

## PRODUZINDO BIOGÁS COM O SISTEMA ESPECIALIZADO OPUS.DIG

Cé, A.\*<sup>1</sup>; Reinaldo, F.<sup>1</sup>; Bortoli, M.<sup>1</sup>; Staub, C.P.P.<sup>1</sup>; Steinmetz, R.L.R.<sup>2</sup>; Kunz, A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pós-Graduação em Eng. Ambiental: Análise e Tecnologia Ambiental, campus Francisco Beltrão, PR

<sup>2</sup>Pesquisadores da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC - Brasil  
\*anaceamb@gmail.com

**RESUMO:** A otimização do processo de digestão anaeróbia para produção de biogás depende de diferentes parâmetros. Algumas técnicas não convencionais utilizando inteligência artificial estão sendo empregadas na captura do conhecimento especializado em diferentes áreas do conhecimento. O objetivo do trabalho foi utilizar um sistema especialista, denominado como OPUS.DIG, com a finalidade de auxiliar usuários sem conhecimentos específicos da área do problema a escolherem os parâmetros que interferem no processo de digestão anaeróbia para saber se o substrato está apto ou não para formação do biogás. Os passos para a construção da base de conhecimento foram: a) Escolha das variáveis dependentes; b) Escolha do objetivo; c) Construção das regras; e d) Interfaces. Com a utilização do *software* OPUS.DIG, constatou-se que a base de conhecimento elaborada por especialistas na área, permite que o usuário sem ser perito na área esteja habilitado a constatar as respostas para os parâmetros interferentes no processo de digestão anaeróbia para formação de biogás.

**Palavras-chave:** digestão anaeróbia, inteligência artificial, software.

### PRODUCING BIOGAS WITH OPUS.DIG EXPERT SYSTEM

**ABSTRACT:** The optimization of the anaerobic digestion process for biogas production depends on several parameters unmapped in traditional studies. To cover this problem, some unconventional techniques using artificial intelligence were used to capture specialized human knowledge. The goal of this work was to develop an expert system, titled OPUS.DIG, to assist users without detailed knowledge to fine-tune the anaerobic digestion process in order to obtain the substrate for biogas generating. The steps to build the knowledge base were: a) choice of dependent variables; b) choice of the objective; c) construction of the rules; and d) interfaces questions. OPUS.DIG results showed that the knowledge base allowed the user with the basic knowledge to verify the responses to the interfering parameters in the process of anaerobic digestion for the formation of biogas.

**Keywords:** anaerobic digestion, artificial intelligence, software.

### INTRODUÇÃO

O biogás é gerado do processo de digestão anaeróbia da matéria orgânica. Esse processo ocorre em quatro etapas (hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese) e é realizado por diferentes grupos de microrganismos (CESTONARO DO AMARAL et al., 2016). A composição do biogás caracteriza-se principalmente por metano e gás carbônico. A composição é ainda influenciada por parâmetros físicos, químicos e microbiológicos, além de diferentes configurações de reatores, usinas, técnicas de fermentação e os substratos utilizados (SANTA'ANNA JR., 2013; DEUBLEIN e STEINHAUSER, 2010).

Na tentativa de aprimorar o processo de digestão anaeróbia e conseqüentemente a produção de biogás, tem se estudado técnicas não tradicionais, envolvendo inteligência computacional na captura do conhecimento humano especializado. O termo Inteligência Computacional está muitas vezes relacionado ao sólido desenvolvimento de Sistemas Especialistas. Tais sistemas são comumente implementados em *shells* e compostos de cadeias de regras de produção “SE... ENTÃO...” que reproduzem o conhecimento do perito ou conjunto destes em determinado assunto específico. Esta cadeia de regras, quando organizadas em módulos categóricos e atômicos, permitem obter respostas, simulando a tomada de decisão do especialista humano (REINALDO et al., 2009).

Sistemas Especialistas são implementados com ferramentas de depuração para auxiliar profissionais e não profissionais a solucionar determinados problemas de seu domínio específico, e como não são influenciados por elementos externos, por exemplo, opiniões, estresses ou distúrbios corporais, oferecem sempre o mesmo conjunto de decisões aquando das mesmas condições (REINALDO et al., 2017).

A literatura atual em inteligência computacional apresenta diferentes paradigmas para permitir aos profissionais realizarem um detalhado monitoramento e controle pela manipulação dos dados brutos. Neste sentido, VANTI et al., (2015) desenvolveram um algoritmo de controle em MATLAB, e validado no *software* ModelSim para monitorar as pressões e taxas de fluxo de gases e otimizar a captura e filtração de biogás. GUEGUIM KANA et al., (2012) implementaram algoritmos genéticos para modelar e otimizar a produção de biogás de diferentes substratos. FUQING XU et al., (2014) utilizaram modelos de redes neurais artificiais com enfoque em regressão linear múltipla para prever o rendimento de metano na digestão anaeróbia de biomassa lignocelulósica, através da matéria-prima e parâmetros do processo.

Entretanto, a literatura atual apresenta poucas ferramentas capazes de auxiliar pessoas não profissionais no controle do processo de digestão anaeróbia. Sendo assim, sistemas especialistas podem permitir inferir respostas referentes às questões de interdependência, principalmente, das relações no fluxo hierárquico dos parâmetros interferentes, além das respectivas faixas de valores, durante o processo de digestão anaeróbia de substratos, com base na caracterização físico-química desses parâmetros pelo conhecimento espelho.

O objetivo do trabalho foi utilizar um sistema especialista que auxilie usuários sem conhecimentos específicos da área do problema a avaliar e escolher em tempo de execução, os parâmetros e valores corretos que interferem na digestão anaeróbia e saber se o substrato está apto ou não, para a formação de biogás.

## MATERIAL E MÉTODOS

O sistema especialista utilizado foi denominado como OPUS.DIG, composto por regras cognitivas encadeadas e codificadas no formato sistema de produção. Os critérios extraídos dos especialistas abordaram a área de Engenharia Ambiental, Química, Eletrotécnica e de Computadores. O sistema OPUS.DIG também foi utilizado para a construção da base de conhecimento. OPUS.DIG é um *software* que obedece a concepção de *softwares* inteligentes em bases de conhecimento especialistas e está registrado no INPI (Instituto Nacional de Propriedade Intelectual) sob os números BR512018000658-2 (REINALDO, CÉ e BORTOLI, 2018) e BR512018000659-0 (REINALDO, CÉ e BORTOLI, 2018).

O processo de construção da base de conhecimento do sistema inteligente de digestão anaeróbia seguiu os respectivos passos: a) Escolha das variáveis dependentes; b) Escolha do objetivo (variável de saída ou diagnóstico); c) Construção das regras; e d) Interfaces (perguntas).

Os parâmetros escolhidos para confeccionar as regras para obtenção de uma resposta final foram: Micronutrientes ( $\text{mg L}^{-1}$ ); Inibidores ( $\text{mg L}^{-1}$ );  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NH}_3$  ( $\text{mg L}^{-1}$ ); Disponibilidade de nutrientes ( $\text{mg L}^{-1}$ ) e Geração de biogás (variável-objetivo). Os valores de parâmetros utilizados como variáveis dependentes foram descritos no Guia Prático do Biogás: Geração e Utilização, desenvolvido por BMELV et al., (2010).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 é exemplificada a interface, a qual apresenta ao usuário perguntas referentes a parâmetros dependentes da digestão anaeróbia. Quando o usuário utilizou a base de conhecimento deste sistema, a resposta foi obtida conforme os resultados dos parâmetros encontrados nas análises.

O usuário pode responder somente uma alternativa no sistema especialista, “Sim” e “Não”. Dependendo da opção marcada nas próximas perguntas, o *software* apresenta uma resposta final, que obtém um resultado referente ao substrato utilizado, se o mesmo foi apto ou não para geração de biogás.

O substrato utilizado é considerado satisfatório para produzir biogás, quando todos os valores de parâmetros são executados e a resposta final da interface do sistema especialista aparece como “Apto” (Figura 2a). No entanto, quando algum resultado não estiver entre os valores de parâmetros determinados nas regras, o usuário se depara com um resultado descrito como: “Nenhum valor encontrado” (Figura 2b), que significa que determinado valor de parâmetro respondido na execução do programa, não atendeu ao recomendado, logo, tais valores do substrato caracterizado não são aptos para geração do biogás, conforme recomendado por BMELV et al., (2010).

O *software* OPUS.DIG apresenta uma memorização na sua interface, correspondente a “Árvore de Pesquisa”. Na árvore de pesquisa são armazenadas informações que apresentam o histórico das respostas realizadas pelo usuário em cada regra, ou seja, a quantificação de dados respondidos na execução da base de conhecimento (Figura 3).

### CONCLUSÃO

Com a utilização do *software* OPUS.DIG, uma base de conhecimento constituída por regras de especialistas na área, permite que o usuário tenha conhecimento do processo de digestão anaeróbia para geração do biogás sem ser perito na área. A vantagem do uso pelo OPUS.DIG está na recepção da transferência do conhecimento dos profissionais para pessoas que não são especialistas na área, as quais podem executar o programa, e obter uma resposta final.

Com a intersecção destas ciências, o trabalho possibilitou que pessoas não especialistas estejam habilitadas a corretamente calibrar os parâmetros interferentes no processo de digestão anaeróbia para formação de biogás.

### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio prestado pela Fundação Araucária e CAPES, do Ministério de Educação do Brasil.

### REFERÊNCIAS

- BMELV. Guia prático do biogás: geração e utilização. Projeto Brasil e Alemanha de provento ao aproveitamento energético do biogás – PROBIOGÁS. Gülzow, Alemanha, Ed 5. 2010.
- CESTONARO DO AMARAL, A.; KUNZ, A.; RADIS STEINMETZ, R. L.; ET AL. Influence of solid-liquid separation strategy on biogas yield from a stratified swine production system. *Journal of Environmental Management*, V. 168, P. 229–235, 2016.
- DEUBLEIN, D.; STEINHAUSER, A. Biogas from waste and renewable resources: an introduction. 2010.
- FUQING, X; ZHI-WU W; YEBO L. Predicting the methane yield of lignocellulosic biomass in mesophilic solid-state anaerobic digestion based on feedstock characteristics and process parameters. *Bioresource Technology*, 173:168-176, 2014.
- GUEGUIM KANA, E.B. OLOKE, J.K. LATEEF, A. ADESIYAN, M.O. Modeling and optimization of biogás production on saw dust and other co-substrates using artificial neural network and genetic algorithm. *Renewable Energy*, 46:276-281, 2012.
- REINALDO, F; BARROS, F. S.; LEONE, R. S. SIRP - Sistema de Recomendação a Pesquisadores. In: XII Congresso Brasileiro de Bioética. Promoção: Sociedade Brasileira De Bioética. Iv Congresso Brasileiro De Bioética Clínica. Promoção: Conselho Federal De Medicina, 2017.
- REINALDO, F; CÉ, A; BORTOLI, M. Programa de computador: “DigestBiogás”. Brasil. BR512018000658-2, 15 de abril de 2018. INPI – Instituto Nacional da propriedade industrial. 2018.
- REINALDO, F; CÉ, A; BORTOLI, M. Programa de computador: “ExpertBiogás”. Brasil. BR512018000659-0, 15 de abril de 2018. INPI – Instituto Nacional da propriedade industrial. 2018.
- REINALDO, F; RAHMAN, Md. A.; MALUCELLI, A. ; CAMACHO, R. Assessing the Eligibility of Kidney Transplant Donors. In: Perner, Petra. (Org.). *Machine Learning and Data Mining in Pattern Recognition: Lecture Notes in Computer Science*. Berlin: Springer-Verlargo, 2009, v. 5632, p. 802-809.
- SANT’ANNA JR, G. L. Tratamento biológico de efluentes: fundamentos e aplicações. Interciência Ed. 2013.
- VANTI, C.V.M; LEITE, L.C.; BATISTA E. A. Monitoring and control of the processes involved in the capture and filtering of biogas using fpga embedded fuzzy logic. *IEEE Latin America Transactions*, 13:232-2238, 2015.

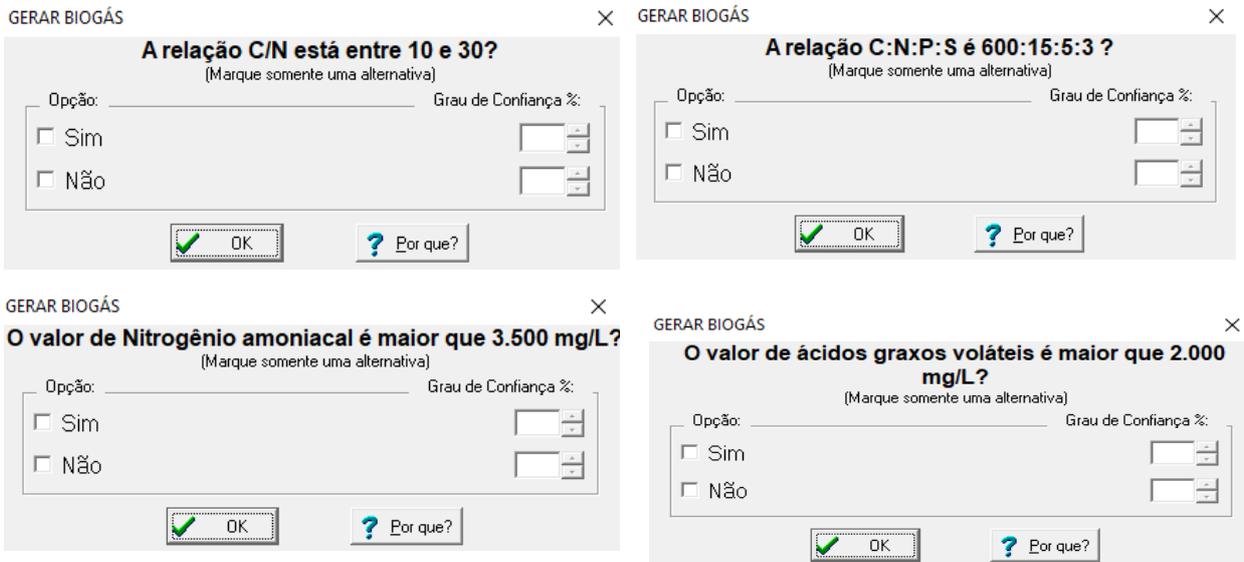


Figura 1. Perguntas pertinentes a alguns parâmetros dependentes da digestão anaeróbia.

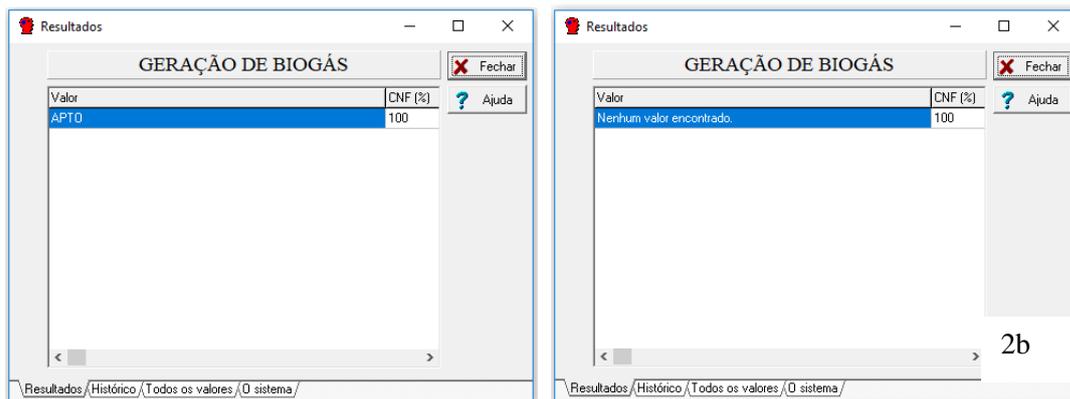


Figura 2. Resposta final da variável de saída quando apto (2a) ou não (2b) para geração de biogás.

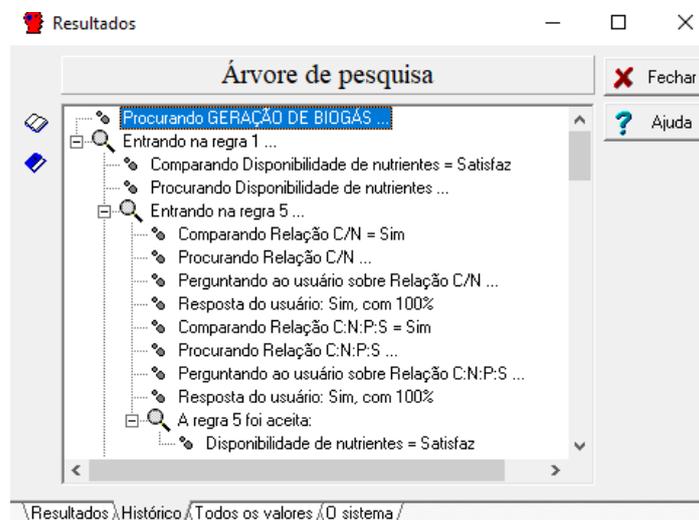


Figura 3. Histórico de perguntas respondidas ao executar o software.