

15º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP - 2024

OTIMIZAÇÃO E CONTROLE DE UM BIODIGESTOR CASEIRO

Gabriel G. MOIA¹, Lucas B TORRES², Antonio Celso C L Souza³, Walter A. VARELLA⁴, Flavia D. T. LUNA⁵

¹ Graduando em Bacharelado de Engenharia de Controle e Automação, IFSP, Câmpus Cubatão.

² Graduando em Bacharelado de Engenharia de Controle e Automação, IFSP, Câmpus Cubatão.

³ Me. Pesquisador da UFABC

⁴ Dr. Pesquisador Colaborador do Instituto Federal de Educação, Ciência e tecnologia de São Paulo (IFSP)

⁵ Prof.^a Dr.^a do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP)

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 10600000 Química

RESUMO: Pesquisas sobre meios de geração de energia alternativas se tornam cada vez mais presentes atualmente devido à alta poluição causada por combustíveis fosseis. Uma parte importante destas pesquisas é a otimização destes métodos, visando maximizar a geração de energia limpa. Com isso, o presente trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um sistema de controle e monitoramento de temperatura, pH e presença de gases para um biodigestor caseiro, adaptando um biodigestor de 7L para uma escala de 90L, adicionando componentes para alimentação, armazenamento de gás e remoção de digestato. Para isso, é utilizado de microcontroladores ESP 8266 e Arduino Nano para processamento dos dados e alimentação de um banco de dados online Blynk via Wi-Fi. Como resultado, o trabalho desenvolve com êxito um sistema para monitoramento de temperatura, pH e presença de gases do biodigestor, tornando possível a obtenção de dados relevantes do processo.

PALAVRAS-CHAVE: Biodigestor, Biogás, ESP 8266, Arduino Nano, Blynk.

OPTIMIZATION AND CONTROL OF A HOMEMADE BIODIGESTER

ABSTRACT: Research in alternative energy generation is becoming more prevalent nowadays due to the high pollution caused by fossil fuels. A big part of that research is optimizing those methods to maximize clean energy production. The present work aims to develop a system for controlling and monitoring temperature, pH, and gas presence for a homemade biodigester, adapting a 7L biodigester to a 90L scale by adding components for feeding, gas storage, and digestate removal. For this, ESP 8266 and Arduino Nano microcontrollers are used to process data and feed an online Blynk database via Wi-Fi. As a result, the work successfully develops a system for monitoring the biodigester's temperature, pH, and gas presence, making it possible to obtain relevant process data.

KEYWORDS: Biodigestor, Biogas, ESP 8266, Arduino Nano, Blynk.

INTRODUÇÃO

A discussão sobre danos ambientais e formas de revertê-los tem se tornado cada vez mais relevante, especialmente em relação ao uso de combustíveis fósseis e a necessidade de substituí-los por fontes alternativas para reduzir a emissão de CO₂ (Tayra e Reis, 2020). Nesse contexto, o biodigestor, junto de alternativas de baixo impacto, surge como uma alternativa eficiente e com menor emissão de CO₂ comparado fontes energéticas baseadas em combustíveis fosseis (Cortês et al, 2019).

O biodigestor é um sistema sem presença de ar que utiliza a digestão anaeróbia de resíduos orgânicos para gerar energia, minimizando os impactos ambientais e de saúde (Machado et al, 2021). Este processo envolve quatro etapas: hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese, resultando na produção de CH_4 , usado na geração de energia (Amaral et al, 2019), como observado na Figura 1.

Com isto, o presente trabalho tem como objetivo aumento de escala do biodigestor criado por Torres e Luna (2023), e a sua otimização com a junção de microcontroladores ESP 8266 e Arduino Nano para monitorar e controlar temperatura (sensor DS18B20) e pH (sensor PH4502C), bem como monitorar os gases gerados (sensores MQ4, MQ3 e MQ8). Os dados dos sensores foram armazenados em um banco de dados, buscando maximizar a geração de energia.

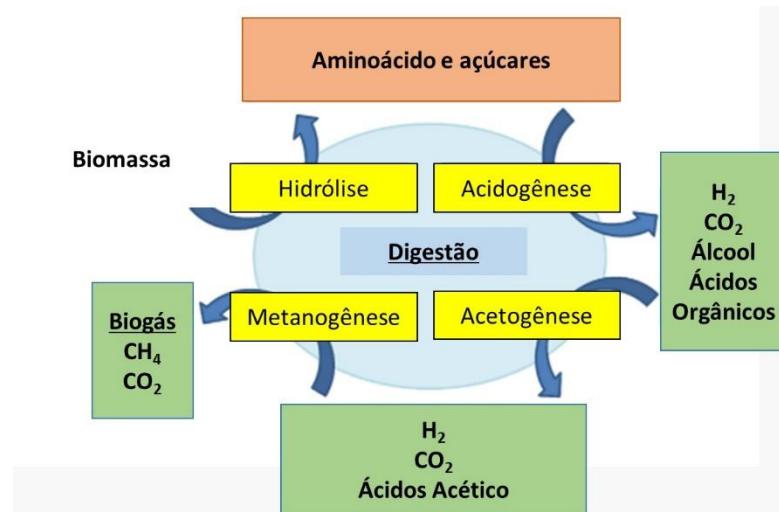


Figura 1: Processo de biodigestão

Fonte: Neres, Ramos e Régis (2021)

MATERIAL E MÉTODOS CONSTRUÇÃO DO BIODIGESTOR

O biodigestor foi construído com materiais facilmente encontrados em lojas de materiais de construção ou em lojas online, visando a fácil reprodução dos métodos utilizados. Torres e Luna (2023) desenvolveram um biodigestor de 7 L, conforme ilustrado na Figura 2:



Figura 2: Biodigestor anteriormente desenvolvido

Fonte: Torres e Luna (2023)

Com base nos resultados obtidos na geração de energia deste modelo, foi desenvolvido um novo biodigestor, desta vez com um compartimento principal de 90 L, utilizando uma bombona plástica. Foram feitos dois furos na tampa e um na parte inferior do recipiente, os quais foram selados com conexões de PVC. As conexões da tampa foram ligadas a canos de PVC com registros do tipo esfera, permitindo a entrada de alimentos e a saída de gás sem necessidade de abrir o compartimento. Uma das saídas da tampa é conectada a uma garrafa plástica de 7 L. Tendo em vista que ao final de cada etapa da biodigestão os gases gerados na etapa anterior são consumidos, ao final, a garrafa armazena apenas o gás metano. A lista de materiais utilizados para construção pode ser vista na Tabela 1:

Tabela 1: Materiais utilizados na construção do biodigestor

MATERIAIS	QUANTIDADE
Bombona Plástica 90L	01
Conexões de PVC ¼	02
Cano de PVC ¼ - 50CM	02
Registro esfera PVC	02
Registro Esfera de metal	03
Mangueira Cristal 30CM	01
Fita Veda-Rosca 18mmx25m	02
Garrafa Plástica 7L	01

ALIMENTAÇÃO DO BIODIGESTOR

A alimentação do biodigestor é feita diariamente, baseada na comida típica brasileira (PF), composta majoritariamente por arroz e feijão, além de alface, tomate, cebola e farofa. Esses alimentos são triturados com água em uma proporção de 2 g de água destilada para cada g de resíduo alimentar, sendo então inseridos no biodigestor, conforme o procedimento de Torres e Luna (2023). Os resíduos alimentares foram cedidos por um restaurante local próximo ao IF. Para análise do substrato, utilizou-se um método baseado no SM2540 B, em que as amostras de alimentos foram secas em estufa a 105 °C, com pesagens a cada hora até que a diferença fosse inferior a 0,01 g, determinando-se assim os sólidos totais. Em seguida, as amostras foram aquecidas a 550 °C por 30 minutos em mufla e pesadas, determinando os sólidos voláteis.

MEDIÇÃO E CONTROLE DE TEMPERATURA

A medição e o controle da temperatura são realizados com um sensor de temperatura DS18B20, o qual possui encapsulamento adequado para uso em ambientes úmidos. As medições são enviadas para o microcontrolador, que mantém a temperatura constante entre 35 °C e 37 °C, faixa ideal para o processo de biodigestão (Lima et al., 2020). Para evitar variações de temperatura, o sensor aciona um relé normalmente fechado que controla um ebulidor, o qual permanece ligado até alcançar a temperatura desejada.

PRESENÇA DE GÁS

Os sensores de gás MQ3, MQ4 e MQ8, conectados ao microcontrolador, são utilizados para detectar a presença de gases no interior do biodigestor, permitindo identificar as fases do processo de geração de biogás. Esses sensores detectam a presença de álcool, H₂ e CH₄, respectivamente, possibilitando o monitoramento das etapas do processo, conforme a lógica descrita na tabela 2:

Tabela 2: Funcionamento da detecção de fases

FASE	GASES DETECTADOS
Hidrolise	N/A

MEDIDOR E CONTROLADOR DE pH

A medição do pH é realizada pelo sensor PH4502C, que monitora continuamente o valor do pH. Esse sensor trabalha em conjunto com os sensores de gás, que indicam a fase atual do processo. O PH4502C mede o pH e o compara com o valor ideal da fase em curso. Caso o pH esteja fora dos padrões estabelecidos, soluções tampão são bombeadas para dentro do biodigestor para ajuste, utilizando ácido ou base conforme a necessidade.

TRATAMENTO DOS DADOS OBTIDOS

Os dados capturados pelos sensores são enviados para um banco de dados online na plataforma Blynk, que permite tanto o acompanhamento em tempo real dos parâmetros monitorados quanto a análise dos dados históricos registrados durante todo o funcionamento do sistema.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

MONTAGEM DO BIODIGESTOR:

Como descrito, o biodigestor foi construído utilizando a bombona plástica com conexões de PVC para alimentação e para armazenamento do gás em uma garrafa plástica, como apresentado na Figura 3.



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 3: (a) Biodigestor montado; (b) Sistema de alimentação; (c) Sistema de Armazenamento de gás e (d) Sistema de remoção do digestato interno.

OPERAÇÃO DO REATOR

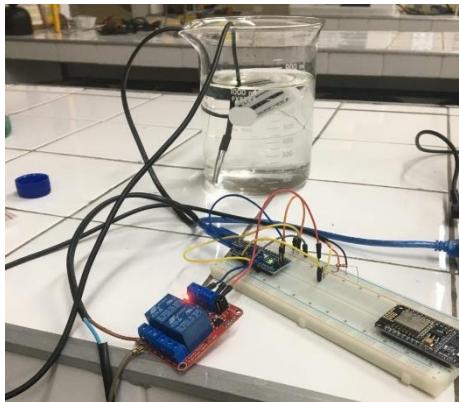
Em continuação ao trabalho de Torres e Luna (2023), que obtiveram gás metano utilizando substrato baseado em alimentos do PF brasileiro, com a adição de inóculo, em um tanque de 7L. No presente trabalho, o reator é alimentado com 300 g de substrato diário no reator de 90L com a adição de inóculo com uma temperatura de 24°C. O substrato utilizado tem composição como apresentada na Tabela 3.

Tabela 3.: Quantidade de sólidos voláteis e totais.

TIPO DE SÓLIDOS	%
Voláteis	71
Totais	84

SISTEMAS DE CONTROLE

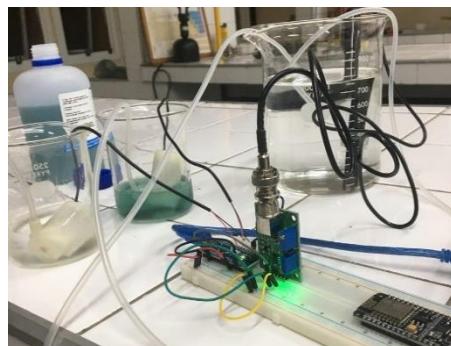
Foi desenvolvido os sistemas de controle de temperatura e pH, bem como toda a calibração, configuração e programação dos sensores DS18B20, PH4502C, MQ3, MQ4 e MQ8, conforme apresentado abaixo:



(a)



(b)



©

Figura 4: Sistema de controle. (a) Temperatura; (b) Presença de gás e (c) pH

BANCO DE DADOS:

Com a capacidade de conexão WiFi do ESP 8266, tornou-se possível a conexão ao banco de dados online Blynk, alimentando em tempo real as variáveis medidas, assim como criando um banco de dados históricos para acompanhamento dos parâmetros.



Figura 5: Dados em tempo real recebidos pelo Blynk.

CONCLUSÕES

O biodigestor proposto e montado, no presente trabalho, possui um volume igual a 90L, o que pode permitir uma geração contínua de gás metano, quando o processo estiver estabilizado. Os circuitos desenvolvidos permitem acompanhar algumas das principais variáveis da biodigestão, gerando um maior entendimento do processo. Além do mais, há a possibilidade de intervenções, caso necessário, para maximizar a produção de metano.

CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES

Gabriel Guimarães Moia: Construção do biodigestor, desenvolvimento, programação e calibração dos circuitos, redação do texto.

Flavia Daylane Tavares Luna.: Orientação na pesquisa, disponibilização dos dados de pesquisas anteriores e redação do texto

Lucas de Biace Torres: disponibilização dos dados de pesquisas anteriores e contribuição na montagem e distribuição de peças para o biodigestor.

Walter Augusto Varella: Orientação e consultoria nos circuitos de controle e uso do banco de dados.

Antonio Celso C.L. Souza.: Orientações na montagem e desenvolvimento do biodigestor e disponibilização de inóculo necessário para seu funcionamento.

Todos os autores contribuíram com a revisão do trabalho e aprovaram a versão submetida.

AGRADECIMENTOS

A todos que participaram do processo desta pesquisa, guiando a facilitando a sua realização.

Ao restaurante Sete Pratos, pela distribuição dos alimentos necessários para alimentação do biodigestor.

REFERÊNCIAS

TAYRA, Flávio Tayra; REIS, Julia Araujo dos. Impactos dos subsídios aos combustíveis fósseis: impostos sobre carbono e desdobramentos no Brasil. *Revista Contexto Geográfico*, [S. l.], v. 5, n. 10, p. 116–132, 2020. DOI: 10.28998/contegeo.5i10.11587. Acesso em: 18 abr. 2024. Disponível em: <https://www.seer.ufal.br/index.php/contextogeografico/article/view/11587>.

ALMEIDA, G. V. B. P. Biodigestão anaeróbia na suinocultura. Centro Universitário das Faculdades Metropolitanas Unidas - FMU, 2008.

MACHADO, Francisca Lívia de Oliveira et al. Valorização dos resíduos orgânicos através da biodigestão anaeróbia com a utilização da análise multivariada. 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/69331>. Acesso em: 18 abr. 2024.

AMARAL, A. C. O processo de biodigestão. In: STEINMETZ, R. L. R.; KUNZ, A. Biodigestão anaeróbia e seus usos. [S. l.]: [s. n.], 2019.

TORRES, Lucas de Biace; LUNA, Flavia Daylane Tavares de. Construção e operação de um biodigestor caseiro. In: 14º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP, 2023. Disponível em: <https://ocs.ifsp.edu.br/conict/xivconict/paper/view/9685/3480>. Acesso em: 18 abr. 2024.

NERES, L. M.; RAMOS, H. R.; RÉGIS, M. M. Biodigester models used worldwide in the context of intelligent cities. Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades, v. 9, n. 69, p. 77-89, 2021.

CORTES, D. A. Biodigestores rurais e sua importância na sustentabilidade ambiental. Revista Multidisciplinar FINOM, v. 18, n. 1, p. 97, 2019.

TORGLER, B. The determinants of individuals' attitudes towards preventing environmental damage. In: GÁRCIA-VALIÑAS, M. A. Ecological Economics. [S. l.]: [s. n.], 2007. p. 536.

LIMA, E. J. de; SILVA, R. M. da; TELES, R. da S.; DIAS, F. F. da S. Avaliação do funcionamento de um biodigestor de baixo custo. Diversitas Journal, [S. l.], v. 5, n. 4, p. 2394–2407, 2020. DOI: 10.17648/diversitas-journal-v5i4-1262. Disponível em: https://diversitasjournal.com.br/diversitas_journal/article/view/1262. Acesso em: 18 abr. 2024.