

INFLUÊNCIA DOS PARÂMETROS OPERACIONAIS E AMBIENTAIS NA METANOGÊNESE: UMA REVISÃO

Gerenciamento de Resíduos Sólidos e Líquidos

Lacy Antonia dos Santos¹
Lívia Martins Verola²
Tábata de Oliveira³
Tális Pereira Matias⁴
Renata Piacentini Rodrigues⁵

Resumo

Este trabalho constitui-se de uma revisão sobre os parâmetros ambientais e operacionais que podem interferir na atividade metanogênica, sendo esta a etapa mais vulnerável a alterações do processo de digestão anaeróbia. A importância do controle operacional e ambiental na metanogênese está em manter a conformidade do sistema de tratamento e em evitar o comprometimento da qualidade do biogás gerado e a qualidade final do efluente tratado na digestão anaeróbia. Dentre os parâmetros destaca-se, nesta revisão, a temperatura, o pH, o balanço nutricional e a competição microbiana. A temperatura é responsável por interferir no crescimento microbiano e seleção dos microrganismos afetando a cinética bioquímica, sendo os reatores termofílicos mais eficazes na produção de biogás quando o efluente já se encontra nesta condição. O pH dentro da neutralidade garante a produção de metano e a estabilidade no sistema e em contrapartida a diminuição do pH leva a uma menor taxa de atividade metanogênica e instabilidade do sistema. A disponibilidade de nutrientes em concentrações adequadas para as comunidades de micro-organismos presentes propicia os substratos necessários para a ocorrência da atividade microbiana responsável pela degradação da matéria orgânica manutenção da competição microbiana se faz necessária visando a degradação de substratos e o favorecimento da metanogênese para a produção de biogás de boa qualidade.

Palavras-Chave: Metanogênese, Reatores Anaeróbios, Parâmetros Ambientais e Operacionais.

INTRODUÇÃO

A atividade metanogênica é a etapa mais sensível do processo de digestão anaeróbia que apresenta altas taxas de remoção de matéria orgânica e permite a geração de biogás, composto por metano (CH₄), dióxido de carbono (CO₂) (Callado, Damianovic, & Foresti, 2016; Jing et al.,

Orientação: Inserir aqui: 1º- vínculo Institucional; 2º- departamento e 3º- contato eletrônico. (Regra: Times New Roman, itálico, 10).

¹Prof. Me. Nome da Instituição – Departamento XXXXXX, email@gmail.com.

²Prof. Dr. Nome, da Instituição – Campus XXXXXX, Departamento XXXXXX, xxxxxxxx@gmail.com.

³Prof. Dr. Nome da Instituição – Departamento XXXXXX, email@gmail.com.

⁴Esp. Tális Pereira Matias. Universidade Federal de Alfenas. ICT. Campus Poços de Caldas. talismatias12@gmail.com

2013; Leite, Gottardo, Pavan, Belli Filho, & Bolzonella, 2016; Schirmack, Alawi, & Wagner, 2015; van den Brand, Roest, Chen, Brdjanovic, & van Loosdrecht, 2015)

O processo anaeróbio apresenta flexibilidade para ser implantado, baixo consumo de energia e necessidade de adição de pequenas quantidades de nutrientes e químicos, é considerado economicamente viável, apresentando aspectos ambientais favoráveis e possibilidade de produção e utilização do biogás produzido como fonte de energia renovável. (APPELS *et al.*, 2008; SEGHEZZO *et al.*, 1998).

Conhecer os principais fatores impactantes nos processos bioquímicos que ocorrem nos reatores anaeróbios como pH, temperatura, nutrientes e competição microbiana é de fundamental importância para o domínio operacional desses reatores visto a sua interferência na metanogênese (Bueno, 2010; Durruty & Gonzalez, 2015).

METODOLOGIA

Esta pesquisa tem caráter teórico e compreende uma revisão de artigos baseados na importância de um controle operacional e ambiental em reatores anaeróbios, enfatizando a metanogênese, com destaque para a interferência do pH, da temperatura, os requisitos nutricionais e a competição microbiana, apresentando elementos sobre a preservação e eficiência dos sistemas de tratamento anaeróbios e produção de biogás

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Controle operacional e ambiental em reatores anaeróbios Temperatura, Requisitos Nutricionais e Potencial hidrogeniônico (pH)

A etapa metanogênica é o processo final da conversão anaeróbia da matéria orgânica e os organismos presentes nesse processo são metanogênicos acetoclásticos e metanogênicos hidrogenotróficos, tendo uma faixa ótima de crescimento entre 30 e 35 ° para a fase mesofílica e de 50 a 55°C para a fase termofílica (CHERNICHARO, 2007; DEMIREL e SCHERER, 2008). Existem inúmeras vantagens quando se opera em condições termofílicas como o aumento da degradação da matéria orgânica, diminuição do tempo de retenção hidráulica, aumento na produção de biogás e sucesso nas partidas de reatores (DEMIREL e SCHERER, 2008; SIEGRIST *et al.*, 2002).

O crescimento AMP é afetado pelo pH do sistema já que este parâmetro dita a forma e a toxicidade de substratos. Valores de pH fortemente ácidos ou fortemente básicos podem provocar a inibição do processo metanogênico. Valores de pH entre 6,6 e 7,4 correspondem aos valores ótimos para crescimento destes microrganismos, ocorrendo estabilidade na formação de metano na faixa de 6 a 8 (Rajagopal, Massé, & Singh, 2013; Ye et al., 2012). Para valores de pH abaixo de 6,2, as AMP são prejudicadas e a adição de neutralizantes, como NaHCO_3 , ou a diluição do efluente é necessária para a eficiência e produção de biogás (Kus & Wiesmann, 1995; Prado, Campos, & da Silva, 2010). Para valores de pH acima de 8,0, a queda na eficiência ocorre pelo aumento da concentração da NH_3 , composto tóxico para os microrganismos, após o deslocamento da reação de equilíbrio com $\text{NH}_4\text{-N}$ (SPEECE, 1996).

Microrganismos metanogênicos demandam macro (N, P, K, S, Ca, Mg) e micro (Fe, Ni, Co, Mo, Zn, Mn, Cu) nutrientes para as suas funções metabólicas, estando associados a síntese de proteínas, produção de enzimas, e moléculas energéticas como ATP (Batstone, Lu, & Jensen, 2015; Buntner, Spanjers, & van Lier, 2014; Callado et al., 2016; Maroneze, Zepka, Vieira, Queiroz, & Jacob-Lopes, 2014).

A fim de promover eficiência no processo anaeróbico em muitos casos é necessária uma suplementação nutricional perante a deficiência de nutrientes, o que requer concentrações adequadas de acordo com as características dos microrganismos envolvidos. Excesso de proteínas e carboidratos podem comprometer as bactérias fermentativas hidrolíticas e o excesso de sulfato pode inibir a atividade metanogênica, enquanto que razões de DQO/sulfato mais altas favorecem a metanogênese (Alsina & Version, 2015; Buntner et al., 2014; Callado et al., 2016; Jing et al., 2013; van den Brand et al., 2015).

Competição entre bactérias redutoras de sulfato (BRS) e arqueias produtoras de metano (APM)

O processo de redução biológica de sulfato envolve a ação das BRS, assim o sulfato, sulfito e outros compostos de enxofre são reduzidos a sulfeto (CHERNICHARO, 2007; LIAMLEAM e ANNACHHATRE, 2007). O uso do acetato e do hidrogênio tanto por BRS quanto pelas APM resulta em processos competitivos nos sistemas de tratamento de águas

residuárias e a longo prazo depende fundamentalmente da relação entre DQO e sulfato (ALSINA & VERSION, 2015). Quando o sulfato está em excesso no meio as BRS tornam-se predominantes em relação às APM.

As BRS também são responsáveis pela metabolização total de outros compostos como o hidrogênio, dióxido de carbono e o propionato, porém na ausência de sulfato a degradação do propionato é quase inexistente e as metanogênicas acetoclásticas superam a BRS (O'FHARERTY *et al.*, 1998).

CONCLUSÕES

A atividade metanogênica é a etapa mais sensível da digestão anaeróbia. A operação de reatores em condições mesofílicas (20°C – 40°C) ou termofílicas (45°C – 70°C) interferem no crescimento das comunidades microbianas, selecionando os microrganismos. O pH considerado ótimo para o crescimento das APM deve ser neutro (entre 6,6 e 7,4), o que garante a produção de metano e a manutenção da estabilidade no sistema. Variações nos valores de pH podem indicar a ocorrência substratos que podem ser tóxicos aos microrganismos presentes. A diminuição do pH pela instabilidade no processo de tamponação pode levar a diminuição da atividade metanogênica. Condições de suplementação nutricional adequadas, como uma relação DQO/sulfato são fundamentais para a degradação anaeróbia de efluentes. Compostos como o acetato e o hidrogênio nas águas residuárias e a relação entre DQO e sulfato leva a competição entre BRS e APM. O controle desta competição é indispensável para degradação eficiente dos substratos, para a metanogênese e maior produção de biogás.

REFERÊNCIAS

- ALSINA, F.; VERSION, D. Modeling phosphorus (P), sulphur (S) and iron (Fe) interactions during the simulation of anaerobic digestion processes. In: *Proceedings of the 14th World Congress on Anaerobic Digestion*, v. 95, n. 1, 2015, p. 370-382.
- APPELS, L.; BAEYENS, J.; DEGREVE J.; DEWIL, R. Principles and potential of the anaerobic digestion of waste-activated sludge. *Progress in Energy and Combustion Science*, v.34, n.6, 2008, p. 755-781.
- BATSTONE, D. J.; LU, Y.; JENSEN, P. D. Impact of dewatering technologies on specific methanogenic activity. *Water Research*, v. 82, n.1, 2015, p. 78-85.
- BUENO, R. DE F. Comparison Between Biodigesters Operated In Pilot Scale For Production Of

- Biogas Fed With Bovine Manure. *Holos Environment*, v. 10, n. 1, p. 111-125, 2010.
- CALLADO, N.; DAMIANOVIC, M. H. Z.; FORESTI, E. Influence of COD / [SO₄²⁻] ratio and Na⁺ concentration on the removal of organic matter and sulfate in UASB reactor. *Sanitary and Environmental Engineering*, v. 22, n. 2, 2016, p. 381-390.
- CHERNICHARO, C. A. L. *Reatores Anaeróbios - Princípios do tratamento biológico de águas residuárias*. 2 ed. Belo Horizonte: Ed. DESA-UFMG, v.5, 2007, 379p.
- CHERNICHARO, C.A.L. *Anaerobic Reactors*. Belo Horizonte: ed. DESA-UFMG, v. 4, 2007, 175p.
- DAR, S. A.; KLEEREBEZEN, R.; STAMS, A. J. M.; KUENEN, J. G.; MUYZER, G. Competition and coexistence of sulfate-reducing bacteria, acetogens and methanogens in a lab-scale anaerobic bioreactor as affected by changing substrate to sulfate ratio. *Environmental Biotechnology*, v. 78, n. 6, 2008, p. 1045-1055.
- DEMIREL, B.; SCHERER, P. The roles of acetotrophic and hydrogenotrophic methanogens during anaerobic conversion of biomass to methane: A review. *Reviews in Environmental Science and Biotechnology*, v. 7, n. 2, p. 173–190, 2008.
- DURRUTY, I.; GONZALEZ, J. F. Effect of Alternative Nutrient Sources During Anaerobic Degradation of Potato Wastewater. *Science, Technology and Development*, v. 34, n. 2, 2015.
- SPEECE, R.E. *Anaerobic biotechnology for industrial wastewater treatment*. Nashville: Archae Press, 1996, 394p.
- LEITE, W. R. M.; GOTTARDO, M.; PAVAN, P.; BELLI FILHO, P.; BOLZONELLA, D. Performance and energy aspects of single and two phase thermophilic anaerobic digestion of waste activated sludge. *Renewable Energy*, v. 86, 2016, p. 1324-1331.
- LIAMLEAM, W., ANNACHHATRE, A. P. Electron donors for biological sulfate reduction. *Biotechnology Advances*, v. 25, n. 3, 2007, p 452-463.
- PRADO, M. A. C.; CAMPOS, C. M. M.; DA SILVA, J. F. A study on the variation of methane concentration in biogas produced from coffee wastewater. *Ciencia e Agrotecnologia*, v. 34, n. 2, 2010, p. 475–484.
- O'FHARERTY, V.; LENS, P.; LEAHY, B.; COLLERAN, E. Long-term competition between sulfate-reducing and methane-producing bacteria during full-scale anaerobic treatment of citric acid production wastewater. *Water Research*, v. 32, n. 3, 1998, p. 815-825.
- RAJAGOPAL, R.; MASSÉ, D. I.; SINGH, G. A critical review on inhibition of anaerobic digestion process by excess ammonia. *Bioresource Technology*, v. 143, 2013, p. 632–641.
- SIEGRIST, H.; VOGT, D.; HERAS, J. L. G.; GUJER, W. Mathematical model for meso- and thermophilic anaerobic sewage sludge digestion. *Environmental Science and Technology*, v. 36, n. 5, 2002, p. 1113–1123.
- VAN DEN BRAND, T. P. H.; ROEST, K.; CHEN, G. H.; BRDJANOVIC, D.; VAN LOOSDRECHT, M. C. M. Long-Term Effect of Seawater on Sulfate Reduction in Wastewater Treatment. *Environmental Engineering Science*, v. 32, n. 7, 2015, p. 622-630.
- YE, R.; JIN, Q.; BOHANNAN, B.; KELLER, J. K.; McALLISTER, S.; BRIDGHAM, S. D. PH controls over anaerobic carbon mineralization, the efficiency of methane production, and methanogenic pathways in peatlands across an ombrotrophic-minerotrophic gradient. *Soil Biology and Biochemistry*, v. 54, 2012, p. 36–47.