

# Avaliação da Produção de Biometano da Geração de Biogás a partir de Dejetos Bovinos com Diferentes Diluições

Angelica M. dos Santos, Geiza P. Assunção, Alberthmeiry T. de Figueiredo & Cristiano M. Barrado

A geração de biogás a partir da digestão anaeróbica é um processo altamente eficiente para reciclagem de resíduos orgânicos como fonte de energia limpa. Desta forma, o trabalho avaliou o potencial de produção de biogás de dejetos bovinos, especificamente, a produção de metano e o tempo de início de produção, a partir de diferentes diluições 1:2; 1:6; 1:10 de kg dejetos por kg de água. Através dos dados obtidos, concluiu-se que a produção de metano é afetada pelo fator de diluição, o reator abastecido com diluição 1:2 teve os melhores resultados com 80 % de metano e 7 dias para o início da produção.

**Palavras-chave:** *biogás; biometano; dejetos bovinos.*

Biogas generation from anaerobic digestion is a highly efficient process for recycling organic waste as a source of clean energy. Thus, the work evaluated the potential of biogas production from cattle manure, specifically methane production and production start time, from different 1: 2 dilutions; 1: 6; 1:10 kg manure/ kg of water. From the obtained data concludes that the methane production is affected by the dilution factor, the reactor supplied with 1: 2 dilution had the best results with 80% methane and 7 days to the start of production.

**Keywords:** *biogas; biomethane; cow manure.*

## Introdução

O consumo de energia aumenta proporcionalmente ao avanço da qualidade de vida. Naturalmente, para suportar o aumento de energia, deve haver aumento da produção de energia. A energia é fundamental para o desenvolvimento e o aumento da indústria, do comércio e do agronegócio.

A matriz energética mundial é composta, primordialmente, por fontes não renováveis de energia, como o carvão, o gás natural e, principalmente, o petróleo. O fato de serem oriundas de processos em escala de tempo geológica para se tornarem disponíveis, faz com que haja interesse mundial em substituir essas fontes de energia. Além do tempo de formação, a queima de combustíveis fósseis gera poluição do ar, prejudicando a saúde das pessoas, com ênfase, nos grandes centros urbanos.

Por outro lado, há uma crescente demanda mundial pelo emprego de fontes de energia renováveis e menos poluentes para que os países continuem expandindo a atividade industrial, comercial e do agronegócio, mas reduzindo a possibilidade de esgotamento da fonte de energia, e, principalmente, com diminuição de impactos ambientais.

A produção de energia a partir de fontes renováveis é uma possibilidade para reduzir os impactos ambientais, principalmente, da combustão de combustíveis fósseis. Dentre as não convencionais fontes de energia, o biogás produzido a partir de biomassa é capaz de fornecer alta quantidade de energia. Quando se fala de biomassa, refere-se a toda matéria orgânica, de origem vegetal ou animal, proveniente através da decomposição de recursos renováveis, como plantas, madeira, resíduos agrícolas, restos de alimentos, excrementos e até do lixo.

A degradação natural do material orgânico resulta na produção de biogás por microorganismos em condições anaeróbicas. Nos últimos anos, a digestão anaeróbica de resíduos da agricultura e indústria, resíduos alimentares, resíduos orgânicos municipais, lamas de depuração, etc. tornou-se um dos mais atrativos caminhos de energia renovável. A produção de biogás a partir de resíduos de outros processos enquadra-se no conceito de economia

circular, ou seja, um modelo de sustentabilidade que transforma resíduos em novos recursos.

O biogás consiste principalmente de metano (CH<sub>4</sub>, cerca de 60%) e dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>, cerca de 40%) e algumas impurezas (principalmente H<sub>2</sub>S e H<sub>2</sub>O), dependendo da matéria-prima utilizada. Quanto maior a concentração de metano, maior o valor agregado do biogás. Quando a concentração de metano passa de 95%, o biogás passa então a ser chamado de biometano. Seu uso é diversificado, podendo ser aplicado no aquecimento de fogões, combustível para motores de combustão interna, geração de energias elétrica, térmica e mecânica, etc. Para usar o biogás como combustível de veículos, a purificação (remoção de CO<sub>2</sub>) são necessárias para aumentar o poder calorífico do gás, ou seja, torná-lo intercambiável com combustíveis convencionais (especialmente gás natural). A figura 1 ilustra o processo de obtenção e aproveitamento energético do biogás.

Deste modo, testes laboratoriais tornam-se importantes para a viabilidade econômica na implantação de um sistema de biodigestão. Dentre os diversos testes laboratoriais, o teste da atividade metanogênica específica (AME) é um teste realizado em laboratório para que proprietários rurais e empresas saibam a qualidade dos seus dejetos de animais para produzir biogás, e, conseqüentemente, geração de energia. O objetivo do trabalho é avaliar a influência da diluição do dejetos bovino na produção de metano, de tal modo que possa ser possível obter um fator de diluição que otimize a produção de metano, levando em consideração dois fatores: a concentração de metano no biogás e o tempo para início da produção de metano.

## Materiais e Métodos

A pesquisa foi realizada no Laboratório de Pesquisa em Soluções Energéticas e Ambientais (LabSEA) localizado na Universidade Federal de Goiás, regional Catalão (UFG/RC), sendo desenvolvidos testes da atividade metanogênica do dejetos coletado. Para avaliar o fator de diluição ideal, com intuito de otimizar a produção de metano, foram utilizados dejetos brutos e dejetos diluídos nas proporções 1:2; 1:6 e 1:10 de kg dejetos por kg de água.

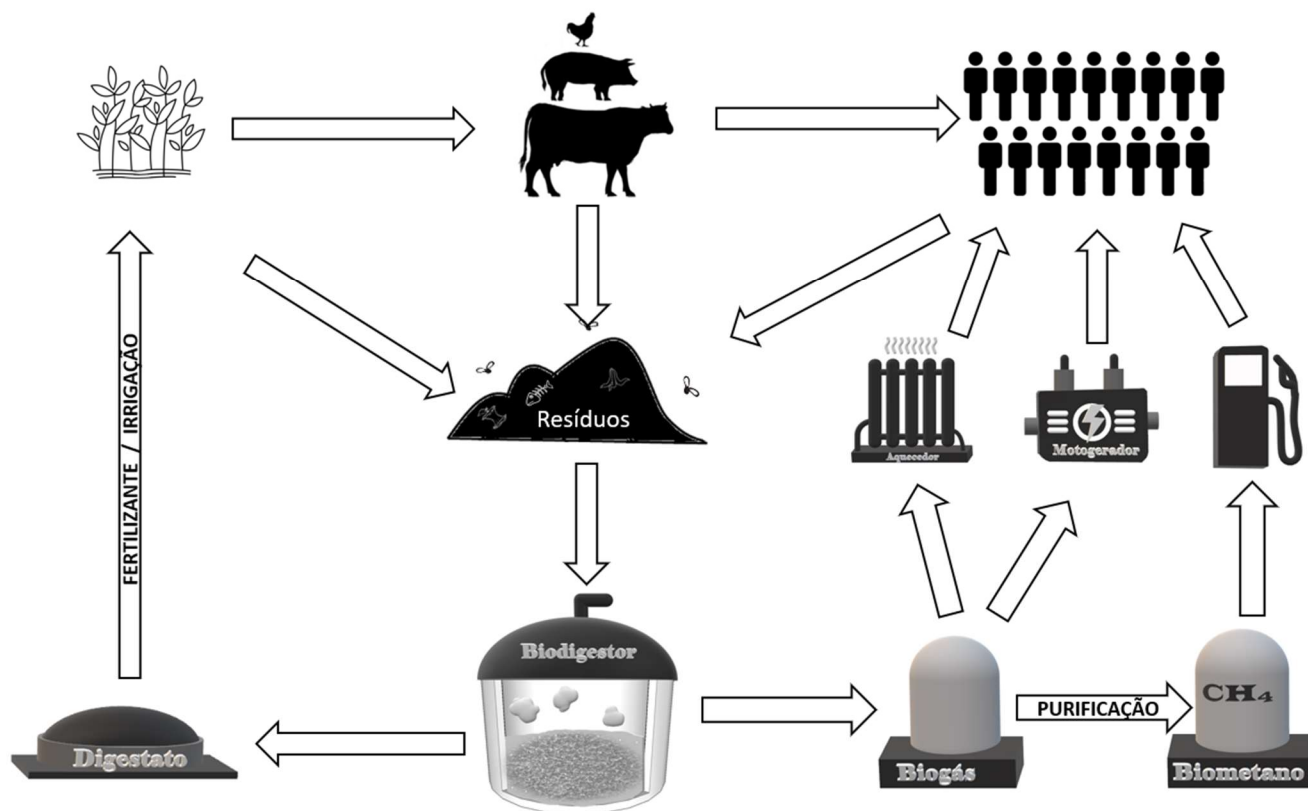


Figura 1. Ciclo do aproveitamento energético dos dejetos animais.

### ORIGEM DO SUBSTRATO (DEJETO BOVINO)

O dejetos bovino é considerado substrato por conter carboidratos, proteínas, gorduras além dos microrganismos necessários para dar a partida no processo de biodigestão anaeróbica. Desta forma, não é necessário adicionar inoculante (microorganismos) ao sistema.

Os dejetos foram oriundos do rebanho leiteiro do sistema de confinamento (Compost Barn) da Fazenda Ribeirão, Catalão – GO, no qual, os animais são alimentados com silagem de milho, milho puro, farelo de soja e concentrado vitamínico.

### MONTAGEM DO APARATO EXPERIMENTAL

Para avaliação dos testes para produtividade de metano foram utilizados frascos de vidro de borossilicato como

reator. Em cada reator, 50% da capacidade foi preenchida com 250 ml de dejetos, gerando um headspace (gasômetro) de 50% do volume de cada reator. O Biogás produzido foi purificado utilizando solução básica. O volume de biometano foi obtido através da medição do volume deslocado da solução básica. A produção foi monitorada diariamente em períodos de 24h, o tempo de operação foi de 96 dias. Os reatores foram incubados e mantidos a temperatura mesofílica (36°C) e agitação constante.

### ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

As análises físico-químicas foram realizadas no início e no final dos experimentos. Foi analisada a quantidade de sólidos totais voláteis (STV), para quantificar a massa de microrganismos (STV) que é inoculada em cada reator.

Foram realizadas análises de pH e DQO dos substratos orgânicos na entrada e saída dos biodigestores, a fim de verificar a carga orgânica e a variação do pH em função da degradação anaeróbica. Todas as análises foram executadas de acordo com o Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 1.

## COMPOSIÇÃO DO BIOGÁS

A fim de verificar a eficiência da purificação do biogás, foram realizadas medições das composições dos biogases nos biorreatores. As análises foram feitas no final da operação dos biorreatores. Utilizou-se para medição o equipamento de analisador de biogás da marca Engezer. O equipamento é capaz de efetuar a detecção dos gases da biodigestão anaeróbica, simultaneamente, sendo eles  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{S}$ . Os gases  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$  são medidos em porcentagem relativa e o gás  $\text{H}_2\text{S}$  em ppm (partes por milhão).

## ANÁLISE DOS DADOS

Os dados da produção de biometano foram submetidos à análise de produtividade, utilizando-se o método matemático modificado de Gompertz, que pode ser observado pela equação 1, pela qual, é possível analisar de maneira clara todos os parâmetros ( $\lambda$ ,  $\mu_m$ ,  $A$ ), sendo eles: ( $\lambda$ ) fase lag – início de produção de biometano, ( $\mu_m$ ) taxa máxima de produção de biometano e ( $A$ ) produção máxima de biometano 2.

$$y = A \exp \left\{ - \exp \left[ \frac{\mu_m \cdot e}{A} (\lambda - t) + 1 \right] \right\} \quad (1)$$

# Resultados e Discussão

## CARACTERIZAÇÃO DO SUBSTRATO

A Tabela 1 mostra os valores obtidos de pH, da demanda química de oxigênio (DQO) e sólidos totais voláteis (STV).

O pH é um parâmetro importante na biodigestão, devido à grande influência no metabolismo dos microorganismos. Para otimização do processo de biodigestão, é necessário que o pH seja mantido em uma faixa entre 6 e 8,3. É possível observar na tabela 1 que todos os valores de pH, em todas as condições de diluição, estão dentro do limite da condição ideal apontada na literatura, ou seja, valores entre 6,96 e 7,45. Ressalta-se um pequeno aumento do pH na saída da biodigestão, que pode ser atribuído à produção de bicarbonato, que provoca um aumento da alcalinidade do meio.

A demanda química de oxigênio (DQO) representa o oxigênio necessário para degradar a matéria orgânica, sendo utilizada para indicar o nível de poluição desse substrato. Ela está associada com a quantidade de matéria orgânica degradada pelos microrganismos e pela matéria orgânica não degradada pelos microrganismos. O dejetto sem diluição apresentou uma alta carga orgânica, 80,80  $\text{g.L}^{-1}$ , e, obviamente, devido ao fator de diluição, valores menores nos demais reatores. Com o aumento da diluição do dejetto, a eficiência de remoção de DQO aumentou, indicando que os microrganismos conseguiram degradar a matéria orgânica com menores cargas orgânicas.

**Tabela 1.** Dados do substrato antes e após a biodigestão.

Reatores	Metano ml/gDQO	Entrada			Saída		
		pH	DQO (g l-1)	STV (g l-1)	pH	DQO(g l-1)	STV(g l-1)
Bruto	405	6,96	80,800 ± 1,422	0,128 ± 0,010	7,15	72,080 ± 0,613	0,088 ± 0,006
1:2	291	7,10	20,770 ± 0,630	0,024 ± 0,004	7,30	13,770 ± 0,120	0,010 ± 0,004
1:6	266	7,25	14,525 ± 0,375	0,010 ± 0,000	7,45	9,775 ± 0,573	0,006 ± 0,000
1:10	265	7,15	9,525 ± 0,289	0,007 ± 0,001	7,28	5,400 ± 0,375	0,005 ± 0,000

O teor de sólidos dos dejetos é um parâmetro de suma importância a ser considerado, pois representa a fração orgânica que pode ser convertida em biogás. Para análise que relacione os volumes de metano gerado com a presença de STV no meio, observou-se a tendência de maior volume de metano gerado com maior massa de STV, apresentado pelos reatores alimentado com dejetos bruto e diluído 1:2.

### COMPOSIÇÃO DO BIOGÁS

A concentração de metano no biogás (varia entre 50 e 75%) é o que determina sua capacidade energética. A Tabela 2 apresenta os valores obtidos para a composição do biogás gerado após 96 dias de operação dos reatores. Os dados apontam que os reatores alimentados com dejetos bruto e diluído na proporção 1:2 obtiveram valores conforme limite da literatura, 67,11% e 69,75%, respectivamente. Já os reatores mais diluídos 1:6 e 1:10 apresentaram baixo nível de metano na sua composição. Desta forma, o fator de diluição influencia a concentração de metano no biogás.

Para isolar o metano, o biogás passou por um processo de purificação que favorece o aumento da concentração de metano. A concentração de biometano para todas as condições estudadas ficou acima de 50%, com destaque para o reator 2 (1:2) com 80% de metano.

Em termos energéticos, o valor calórico do biogás, com teor de metano de 60%, permite que a energia produzida por um metro cúbico seja equivalente a um total de 5 a 7,5 kWh ou 1,5 a 3 kWh de energia elétrica<sup>5</sup>. Sendo assim, pode-se observar que a condição reacional com diluição 1:2 apresenta o resultado mais relevante no estudo.

**Tabela 2.** Concentração de metano no biogás antes e após purificação.

Reatores	Diluição	Biogás Bruto (%)	Biogás purificado (%)
1	Bruto	67	77
2	1:2	70	80
3	1:6	44	50
4	1:10	27	55

### DADOS DA PRODUTIVIDADE DE BIOMETANO

Através dos dados de produção de metano em função do tempo, foram construídos gráficos para expressar a dinâmica de produção. Os gráficos foram construídos para cada condição estabelecida de diluição. A Figura 2 expressa os gráficos obtidos.

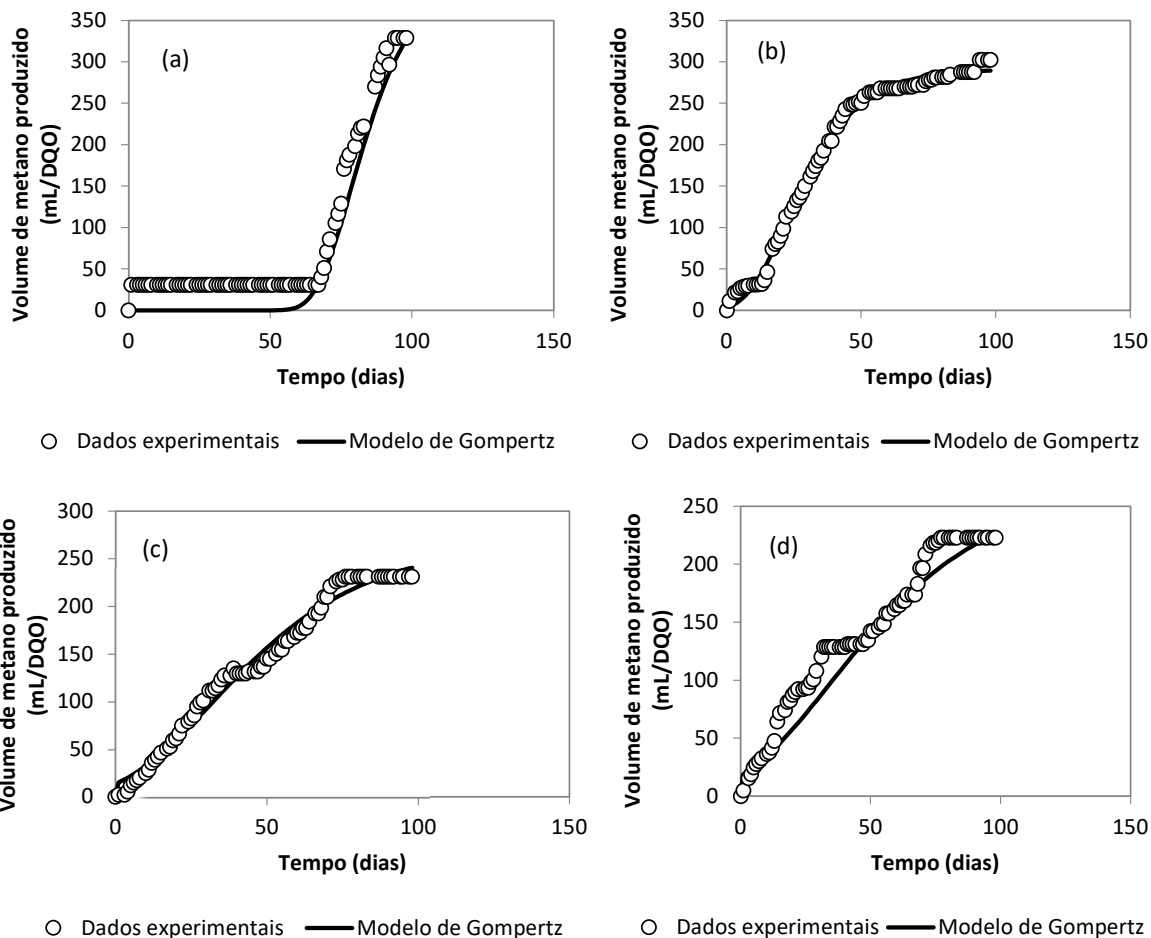
A fim de identificar os parâmetros como a quantidade máxima de produção  $A$  (mL/gDQO), a taxa máxima de metano  $\mu_m$  (mL/g DQO.d) e o tempo de duração para o início da produção de metano ( $\lambda$ ) em dias, os dados experimentais foram ajustados ao Modelo de Gompertz Modificado<sup>2</sup>. A Tabela 3 apresenta os parâmetros obtidos através da análise das curvas apresentadas nos gráficos.

**Tabela 3.** Dados do modelo de Gompertz.

Reatores	Diluição	$A$ (mL/gDQO)	$\mu_m$ (mL/g DQO.d)	$\lambda$ (d)	$R^2$
1	Bruto	328	11,92	66	0,99
2	1:2	302	7,17	7	0,99
3	1:6	231	3,37	3	0,99
4	1:10	223	2,81	0	0,98

A partir dos dados, observa-se que a produção máxima e a taxa de produção de metano foram influenciadas pela diluição. A maior produção foi observada no reator 1 alimentado com dejetos sem diluir (320 mL/gDQO e taxa de produção 11,92 mL/gDQO.d), enquanto que a menor produção foi observada para o reator alimentado com maior diluição estabelecida (1:10) (223 mL/gDQO e taxa de 2,81 mL/gDQO.d). Desta forma, reatores com maior carga orgânica apresentam maior produção máxima e taxa de produção de metano; por outro lado, reatores com menores carga orgânica apresentam uma menor produção máxima e taxa de produção de metano.

A diluição também influenciou a variável tempo de início de produção de metano ( $\lambda$ ). Os reatores mais diluídos apresentam um menor tempo de início de produção de metano e os reatores mais concentrados, com maior quantidade de matéria orgânica, apresentam um maior tempo de início de produção de metano. Como



**Figura 2:** Gráficos da produção de metano. Reatores alimentados com: (a) dejetos brutos; (b) dejetos diluídos 1:2; (c) dejetos diluídos 1:6 e (d) dejetos diluídos 1:10.

observado na tabela 3, o reator alimentado com dejetos brutos apresentou tempo de início de 66 dias, indicando que os microorganismos necessitaram de muito tempo para adaptação ao meio. Por outro lado, quando o dejetos é diluído, ocorre uma diminuição do tempo para início da produção de metano, podendo, no caso da diluição 1:10, iniciar a produção com tempo inferior a um dia. Desta forma, fica evidente a necessidade de fazer a diluição do dejetos, a fim de otimizar a produção da biodigestão. A fase de início de produção de metano (fase lag), é a variável mais influenciada pela diluição dos dejetos.

Contudo, para os sistemas de biodigestão faz-se necessário conhecer o substrato a ser digerido, para otimizar as variáveis de processo. Cabe ressaltar que ao adicionar o fator de diluição, espera-se que seja utilizada a água residual que faz a lavagem dos estabelecimentos utilizados naturalmente no manejo do gado. Trata-se de mais uma etapa para contribuir com o conceito de economia circular. Assim, fica claro que a quantidade de água que é utilizada na lavagem do curral, pode ser um fator importante no estudo do potencial de geração de biogás.

## Conclusão

Através das análises conduzidas neste trabalho, pode-se concluir que o fator de diluição influencia significativamente na produção de biometano. Utilizando o substrato puro, consegue-se uma produção de 77% de biometano, porém o início da produção ocorre após um tempo de 66 dias. Por outro lado, substratos com alto fator de diluição (1:6 e 1:10) apresentaram menor tempo de início de produção de biogás inferior a 5 dias e a concentração de metano no biogás é inferior a 55%. A otimização do processo apresentado neste trabalho aponta que o substrato diluído com fator de diluição de 1:2 apresenta alta concentração de metano no biogás, 80%, e um tempo relativamente baixo para início da produção de metano, 7 dias.

Os resultados evidenciam que é possível obter biometano a partir de dejetos bovinos sem que seja necessário interferir biológica ou quimicamente no meio reacional.

## Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio financeiro da Concessionária Serra do Facão - SEFAC da Fundação Getulio Vargas - FGV e da Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL no âmbito do projeto de P&D (P&D 06899-2612/2016) que viabilizou a realização deste trabalho.

## Referências

1. Apha. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21<sup>a</sup> ed. Washington: American Public Health Association, **2012**.
2. Zwietering, M.H., Jongenburger, I., Rombouts, F.M., Van't Riet, K. Modeling of the bacterial growth curve. *Applied and Environmental Microbiology*, v. 56, n. 6, p. 1875–188, **1990**.
3. Angelidaki, I.; Ellegaard, L.; Ahring, B. K. Applications of the anaerobic digestion process. *Advances in biochemical engineering/ biotechnology*, v. 82, p. 1–33, **2003**.
4. Disponível em: <http://legislacao.anp.gov.br>. Acesso: 19 de agosto de **2019**.
5. Biasi, C. A. F., Mariani, L.F., Picinatto, A. G., Zank, J. C. C. *Energias Renováveis na área rural da região sul do Brasil*. 1<sup>a</sup> ed. Foz do Iguaçu: Itaipu Binacional, **2018**.

---

Angelica M. dos Santos<sup>1,2\*</sup>,  
Geiza P. Assunção<sup>1</sup>,  
Alberthmeiry T. de Figueiredo<sup>1</sup>  
& Cristiano M. Barrado<sup>1</sup>

<sup>1</sup> PPGCET / DQ – Unidade Acadêmica Especial de Química – UFG Regional Catalão, Catalão, 75.704-020

<sup>2</sup> Fundação Getulio Vargas/Energia – Praia de Botafogo, 190, Rio de Janeiro/RJ, Brasil, 22.250-145

\* E-mail: [angelica.santos@fgv.br](mailto:angelica.santos@fgv.br)

