeira etapa do processo, hidrólise (quebra de uma molécula através da água), ocorre pela ação de enzimas excretadas no meio. O objetivo é transformar as cadeias orgânicas complexas de lipídeos, polissacarídeos e proteínas em monômeros (CHERNICHARO, 1997). O tempo da hidrólise é determinado pela composição do substrato, sendo mais rápido para carboidratos (açúcares) e bem mais lento e, às vezes incompleto, para materiais ricos em lignocelulose, por exemplo (KUNZ *et al*., 2019).

Na acidogênese, os compostos mais simples dão origem principalmente aos ácidos orgânicos, mas também a álcoois, sulfeto de hidrogênio, hidrogênio, dióxido de carbono, acetato e amônia pela ação dos microrganismos acidogênicos.

Na acetogênese, os microrganismos oxidam os ácidos orgânicos produzidos na fase anterior, transformando-os em acetato, hidrogênio e dióxido de carbono (CHERNICHARO, 1997). As bactérias acetogênicas vivem em sintrofia com as arqueas metanogênicas, e esta relação de troca de nutrientes permite o controle da quantidade de hidrogênio no meio evitando um desequilíbrio no processo (KUNZ *et al*., 2019).

Durante a metanogênese, as arqueas convertem o acetato, hidrogênio e dióxido de carbono em metano. Quanto a via metabólica, as arqueas podem ser acetoclásticas (utilizam

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

acetato para obtenção de metano) ou hidrogenotróficas (utilizam hidrogênio e dióxido de carbono para obtenção do metano). A digestão anaeróbia da matéria orgânica pode incluir a formação de sulfetos. Este processo é denominado sulfetogênese e ocorre pela presença significativa de substratos ricos em sulfato (CHERNICHARO, 1997; KUNZ *et al*., 2019).

2.1 Biodigestores

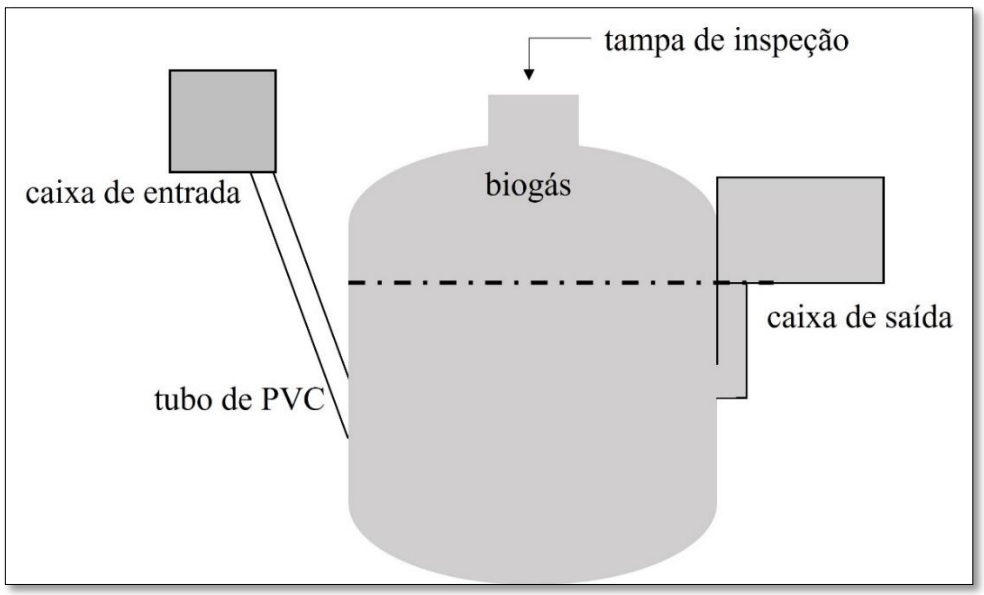
Os biodigestores são reatores que operam como uma câmara fechada e não permitem a entrada de oxigênio. Esses sistemas de tratamentos potencializam a conversão da matéria orgânica em metano e gás carbônico e tornam possível a captação do biogás que, após devidamente purificado, pode ser empregado para geração de energia térmica, elétrica ou como combustível veicular (FERNANDES FILHO, 2018).

O uso de biodigestores para produção de biogás possibilita ainda a obtenção do digestato, um composto rico em nitrogênio, fósforo e potássio, entre outros elementos, que pode ser aplicado como fertilizante (ALVES, INOUE, BORGES, 2010).

Existem vários tipos de biodigestores que são utilizados conforme a necessidade, tipo de substrato, disponibilidade de espaço, bem como o valor do projeto. Existem tecnologias mais avançadas para a construção de biodigestores, porém os modelos comumente encontrados nas áreas rurais, conforme descrito por Alves, Inoue e Borges (2010) são:

- Modelo Chinês: além da câmara de digestão, este modelo é composto por uma caixa de carga e uma caixa de descarga, as quais são responsáveis pela entrada do substrato a ser digerido e saída do digestato (fertilizante), respectivamente. Este biodigestor pode ser construído de alvenaria e apresenta-se em formato cilíndrico, com gasômetro fixo em forma de abóboda, conforme apresentado na Figura 2 (FERNANDES FILHO, 2018).

Figura 2 – Biodigestor Modelo Chinês



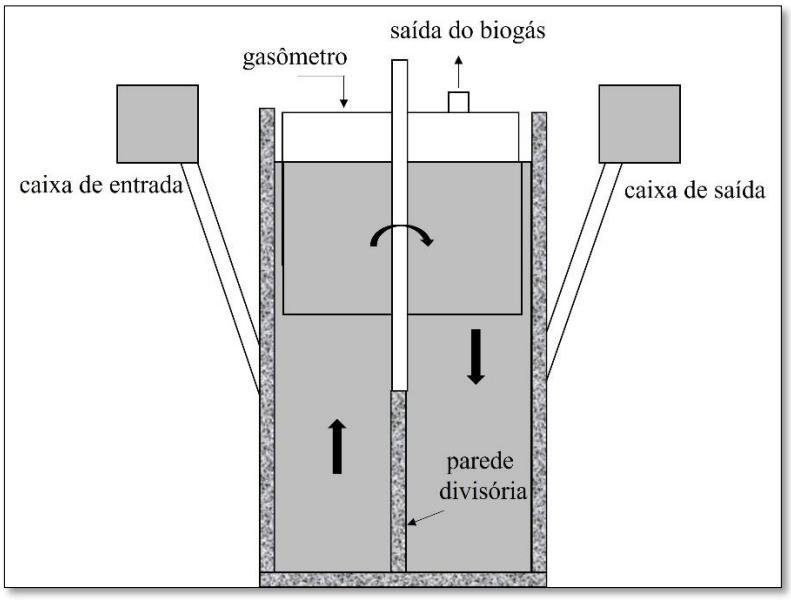
Fonte: Adaptado de Benincasa, Ortolani, Lucas Júnior (1990)

- Modelo Indiano: apresenta praticamente os mesmos componentes que o modelo Chinês, também pode ser construído de alvenaria, porém possui um gasômetro flexível que funciona como um controlador da pressão do biodigestor, pois a sua posição varia de acordo com produção do biogás. Além do gasômetro, este modelo apresenta um diferencial na câmara

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

de digestão, a qual é dividida em duas partes, facilitando a circulação do substrato a ser digerido, conforme apresentado na Figura 3 (FERNANDES FILHO, 2018).

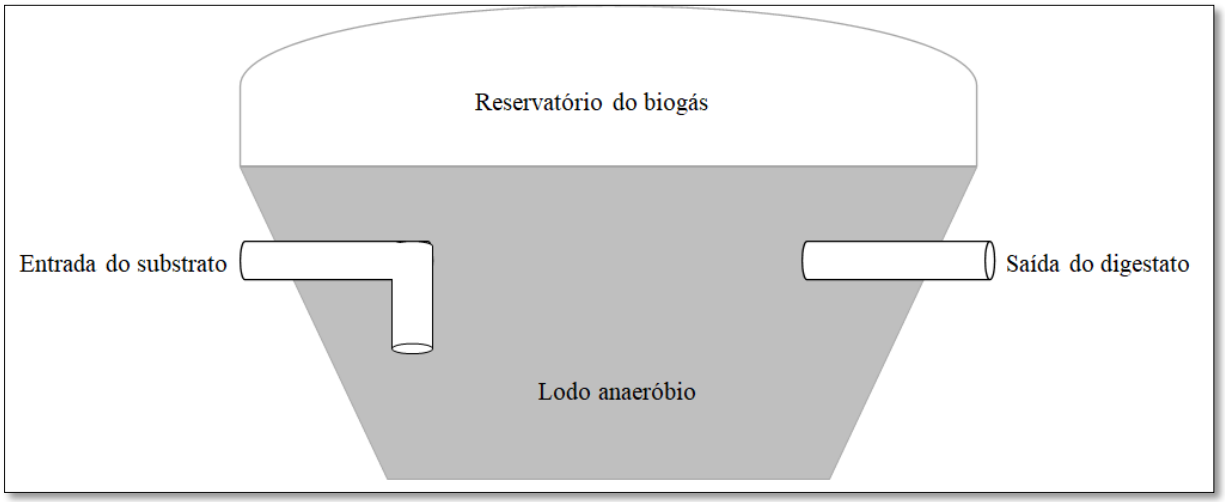
Figura 3 – Biodigestor Modelo Indiano



Fonte: Adaptado de Benincasa, Ortolani, Lucas Júnior (1990)

- Modelo Canadense: Também conhecido como modelo de lagoa coberta, feito de alvenaria com uma lona flexível de policloreto de vinila (PVC). Também possui uma caixa de carga e descarga. Esta lona infla ou retrai de acordo com a produção e o uso do biogás (Figura 4). Como atende de maneira satisfatória a diversos volumes de substratos, é um dos mais difundido entre produtores rurais (FERNANDES FILHO, 2018).

Figura 4 – Biodigestor Modelo Canadense



Fonte: Adaptado de Kunz *et al.* (2019)

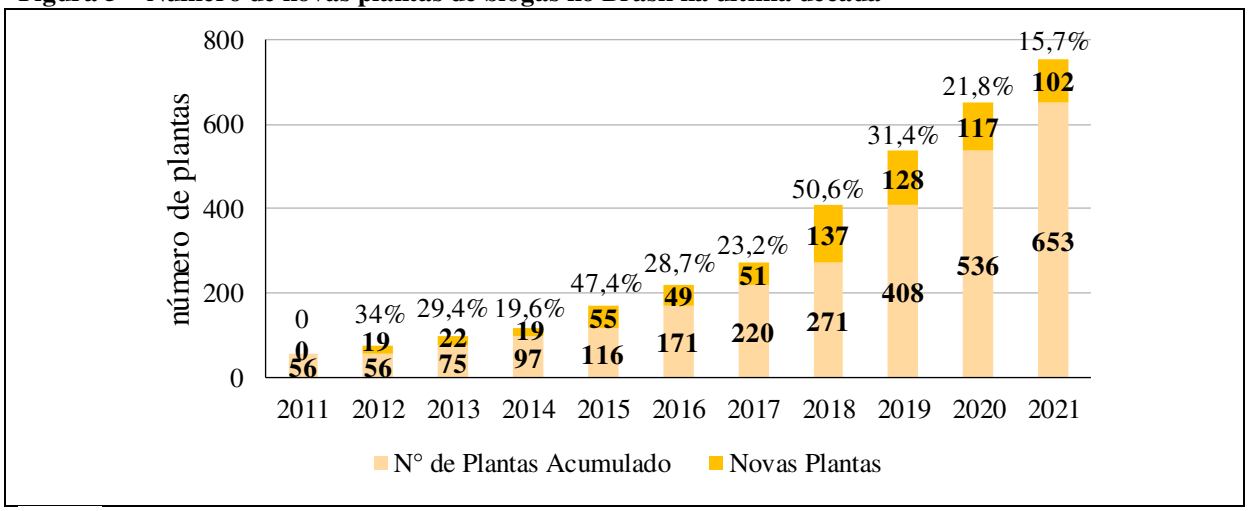
Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

2.2 Panorama da produção de biogás no Brasil

A crescente preocupação com a minimização do consumo de combustíveis fósseis, aumento dos custos e a demanda energética atual têm conduzido à sociedade a repensar práticas de padrão de consumo e de emprego de fontes de energia renováveis e menos agressivas ao meio ambiente, como o biogás (BERMANN, 2008).

No Brasil, por exemplo, o interesse tem sido crescente nas últimas décadas (Figura 5) como consequência dos incentivos e legislações específicas propostas através da Resolução ANEEL 482/2012, que favorecem a geração de energia elétrica a partir do biogás, a partir de micro e minigeração distribuída (CIBIOGAS, 2022).

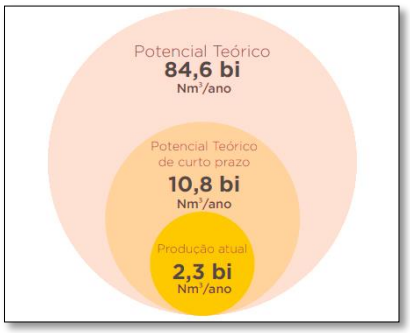
Figura 5 – Número de novas plantas de biogás no Brasil na última década



Fonte: Adaptado de CIBiogás (2022)

Embora o número de novas plantas de biogás no Brasil tenha crescido nos últimos anos, principalmente a partir de 2018, o país aproveita apenas 3% de todo o potencial teórico, que fica em torno de 84,6 bilhões de metros cúbicos por ano (ABIOGÁS, 2021), muito além da produção atual que é de 2,3 bilhões de metros cúbicos por ano (CIBIOGÁS, 2022).

Figura 6 – Potencial teórico e atual de produção de biogás no Brasil



Fonte: Adaptado de CIBiogás (2022)

Segundo a CIBiogás (2022), atualmente o setor de saneamento contribui com 74% de todo volume de biogás produzido no país, enquanto o setor industrial e o agropecuário tiveram contribuições de 16% e 10%, respectivamente. Em termos de número de plantas de produção

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

de biogás, o setor agropecuário foi responsável por 80% do número de plantas totais em operação no Brasil, enquanto o setor industrial representou 11% e o setor de saneamento 9%.

O setor agropecuário, pelas crescentes atividades de criação animal no Brasil, tem potencial de ampliar ainda mais a sua participação na produção de biogás, considerando desde o grande produtor até os proprietários de áreas rurais menores e com acesso a menos tecnologias, que também podem aproveitar os dejetos produzidos em suas propriedades. No caso dos bovinos, por exemplo, houve em 2020 uma alta de 1,5% no número de cabeças de animais em comparação ao ano anterior, totalizando 218,2 milhões de gado, atingindo o segundo maior rebanho da série histórica iniciada em 1974. A mesma pesquisa mostra ainda o total de galináceos (galos, galinhas, frangos, frangas, pintinhos e pintainhas) no Brasil como de 1,5 bilhão de aves. No caso do rebanho de suínos, houve um crescimento de 1,4% em 2020, somando 41,1 milhões de cabeças, o que tornou o Brasil o país com o quarto maior efetivo de suínos, o quarto maior produtor mundial de carne suína e o quarto maior exportador (IBGE, 2020).

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

Esta pesquisa bibliográfica foi realizada empregando-se como fonte de consulta monografias, trabalhos de conclusão de curso, teses, dissertações e artigos. Utilizaram-se também informações levantadas em sites governamentais e instituições reconhecidas dentro do contexto abordado. Após o levantamento dos dados, foi realizado uma análise comparativa de trabalhos científicos sobre os principais fatores que influenciam a produção do biogás a partir do uso de dejetos suínos como substrato.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O levantamento e a comparação dos dados sobre a produção de biogás empregando-se dejetos suínos como substrato são apresentados e discutidos a seguir.

4.1 Principais parâmetros da digestão anaeróbia para produção de biogás a partir de dejetos suínos

A temperatura em que a digestão anaeróbia acontece influencia diretamente no metabolismo dos microrganismos envolvidos no processo e, consequentemente, na eficiência e velocidade da produção do gás. Embora seja possível produzir biogás em faixas de temperatura bastante distintas, psicrofílica (4 a 15 ºC), mesofílica (20 a 40 ºC) e termofílica (45 a 70 ºC) os valores ideias em termos de viabilidade dos projetos concentram-se na mesofílica, com valores temperatura ótima de 30 a 35 °C (CHERNICHARO, 1997).

Estudos experimentais têm comprovado que as temperaturas mesofílicas ideais para produção de biogás, a partir de dejetos suínos, situam-se na faixa de 35 a 40 ºC. O trabalho de Miranda, Amaral e Lucas Júnior (2006) mostrou que as temperaturas de 35 e 40 ºC diminuíram o tempo de partida dos biodigestores e permitiram a produção de maiores volumes de biogás, quando comparada a temperatura de 25 ºC.

O mesmo resultado foi encontrado por Souza, Lucas Júnior e Ferreira (2005), as temperaturas de 35 e 40 ºC favoreceram a partida dos biodigestores e maior produção acumulada de gás em um menor período. Os autores destacam que não houve diferença significativa entre as variáveis analisadas para estas duas temperaturas e, portanto, sugerem a

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

operação de biodigestores alimentados com dejetos suínos a 35 ºC, pois o custo de montagem do sistema para a temperatura de 40 ºC seria mais alto.

A utilização de sistemas de aquecimento de biodigestores no campo deve considerar uma análise da viabilidade econômica dos gastos decorrentes da energia desprendida para aquecimento versus quantidade de energia produzida pelo aproveitamento do biogás (OLIVEIRA, HIGARASHI, 2006).

A maioria dos proprietários de granjas de pequeno e médio porte de suínos não teriam condições favoráveis para aquisição de sistemas de controle da temperatura de biodigestores. Na prática, este fato não impossibilita a produção do biogás, uma vez que o clima tropical no Brasil favorece os ciclos de biodigestão, com temperaturas médias anuais que ficam dentro da faixa mesofílica e que garantem os processos biológicos dos microrganismos anaeróbios. O que não é uma realidade em países do hemisfério Norte, por exemplo, onde o clima extremamente frio por longos períodos suspende as atividades dos ciclos biológicos e restringe a biodiversidade detritívora. Nestas localidades, o uso de biodigestores é encarecido pela necessidade de aquecimento térmico do equipamento (BLEY JÚNIOR *et al*., 2009).

A presença de nutrientes como nitrogênio, fósforo, potássio, entre outros, são igualmente importantes para o processo, pois garantem a sobrevivência e multiplicação dos microrganismos. A literatura aponta quantidades específicas de alguns nutrientes para a digestão anaeróbia, sendo importante a presença de carbono (C), nitrogênio (N) e fósforo (P) em proporções de C:N de 30:1 e N:P de 5:1 (OLIVEIRA, OLIVEIRA, 1993).

O trabalho de Souza *et al*. (2009) caracterizou os dejetos suínos em fase de terminação de 12 granjas distintas e em todas elas a relação C:N estava abaixo do valor considerado ideal. Relações baixas C:N inibem o processo devido a possível formação de amônia e consequente elevação do pH do meio. Quando identificada essa situação, a solução seria a adição de outro substrato (co-digestão) que favorece a relação esperada de C:N (OLIVEIRA, OLIVEIRA, 2006).

A concentração dos nutrientes nos dejetos suínos, assim como a sua composição e a presença de possíveis inibidores apresentam variações em decorrência do sistema de manejo dos animais, categoria, idade e diluição, por exemplo (OLIVEIRA, OLIVEIRA, 1993).

Orrico Júnior, Orrico e Lucas Júnior (2010) demonstraram que os dejetos dos suínos alimentados com dietas à base de sorgo apresentam menor potencial de produção de biogás e metano, quando comparado aos animais alimentados com dietas à base de milho. Segundo os autores, o sorgo apresenta em sua composição tanino, um composto fenólico pouco palatável que diminui a digestibilidade de proteínas e do amido, podendo ainda ser tóxico para os microrganismos.

Além da dieta, a idade dos animais também parece ser um interferente (MIRANDA, LUCAS JÚNIOR, THOMAZ, 2009) e, portanto, essa particularidade deve ser considerada no processo, como contempla o material desenvolvido por Mito *et al*. (2018) que descreve diferentes metodologias para estimar o potencial de produção de biogás a partir de plantéis de suínos e bovinos no Brasil.

Considerando que muitos produtores rurais utilizam antibióticos no manejo de seus animais, inseticidas e desinfetantes na higienização dos locais (AZEVEDO, 2014; STEINMETZ, 2016), a entrada destes inibidores no biodigestor deve ser controlada, pois estes interferem na atividade dos microrganismos, alterando a capacidade de metabolização dos compostos (OLIVEIRA, HIGARASHI, 2006; STEINMETZ, 2016). São descritos na literatura procedimentos analíticos, como a norma ISO 13.64:2003 e norma ASTM E2170-01:2008, por exemplo, que podem ser adotados na análise do substrato em relação à presença de substâncias

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

inibidoras (Kunz *et al*., 2019). A adoção desta prática pode, portanto, minimizar os riscos de introdução de inibidores no processo da biodigestão.

Os valores de pH da digestão anaeróbia também são indicativos importantes do processo. Valores abaixo de 6,0 e acima de 8,0 favorecem a toxicidade de alguns compostos e alteram as estruturas enzimáticas dos microrganismos. A manutenção dos valores de pH idealizado (pH=7,0) depende de uma interação entre os ácidos voláteis formados e a capacidade de tamponamento do sistema (CHERNICHARO, 1997).

Há a possibilidade de adição de produtos químicos para equilíbrio do sistema, como cal hidratada, cal virgem, carbonato de sódio, entre outros. Estes devem ser adicionados em caso de acidificação do sistema, porém a adição deve ser realizada com cautela, pois da mesma forma que um pH baixo é prejudicial para o processo, o mesmo ocorre para pH elevados (CHERNICHARO, 1997).

Port *et al*. (2003) e Oliveira e Higarashi (2006) determinaram o pH de dejetos suínos em situações distintas e encontraram valores situados na faixa de 7,1 a 7,8. Na prática, os dados da literatura demonstram que é possível produzir biogás a partir destes dejetos sem necessidade de componentes adicionais para correção do pH, o que traz menor custo para o produtor (CAMPOS *et al*., 2005; OLIVEIRA, HIGARASHI, 2006).

O estudo das características dos dejetos suínos e o entendimento dos parâmetros ideais da sua utilização para produção de biogás é de fundamental importância para o aprimoramento do processo, e devem considerar ainda a cinética da reação de degradação deste substrato que por sua vez é dependente das suas características (propriedades físico-químicas e concentração), das relações entre os microrganismos presentes no processo (composição populacional, densidade, interações inter-espécies) e de fatores ambientais (pH, temperatura, presença de outros compostos, etc.) (SPEECE, 1996).

Embora a heterogeneidade da composição da matéria orgânica e a atuação de diferentes populações de bactérias no processo torne complexa a tarefa de descrever as reações enzimáticas que ocorrem durante a digestão anaeróbia (SILVA, 2009), a cinética da produção de biogás a partir de dejetos suínos tem sido estudada por diferentes modelos matemáticos como o de Monod (MORAES, PAULA JÚNIOR, 2006), Contois (OLIVEIRA, 2016) e de Hashimoto (LIMA *et al*., 2013) na busca pela otimização do processo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

É importante estabelecer os melhores parâmetros de produção de biogás a partir de dejetos suínos, pois esta atividade beneficia não só o país em termos de autossuficiência energética, mas também os proprietários rurais que criam estes animais e que podem se beneficiar da energia gerada. O setor de criação de suínos pode contribuir para que o país atinja todo o seu potencial de produção de biogás, principalmente se os criadores de animais, com propriedades de pequeno e médio porte tiverem acesso à informação e tecnologias sobre o contexto.

Este estudo demonstrou que os dejetos suínos apresentam características que favorecem o seu emprego para produção de biogás, sendo considerado um ótimo substrato para o processo da digestão anaeróbia. Porém, devido as particularidades do manejo dos animais, a composição deste substrato, temperatura, pH, presença de nutrientes e de inibidores são variáveis que devem ser controlados e acompanhados para que se atinja a máxima eficiência do processo.

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

REFERÊNCIAS

ABIOGÁS - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE BIOGÁS E BIOMETANO. **ABiogás divulga novo potencial do biogás para o mercado brasileiro.** São Paulo: ABiogás, 2021. Disponível em: https://abiogas.org.br/abiogas-divulga-novo-potencial-do-biogas-para-o-mercado-brasileiro-durante-forum-em-sao-paulo/. Acesso em 03 maio 2022.

ALVES JUNIOR, Júlio Cezar. **Estimativa da Produção de Biogás a Partir de Dejetos Suínos**: avaliação e comparação entre metodologias, aplicadas a um estudo de caso. 2019. 38 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Energia, Centro Tecnológico, Instituto Latino-americano de Tecnologia, Infraestrutura e Território (Ilatit), Foz do Iguaçu, 2019. Disponível em: JC Alves Júnior - 2020 - dspace.unila.edu.br. Acesso em: 21 abr. 2022.

ALVES, E. E. N.; INOUE, K. R. A.; BORGES, A. C. Biodigestores: construção, operação e usos do biogás e do biofertilizante visando a sustentabilidade das propriedades rurais. **II Simpósio Brasileiro de Agropecuária Sustentável**, Universidade Federal de Viçosa–Viçosa/MG, p. 6-6, 2010.

AZEVEDO, K. D.; MARI, A. G.; FRIGO, E. P.; FRIGO; J. P.; PERISSATO, S. M.; GRZESIUCK, A. E. Avaliação do tratamento de dejetos suínos em biodigestor submetidos a diferentes substâncias inibidoras. **Bioenergia em Revista: Diálogos**, v. 4, n. 2, 2014.

BENINCASA, M.; ORTOLANI, A.F.; LUCAS JÚNIOR, J. Biodigestores convencionais. Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 1986. 25 p.

BERMANN, C. Crise ambiental e as energias renováveis. São Paulo: **Ciência e Cultura**, v. 60, n. 3, p. 20-29, 2008.

BLEY JÚNIOR, C.; LIBÂNIO, J. C.; GALINKIN, M.; OLIBEIRA, M. M. **Agroenergia da biomassa residual: perspectivas energéticas, socioeconômicas e ambientais**. 2ª ed. Brasília: Itaipu Binacional, Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação, 2009. 140 p

CAMPOS, C. M. M.; MOCHIZUKI, E. T.; DAMASCENO, L. H. S.; BOTELHO, C. G Avaliação do potencial de produção de biogás e da eficiência de tratamento do reator anaeróbio de manta de lodo (UASB) alimentado com dejetos de suínos. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, p. 848-856, 2005.

CHERNICHARO, C.A. DE L., **Reatores anaeróbios: princípios do tratamento biológico em águas residuárias**, 2. ed., Belo Horizonte: DESA/UFMG, 1997.

CIBIOGAS – CENTRO INTERNACIONAL DE ENERGIAS RENOVÁVEIS - BIOGÁS. **Panorama do Biogás no Brasil 2021**. Relatório Técnico, nº 001/2022 – Foz do Iguaçu: CIBiogás, 2022, 20p.

DE LIMA, H. Q.; ENSINAS, A. V.; TONELI, J. T. de C. L.. Avaliação dos parâmetros da digestão anaeróbica dos dejetos de suínos. III Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos Agropecuários e Agroindustriais - São Pedro – SP, 2013.

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

DIAS, M. I. A.; COLEN, F.; FERNANDES, L. A.; SOUZA, R. M. D.; BUENO, O. D. C. Viabilidade econômica do uso do biogás proveniente da suinocultura, em substituição a fontes externas de energia. **Energia na Agricultura**, v. 28, n. 3, p. 155, 9 nov. 2013

FERNANDES FILHO, A. C.; SANTANA, C. O. S.; GATTAMORTA, M. A. Utilização de biodigestores para geração de energia elétrica a partir de dejetos de suínos no Brasil. **INOVAE-Journal of Engineering, Architecture and Technology Innovation**, v. 6, p. 67-84, 2018.

HONÓRIO, Michele Orlandi. **Estimativa de Crédito de Carbono da Produção e Queima de Biogás Provenientes de Dejetos Suínos**: Estudo de Caso. 2009. 91 f. Monografia (Mestrado em Engenharia Química) - Faculdade, Universidade Federal de Santa Catarina Florianópolis, 2009.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agro 2017 Resultados definitivos**. Disponível em https://censoagro2017.ibge.gov.br/2012-agencia-de-noticias/noticias/31725-rebanho-bovino-cresce-1-5-e-atinge-218-2-milhoes-de-cabecas-em-2020.html. Acesso em: 03 mai. 2022.

KUNZ, A.; BASTOS, A. P. A.; SCHMIDT, G. S.; LIMA, G. J. M. M. de; PEREIRA, M. L. **Fundamentos da Digestão anaeróbia, purificação do biogás, uso e tratamento do biodigestado**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves e Sociedade Brasileira dos Especialista em Resíduos das Produções Agropecuária e Agroindustrial - SBERA, 2019. 209 p.

LIMA, L. P.; BRAINER, M. M. DE A., CUNHA, W. F. DA; PEREIRA, A. K.; NETO, R. F. Impactos Ambientais dos Resíduos da Suinocultura Industrial e Alternativas de Tratamento. **Colloquium Agrariae**, v. 13, n. 2, p. 235-253, 2017.

MIRANDA, A. P.; AMARAL, L. A.; LUCAS JR, J. Influência da temperatura na biodigestão anaeróbia de dejetos de bovinos e suínos. **X Encontro Latino-Americano de Iniciação Científica e VI Encontro Latino-Americano de Pós-Graduação** – Universidade do Vale do Paraíba, p. 2928-2931, 2006.

MIRANDA, A. P; LUCAS JR, J; THOMAZ, M. C. Redução de sólidos e produção de biogás em Biodigestores abastecidos com dejetos de suínos Alimentados com dietas formuladas com milho ou Sorgo. **I Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos de Animais Geração de Energia a partir de Resíduos**, p. 258-263, 2009

MITO, J. D. L.; KERKHOFF, S.; SILVA, J. L. G.; VENDRAME, M. G.; STEINMETZ, R. L. R.; KUNZ, A. **Metodologia para estimar o potencial de biogás e biometano a partir de plantéis suínos e bovinos no Brasil**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2018, 56 p.

MORAES, L. M.; PAULA JÚNIOR, D.l R. Avaliação da biodegradabilidade anaeróbia de resíduos da bovinocultura e da suinocultura. **Engenharia Agrícola**, v. 24, p. 445-454, 2004.

OLIVEIRA, Michele Barcelos de. **Simulação do desempenho de diferentes sistemas de reatores para processos anaeróbicos de produção de biogás**. 2016. TCC (graduação) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Engenharia Ambiental e Sanitária, Cerro Largo, 2016.

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

OLIVEIRA, P. A. V. de. **Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos.** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 1993. 188p.

_____; HIGARASHI, M. M. **Geração e utilização de biogás em unidades de produção de suínos**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2006.

ORRICO JÚNIOR, M. A. P.; ORRICO, A. C. A; LUCAS JÚNIOR, J. de. Avaliação de parâmetros da biodigestão anaeróbia de dejetos de suínos alimentados com dietas à base de milho e sorgo. **Engenharia Agrícola**, v. 30, n. 4, p. 600-607, 2010.

PORT, O.; AITA, C.; GIACOMINI, S.J. Perda de nitrogênio por volatilização de amônia com o uso de dejetos de suínos em plantio direto. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 7, p. 857-865, 2003

REIS, Liege. **Biogás no Brasil, história e perspectiva de futuro**. 2020. Disponível em: https://cibiogas.org/blog-post/biogas-no-brasil-historia-e-perspectiva-de-futuro/#:~:text=O%20biog%C3%A1s%20no%20Brasil%20se%20iniciou%20com%20a%20crise%20do,anaer%C3%B3bia%20da%20mat%C3%A9ria%20org%C3%A2nica)%3B. Acesso em: 22 abr. 2022.

SILVA, Wellington Regis *et al*. Estudo cinético do processo de digestão anaeróbia de resíduos sólidos vegetais. 2009. 201 f. Tese (Doutorado em Química Analítica). Universidade Federal da Paraíba – Departamento de Química. João Pessoa, 2019

SOUZA, C. F.; LUCAS JÚNIOR, J. de; FERREIRA, W. P. M. Biodigestão anaeróbia de dejetos de suínos sob efeito de três temperaturas e dois níveis de agitação do substrato: considerações sobre a partida. **Engenharia Agrícola**, v. 25, n. 2, p. 530-539, 2005.

SOUZA, C. F.; CARVALHO, C. D. C. S.; CAMPOS, J. A.; MATOS, A. T. Caracterização de dejetos de suínos em fase de terminação. **Revista Ceres**, v. 56, n. 2, p. 128-133, 2009.

SPEECE, R. E. Anaerobic biotechnology for industrial wastewater treatment. **Environmental Science & Technology**, v. 17, n. 9, p. 416A-427A, 1983.

STEINMETZ, Ricardo Luis Radis. **Avaliação do efeito de drogas veterinárias na produção específica de biogás de substratos agropecuários**. 2016. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Florianópolis, 2016.