

# POTENCIAL DE GERAÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DOS EFLUENTES GERADOS NAS INDÚSTRIAS DE BENEFICIAMENTO DE ARROZ DE PELOTAS/RS

ANDREI REI RODRIGUES SILVEIRA<sup>1</sup>; WILLIAN CEZÁR NADALETTI<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas – andrei.rei@hotmail.com

<sup>2</sup>Univeridade Federal de Pelotas – williancezarnadaletti@gmail.com

## 1. INTRODUÇÃO

Ao tomar as indústrias com seu propósito para a obtenção do produto final, é verificável que a necessidade de energia assume papel de inseparável relação junto aos seus processos e serviços, ao passo que seu consumo, surgiu como facilitador na execução das atividades industriais e assim teve sua utilização impulsionada. Este fato se deu de tal maneira que hoje o setor industrial responde por 33% de toda a energia consumida no Brasil, conforme relatório divulgado pelo Balanço Energético Nacional - BEN (2017). No entanto, representa um dos custos mais elevados para o processo de produção, o que caracteriza um fator limitante para o seu consumo desenfreado, e desse modo, a convergência para soluções no âmbito da gestão energética se faz necessária, visto que atualmente ideias nesse sentido podem representar um ganho de competitividade para a indústria (CNI, 2016).

Diante deste cenário, houve um crescente ganho da dimensão ambiental nas organizações, em que a inserção da questão ambiental no campo da gestão empresarial, deixou de ser uma demanda ligada aos movimentos ambientalistas para se tornar uma tendência na gestão das organizações que buscam maior eficiência na utilização da matéria-prima, de energia e no descarte de seus resíduos e efluentes, especialmente porque esses aspectos ambientais são capazes de interagir entre si e quando bem administrados, potencialmente resultam na prevenção de impactos ambientais negativos e mais do que isso, podem caracterizar uma importante via de geração energética (WENCESLAU & ROCHA, 2012).

Mediante a essas perspectivas, energéticas e ambientais, o presente trabalho busca oferecer oportunidades que se fazem pela situação problema encontrada nas indústrias da área de estudo, visto que os efluentes, gerados principalmente na produção de arroz parboilizado, surgem como sérios inconvenientes, os quais muitas vezes não conseguem ser solucionados de modo definitivo pelas rotas de destino convencionalmente aplicadas, e quando o são, representam medidas onerosas que dificilmente são capazes de fornecer benefícios econômicos e ambientais às indústrias, o que simultaneamente, o destino energético pode proporcionar.

Alinhado à referida perspectiva, o presente trabalho pretende levantar o potencial de geração de biogás em reatores UASB (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*) a partir de efluentes produzidos nas mais importantes indústrias de arroz, na circunvizinhança e no próprio Município de Pelotas, Rio Grande do Sul.

## 2. METODOLOGIA

Para se chegar ao potencial de geração de biogás foi realizado um estudo à cerca da capacidade de geração bioenergética instalada e máxima, através dos efluentes quantificados nas indústrias, localizadas no município de Pelotas/RS.

Assim, foi preciso calcular a quantidade já instalada (presente) de liberação de efluentes nas indústrias. Nessa etapa de determinação considerou-se uma quantidade de geração de efluentes, compreendida entre 0,83 e 4L por quilograma produzido do grão (FARIA et al., 2006), enquanto que no cálculo do potencial máximo, foram aplicados os limites de liberação de efluentes impostos nas licenças operacionais das indústrias, de acordo com a Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM).

Estes dados consequentemente, compõe a informação de entrada para a quantificação da capacidade de geração CH<sub>4</sub> em cada uma das indústrias utilizando-se uma análise comparativa entre três metodologias base: Speece (2001), Metcalf&Eddy (2003) e Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima – UNFCCC (2012); análise esta fundamental para o alcance de resultados mais precisos.

## 2.1 Geração Potencial de CH<sub>4</sub> (SPEECE, 2001)

$$DQO_{CH_4} = Q_{ef} * [(S_o - S) - ((Y_{obs} * K_{sólidos}) * (S_o - S))] \quad (1)$$

Onde:

DQO<sub>CH<sub>4</sub></sub>: demanda química de oxigênio convertida em metano (kgDQO<sub>CH<sub>4</sub></sub>.d<sup>-1</sup>);

S<sub>o</sub>: concentração de DQO total no afluente (kgDQO.m<sup>-3</sup>);

S: concentração de DQO filtrada no efluente (kgDQO.m<sup>-3</sup>);

Y<sub>obs</sub>: coeficiente de produção de sólidos no sistema, igual a 0,11

(kgDQO<sub>lodo</sub>.kgDQO<sub>aplicada</sub><sup>-1</sup>);

K<sub>sólidos</sub>: fator de conversão de sólidos voláteis totais (SVT) em DQO, igual a 1,42 [kgDQO.(kgSVT)<sup>-1</sup>]

## 2.2 Geração Potencial de CH<sub>4</sub> (METCALF & EDDY, 2003)

$$X_m = DQO_{af} - DQO_{ef} - DQO_{ssv} - DQO_{CH_4} \quad (2)$$

Onde:

X<sub>m</sub>: acumulação de DQO;

DQO<sub>af</sub>: DQO afluente no reator (kgDQO.m<sup>-3</sup>);

DQO<sub>ef</sub>: DQO efluente no reator (kgDQO.m<sup>-3</sup>);

DQO<sub>ssv</sub>: DQO associada a matéria orgânica volátil em suspensão no reator (kgDQO.m<sup>-3</sup>);

DQO<sub>CH<sub>4</sub></sub>: quantidade de oxigênio necessária para oxidar completamente o metano para dióxido de carbono e água, igual a 0,35 [m<sup>3</sup>CH<sub>4</sub>.(kg.DQO)<sup>-1</sup>].

## 2.3 Geração Potencial de CH<sub>4</sub> (Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima – UNFCCC, 2011)

$$Q_{CH_4} = Q_{ef} * DQO_{ef} * Bo_{CH_4} * MCF * CFU * \eta_{DQO} \quad (3)$$

Onde:

Q<sub>CH<sub>4</sub></sub>: quantidade de metano (kgCH<sub>4</sub>.h<sup>-1</sup>), divide-se equação (11) por 0,656 (m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>);

Q<sub>ef</sub>: vazão efluente de cada indústria (m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>);

DQO<sub>ef</sub>: DQO efluente de cada indústria (kgDQO.m<sup>-3</sup>);

Bo<sub>CH<sub>4</sub></sub>: capacidade máxima de produção de metano em massa, igual a 0,25 [kgCH<sub>4</sub>.(kgDQO)<sup>-1</sup>];

CFU: fator de correção devido à incerteza, igual a 0,9;  
 $\eta_{DQO}$ : eficiência de remoção de DQO referente a reatores UASB, igual a 0,7;  
MCF: fator de correção de metano, referente a reatores anaeróbios, reatores UASB e reatores de leito fixo, igual a 0,8.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Levando-se em consideração as vazões de efluentes quantificadas no item anterior, foram concebidos os seguintes potenciais de geração de metano, conforme exhibe a Tabela 1:

Tabela 1 – Potencial máximo e instalado de liberação de efluentes e geração de metano usando metodologias.

Ind <sup>1</sup>	Q <sub>efluente</sub> (m <sup>3</sup> .d <sup>-1</sup> )		CH <sub>4</sub> (SPEECE) (Nm <sup>3</sup> .d <sup>-1</sup> )		CH <sub>4</sub> (IPCC/UNFCCC) (Nm <sup>3</sup> .d <sup>-1</sup> )		CH <sub>4</sub> (METCALF & EDDY) (Nm <sup>3</sup> .d <sup>-1</sup> )	
	Máximo	Instalado	Máximo	Instalado	Máximo	Instalado	Máximo	Instalado
1	6.4E+02	5.9E+02	6.8E+02	6.3E+02	6.6E+02	6.1E+02	8.1E+02	7.5E+02
2	5.1E+02	6.1E+02	5.4E+02	6.5E+02	5.3E+02	6.3E+02	6.5E+02	7.8E+02
3	8.4E+02	2.5E+02	9.0E+02	2.6E+02	8.7E+02	2.5E+02	1.1E+03	3.1E+02
4	9.2E+02	2.1E+02	9.8E+02	2.3E+02	9.5E+02	2.2E+02	1.2E+03	2.7E+02
5	6.1E+02	1.9E+02	6.6E+02	2.1E+02	6.4E+02	2.0E+02	7.8E+02	2.4E+02
6	4.8E+02	3.4E+01	5.1E+02	3.6E+01	5.0E+02	3.4E+01	6.1E+02	4.3E+01
7	2.4E+02	3.2E+02	2.6E+02	3.4E+02	2.5E+02	3.3E+02	3.0E+02	4.0E+02
8	00E+00 <sup>2</sup>	5.1E+01	00E+00*	5.5E+01	00E+00	5.3E+01	00E+00	6.5E+01
<b>Q<sup>3</sup></b>	<b>6.1E+02</b>	<b>2.8E+02</b>	<b>6.5E+02</b>	<b>3.0E+02</b>	<b>6.3E+02</b>	<b>2.9E+02</b>	<b>7.8E+02</b>	<b>3.6E+02</b>

1: Indústrias de beneficiamento de arroz. 2: Licença operacional indisponível. 3: Vazão média.

Os resultados obtidos com a aplicação das metodologias podem ser considerados relativamente próximos, guardadas as suas particularidades. O método utilizado pela UNFCCC apresentou uma menor geração de metano, isso em função de que a capacidade máxima de produção de metano em massa, adotada pelo método, é igual a 0,25 kg de metano produzido por cada quilograma de DQO removida, contando também com fatores redutores interligados a incertezas, o que o condiciona como o método mais conservador em relação aos demais.

Enquanto que Metcalf & Eddy (2003) e Speece (2001) utilizam um posicionamento teórico considerando que, a cada quilograma de DQO removida do efluente, são gerados 0,35 m<sup>3</sup> de metano. Para essa quantificação, Speece (2001) utiliza as condições ideais de temperatura e pressão, ainda que na prática, os reatores UASB podem apresentar variabilidade em relação a esses parâmetros. Outro elemento que causa influência, é a quantidade de metano dissolvido no efluente que se torna de difícil quantificação, captura e degradação, principalmente em reatores de grande escala, como é o caso de aplicações industriais.

Em relação a sua equivalência energética, o biogás gerado seria considerado competitivo frente a outros combustíveis, pois segundo levantamento de Coldebella et al (2008), 1 m<sup>3</sup> de biogás corresponde energeticamente de 1,25 a 1,43 kWh de eletricidade, 1,5 m<sup>3</sup> de gás liquefeito de petróleo (GLP); de 1,6 a 3,5 kg de lenha, e a aproximadamente 0,55 L de óleo diesel. Baseado nessas

informações, os potenciais para geração de energia elétrica a partir das indústrias atingiriam capacidade de 1,9E+04 kWh de potencial máximo e 8.7E+03 kWh como potencial já instalado; além de revelar potencial de aquecimento superior ao da lenha, tendo ainda grandes possibilidades para abastecimento veicular.

#### 4. CONCLUSÕES

Percebeu-se que explorar esse passivo ambiental energeticamente é viável tecnicamente, posto que este retém um grande potencial em termos de volume gerado. Isto vem a impulsionar esta rota de destino no que tange a implementação de futuras tecnologias de conversão do conteúdo energético do gás, ou seja sua energia química (poder calorífico inferior- PCI) , em energia térmica e elétrica, que em um segundo momento, são capazes de suprir a demanda por energia nos processos industriais, e assim, transformando o que antes representaria gastos para as indústrias, em ativos ambientais.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEN – **Balanco Energético Nacional**. Empresa de Pesquisa Energética (EPE). 2017. Disponível em: <<https://ben.epe.gov.br/>>.

CNI - Confederação Nacional da Indústria. **A indústria em números**. Distrito Federal, Ano 3. Número 3. Disponível em: <[http://arquivos.portaldaindustria.com.br/app/cni\\_estatistica\\_2/2015/02/11/165/Industria\\_Numeros\\_mar2016\\_MOBILE.pdf](http://arquivos.portaldaindustria.com.br/app/cni_estatistica_2/2015/02/11/165/Industria_Numeros_mar2016_MOBILE.pdf)>. Acesso em: 28 jan. 2018.

COLDEBELLA, A., SOUZA, S. N. M., FERRI, P., et al. Viabilidade da geração de energia elétrica através de um motor gerador utilizando biogás da suinocultura. Informe **Gepec**, v. 12, n. 2, 2008. Online. Disponível em: <<http://e-revista.unioeste.br/index.php/gepec/article/view/2186>>. Acesso em: 13 jun. 2018.

FARIA, O. L. V. Remoção de fósforo de efluentes da parboilização de arroz por absorção biológica estimulada em reator em batelada sequencial (rbs) associada à precipitação química. 2006. 93f. Dissertação (Doutorado em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial da Universidade Federal de Pelotas.

METCALF&EDDY. Inc. **Wastewater Engineering treatment Disposal Reuse**. 4. ed. New York, McGraw - Hill Book, 1815p. 2003.

SPEECE, R. E. **Anaerobic Biotechnology for Industrial Wastewaters**. Archae Press, Nashville, Tennessee, 394 p. 2001.

UNFCCC. Approved Methodologies for Small Scale CDM Project Activities. Type III, AMS III.H Methane recovery in wastewater treatment (Version 16.0), 2012. Disponível em: <<http://cdm.unfccc.int/methodologies/DB/4ND00PCGC7WXR3LOLOJTS6SVZP4NSU>>. Acesso em: 18 mar. 2018.

WENCESLAU F. F., ROCHA J. M. A ferramenta de análise fmea como suporte para a identificação dos aspectos e impactos ambientais em uma agroindústria de arroz **Revista Tecno-Lógica**, Santa Cruz do Sul, v. 16, n.1, p. 56-66. 2012.