

II-293 - INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NA REMOÇÃO BIOLÓGICA DE FÓSFORO

Rosilene Maria Leitão Melquiades Bezerra⁽¹⁾

Discente de graduação em Saneamento Ambiental – IFCE. Bolsista de Iniciação Científica do CNPq/IFCE.

Nayane de Oliveira Saldanha⁽²⁾

Discente de graduação em Saneamento Ambiental – IFCE.

Amanda de Araújo Pessoa⁽³⁾

Discente de graduação em Saneamento Ambiental – IFCE. Bolsista de Iniciação Científica do CNPq/IFCE

Elivania V. M. Santos⁽⁴⁾

Doutora em Engenharia Ambiental - UEPB, Docente do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - Campus Limoeiro do Norte - CE.

Heraldo A. S. Filho⁽⁵⁾

Doutor em Engenharia Ambiental - UEPB, Docente do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - Campus Limoeiro do Norte - CE.

Endereço⁽¹⁾: Av Manoel Fidélis Maia, 1647 – Limoeiro do Norte - CE. CEP: 62930-000 - Brasil - Tel: (88) 99940-1879 - e-mail: rosilene.melquiades@hotmail.com

RESUMO

O lançamento inadequado de efluentes sanitários e industriais nos corpos hídricos tem intensificado o processo de eutrofização ocasionado pelas grandes cargas de nutrientes, principalmente o fósforo considerado limitante desse processo. Dessa maneira, melhorar a eficiência do tratamento destes efluentes para minimizar problemas sanitários é de grande importância para o equilíbrio aquático e a saúde pública. No intuito de obter uma melhor compreensão do processo de remoção biológica de fósforo, este estudo vem avaliar através de três ferramentas estequiométricas a predominância de organismos acumuladores de fósforo (PAOs) em temperatura controlada (20° C), operando um Reator em Bateladas Sequenciais (RBS). Foram analisadas as seguintes relações estequiométricas (ferramentas): relação entre taxa de consumo de oxigênio (TCO) para os substratos propionato e acetato ($TCO_{\text{Propionato}}/TCO_{\text{Acetato}}$) em que a partir da análise desta relação o sistema apresentou um valor abaixo da expectativa média de predominância de organismos PAOs (0,4), visto que o valor indicado em literatura especializada é de 1 (OHMEN, 2006). Outra relação estudada foi a razão entre sólidos suspensos voláteis e sólidos suspensos totais (SSV/SST) obtendo-se um resultado de 0,53, enquanto esperava-se para predominância de PAO uma relação em torno de 46% (VAN HAANDEL e MARAIS, 1999). A relação entre a concentração de fósforo total no lodo e os sólidos suspensos voláteis apresentou valor muito inferior, 0,022, comparando-a ao ideal de 0,38. Os dados obtidos neste estudo indicam que houve presença de PAO, mas não foi atingida a predominância, sendo necessário observar outros fatores além da temperatura que possam ter maior influência no processo do que este parâmetro.

PALAVRAS-CHAVE: Nutrientes, Predominância, PAO.

INTRODUÇÃO

A poluição causada por grandes aportes de nutrientes, em especial o fósforo, tem crescido vertiginosamente nos últimos anos e favorecido o desenvolvimento acelerado dos processos de eutrofização. Em razão dessa problemática nos corpos d'água, os sistemas de tratamento biológico de lodo ativado, associados a diferentes técnicas laboratoriais, a biologia molecular e a respirometria surgem como concepções acessíveis para o tratamento e controle operacional da remoção de fósforo, bem como, são medidas de caracterização do lodo.

Para a remoção biológica de fósforo, bactérias acumuladoras desse nutriente (PAO, ou poli-p) devem estar presentes em concentrações significativas no sistema (VAN HAANDEL e MARAIS, 1999). Essas bactérias são microrganismos que têm alto poder de liberar fosfato em ambiente anaeróbio (ao capturar e armazenar material orgânico solúvel do meio na forma de biopolímeros) e acumulá-lo na forma de polifosfatos em ambiente aeróbio perfazendo uma condição fenotípica oriunda da alternância entre ambientes que provoca uma modificação ou adaptação metabólica desses microrganismos (SANTOS, 2014).

De acordo com Nobrega (2009) e Finger (2000) o processo de remoção biológica de fósforo é bastante complexo devido à maioria das reações serem intracelulares e ser afetado por fatores ambientais como oxigênio dissolvido (OD), potencial redox, temperatura e potencial hidrogeniônico (pH), parâmetros hidráulicos, disponibilidade de substrato e presença de nitratos. Dentre estes diversos fatores, a temperatura é considerada de suma importância para a predominância de organismos PAO em detrimento de organismos acumuladores de glicogênio (GAOs, grupo competidor de PAO), enquanto um adequado controle deste parâmetro é capaz de desfavorecer GAOs na competição pelo substrato solúvel na zona anaeróbia. Visto que conforme Bassin (2012), uma das principais causas da deterioração do desempenho desses sistemas está ligada à competição entre PAO e GAO, que embora essas bactérias possam armazenar ácidos graxos voláteis (AGV) como PHA em condições anaeróbias, não são capazes de promover a liberação ou a absorção subsequente de fósforo (SANT'ANNA JR., 2010). O valor médio de temperatura ideal para favorecer o crescimento de PAO, como também, proporcionar maiores taxas de captação do material orgânico biodegradável solúvel encontra-se na faixa de 15°C a 30°C (BAETENS, 2000; ERDAL; ERDAL; RANDALL 2003). Já nos estudos de López-Vázquez (2009), o autor obteve uma relação de predominância de PAO abaixo de 20°C em detrimento de GAO, que abaixo de 10°C tem seu metabolismo inibido completamente.

Para o grupo GAO temperaturas próximas e acima de 30°C são as preferíveis. Grande parte dos autores que realizaram estudos e experimentos laboratoriais ou em escala plena e enfrentaram problemas referentes à concorrência entre PAO-GAO relatou que a temperatura é um parâmetro extremamente influente nessa competição (LÓPEZ-AZQUEZ, 2009; SANTOS, 2014, SILVA, 2015). Em geral, os estudos indicam que em temperaturas de esgotos comumente superiores a 20°C, a atividade biodesfosfatadora tende a deteriorar-se e, em consequência os microrganismos GAOs tornam-se dominantes (PANSWAD; DOUNGCHAI; ANOTAI, 2003; ERDAL; ERDAL; RANDALL, 2003).

Testes respirométricos para determinação da TCO são muito úteis para avaliar a biodegradabilidade e toxicidade de efluentes, descrever o metabolismo bacteriano, a influência de fatores ambientais sobre este metabolismo e a cinética dos processos biológicos dentre outros parâmetros relacionados com a biomassa ativa presente na suspensão de lodo de sistemas de lodo ativado (VAN HAANDEL et al., 1998; VAN ROLLEGHEM, 2002; DERKS, 2007).

A técnica respirométrica, aliada a um modelo matemático a exemplo dos publicados pela *International Water Association* (IWA) para sistemas de lodo ativado, capaz de descrever de forma confiável os processos metabólicos envolvidos em sistemas de lodo ativado, pode ser importante para o adequado acompanhamento desses metabolismos e principalmente para a obtenção de parâmetros cinéticos e estequiométricos que sejam realísticos e possam ser aplicados em projetos otimizados (SANTOS, 2009).

Estratégias operacionais que primam por favorecer os PAO em detrimento aos GAO são de suma importância para melhorar o desempenho e a estabilidade de sistemas de remoção biológica de fósforo. Dessa forma, no intuito de avançar na compreensão e aplicação de sistemas de tratamento de esgotos com remoção de nutrientes, especificamente, de fósforo, busca-se avaliar a partir deste estudo, através da utilização de três ferramentas de avaliação da predominância de organismos PAO, a influência da temperatura em biomassa de sistema de lodo ativado.

MATERIAIS E MÉTODOS

Um sistema de lodo ativado do tipo Reator em Bateladas Sequenciais (RBS) foi operado durante um período de 180 dias, no intuito de se avaliar a predominância de organismos acumuladores de fósforo em temperatura controlada (20°C), Tabela 1. O primeiro mês foi dedicado à partida do sistema que se deu com inóculo de um sistema de lodo ativado em escala experimental que já removia fósforo. A água residuária que alimentava o sistema era proveniente de uma matriz composta de esgoto doméstico fraco acrescido de acetato de sódio.

Para o monitoramento e avaliação dos organismos PAOs, foram analisadas 3 relações estequiométricas (denominadas de ferramentas, Figura 1) sendo estas: (F1) a relação entre a taxa de consumo de oxigênio (TCO) para os substratos propionato e acetato (OHEMEN et al., 2006); (F2) a razão entre sólidos suspensos voláteis e sólidos suspensos totais (VAN HAANDEL e MARAIS, 1999) e (F3) a relação que representa a concentração de fósforo total no lodo (WENTZEL, 1989).

Tabela 1: Condições operacionais do sistema.

Condições Operacionais	RBS
Volume útil (L)	4
Idade de lodo (dias)	8
Descarte do lodo (mL/d)	500
Vazão (L/d)	4
Temperatura °C	20

A Ferramenta (F1) que indica a determinação da TCO utilizando como substratos propionato de cálcio e acetato de sódio corresponde à razão da taxa de utilização de oxigênio para propionato, pela taxa obtida para acetato e deve ser analisada de acordo com o valor obtido, indicando que quando este valor estiver próximo de 1, haverá potencialmente a predominância de PAOs. Isso, porque o uso de propionato como substrato tem sido demonstrado ser favorável para alcançar o sucesso na remoção biológica de fósforo (REIS et al., 2003; OHEMEN et al., 2006). Vale ressaltar que o uso do propionato de cálcio foi realizado somente para o teste de respirometria e não como condição operacional do reator.

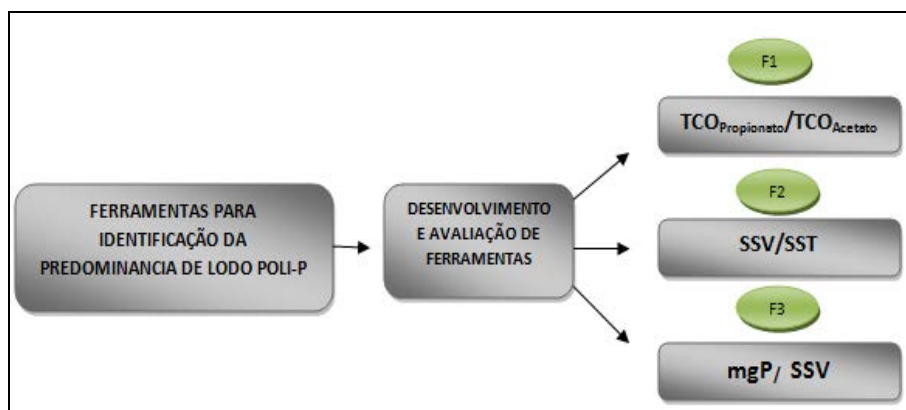


Figura 1: Ferramentas de relações estequiométricas (F1, F2 e F3).

A relação entre a concentração de sólidos voláteis com os sólidos totais (Ferramenta F2) foi estudada por Van Haandel e Marais (1999) em que os autores atestam que o ideal é que esta relação esteja em torno de 46%, ou seja, 0,46 para se ter uma predominância de PAOs (SILVA, 2015).

Nóbrega (2009) ressalta em seus estudos que sistemas convencionais de lodo ativado removem apenas uma pequena fração de fósforo que fica incorporada no lodo, e mantém elevada concentração no efluente tratado, que pode acarretar em eutrofização do corpo receptor. Essa concentração obtida pela relação $\text{mgP}_{\text{lodo}}/\text{SSV}$ (Ferramenta 3) configura a proporção de um grupo microbiano poli-p, citado por Van Haandel e Marais (1999) como uma proporção de até 38% do peso seco da biomassa. Os autores, em seus estudos mais recentes, identificaram a possibilidade de uma predominância de PAO no lodo com 12% de seu peso seco (VAN HAANDEL E VAN DER LUBBE, 2012).

RESULTADOS DAS FERRAMENTAS

Para a ferramenta F1, relação $\text{TCO}_{\text{Propionato}}/\text{TCO}_{\text{Acetato}}$, utilizaram-se os substratos com concentrações de 120 mg/L de cada um durante os testes de respirometria, resultando em uma relação média de 0,4 (oriundo da relação entre as taxas $32 \text{ mg.L}^{-1}.\text{h}^{-1}$ de propionato / $88 \text{ mg.L}^{-1}.\text{h}^{-1}$ de acetato). A relação obtida indica que há parcialmente presença de bactérias poli-P, pois de acordo com Ohemen et al. (2006), atingir-se-ia a predominância de PAOs apenas quando a relação estivesse próxima de 1.

A partir da ferramenta F2, que apresenta a relação entre os sólidos suspensos voláteis por sólidos suspensos totais, é possível notar na Tabela 2 que apenas um dado da relação, 0,53 apresentou-se mais indicativo de presença de organismos PAO. Considerando, portanto esta relação, mediante os dados de toda a pesquisa, não

se percebeu a predominância de organismos biodesfosfatadores, tendo uma média de 0,8 que é característica de lodos mistos (VAN HAANDEL E MARAIS, 1999).

Tabela 2: Relação entre SSV/SST.

MÉDIAS MENSAIS			
SST (mg/L)	SSV (mg/L)	SSF (mg/L)	RELAÇÃO SSV/SST
900	750	232	0,83
508	402	106	0,79
526	280	246	0,53
708	656	52	0,92
642	548	94	0,85

A ferramenta F3 (Tabela 3), que determina a relação de fósforo no lodo pelos sólidos suspensos voláteis, mostrou na Figura 2, a partir de seus resultados, que manteve-se crescente, apresentando uma queda no fim da pesquisa. A relação ideal de acordo com Nóbrega (2009) é de 0,12 mgP/SSV. Nenhum resultado esteve dentro desta proporção, mesmo nos melhores períodos não atingiu mais que 0,022 mgP/SSV, indicando ausência de predominância do lodo PAO, o que foi confirmado pelas outras duas ferramentas.

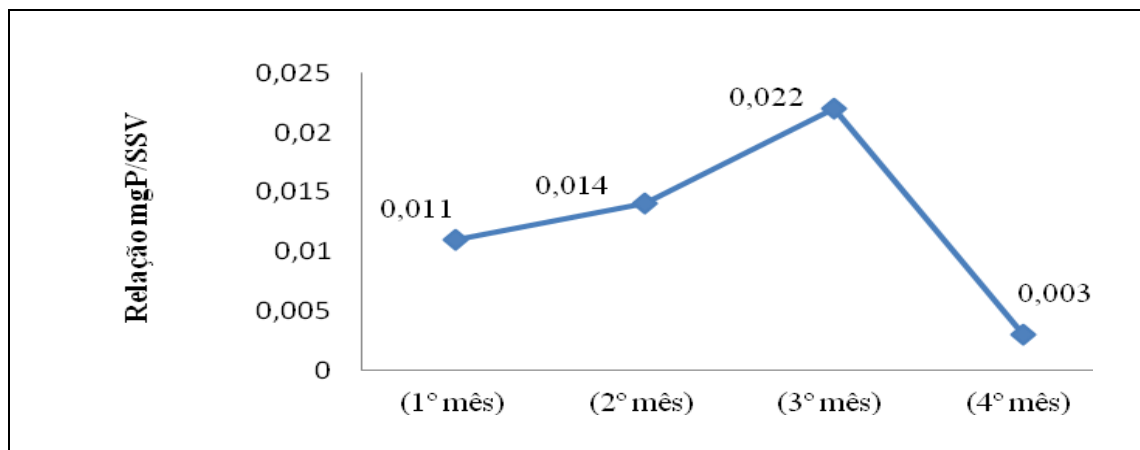


Figura 2: Relação mgP/SSV (F3).

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Analisando a ferramenta (F1), esta apresentou resultado baixo visto que a literatura determina uma taxa próxima a 1 como um bom indicativo de predominância de organismos PAOs no sistema RBS (OHMEN et al., 2006). Este resultado indica que os organismos GAOs, considerado um grupo competidor, possivelmente estava presente no sistema, já que PAOs utilizariam propionato e acetato de maneira similar, sem diferença de afinidade, enquanto que o grupo GAO "*Gamaproteobacteria*, *Competibacter phosphatis*" utilizaria acetato e não utilizaria propionato e o grupo GAO "*Alphaproteobacteria*, *Defluviicoccus vanus*" utilizaria propionato e não acetato.

Em Santos (2014) e Silva (2015), respectivamente operando sistemas RBS em temperaturas distintas, o primeiro estudo operando a 25°C e o segundo a 19°C, a mesma relação apresentou uma baixa taxa (0,33) e (0,48), isto é, parte do lodo se correlacionou melhor com o acetato em detrimento do propionato. Entretanto o estudo de Silva (2015) indica que as bactérias PAO aumentam a sua densidade (predominância) em até 15% quando ocorre a redução de temperatura. Neste estudo notou-se que a temperatura de 20°C não foi suficiente para manter o mesmo índice à 19°C, tendo apresentado uma diferença de quase 10%, mas ainda apresentou-se superior ao obtido em 25°C por Santos (2014), o que infere em uma provável influência da temperatura no metabolismo PAO e GAO e ajuste de suas densidades no lodo, conforme a competição por substrato.

Apenas um dado da relação ferramenta (F2), 0,53 apresentou-se mais indicativo de presença de organismos PAO conforme a literatura (VAN HAANDEL e MARAIS, 1999) que considera 0,46 a melhor taxa para

predominância desses organismos. Os outros dados obtidos indicam que a temperatura de 20°C apesar de favorável à biodesfosfatação, foi prejudicada por outras condições ambientais como a idade de lodo e o tipo e disponibilidade do substrato solúvel. Uma taxa em torno de 0,5 foi obtida por Santos (2014) a uma temperatura de 25°C, todavia, a autora operou o sistema com idade de lodo menor que a desta pesquisa (5 dias), que pode ter contribuído para melhores resultados. É importante destacar também que Santos (2014) alega que a temperatura média era de 25°C, contudo havia uma variação de até mais de 5°C durante o dia, pois no seu estudo não controlou a temperatura. Já, em Silva (2015) essa relação apresentou-se mais elevada (0,78), considerando que o sistema era operado a uma temperatura de até 21°C.

O melhor resultado dentre os testes da ferramenta (F3) foi o de 0,022, entretanto quando comparado com o valor de referência 0,38 está muito abaixo do parâmetro citado por Van Haandel e Marais (1999). Em Santos (2014) quando confrontado seu resultado para esta ferramenta, com o valor obtido nesta pesquisa, apresentou uma taxa superior, de 0,11, o que pode estar associado a outros fatores que não necessariamente metabólicos, como por exemplo, a precipitação de fósforo no lodo mediante submissão à elevados valores de pH.

CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos em função das ferramentas propostas no estudo foi possível avaliar a biomassa do sistema e identificar a presença dos organismos acumuladores de fósforo, porém sem atingir a predominância.

Quanto às relações estequiométricas a que mostrou valor mais aproximado da literatura (0,46) foi a F2 (sólidos suspensos voláteis/sólidos suspensos totais) que apresentou um valor de 0,53, entretanto a média composta da relação esteve em torno de 0,8.

Conclui-se, portanto, que a temperatura não apresentou relevância superior a outros fatores como possivelmente idade de lodo, substrato e condições operacionais relativas ao acceptor de elétrons, quando comparada a outros estudos de similar abordagem.

Dessa forma, sugerem-se novas pesquisas mantendo o controle de temperatura e alternando outros parâmetros para buscar uma hierarquização de fatores de influência que possam apresentar maior sensibilidade estatística.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BAETENS, D. Enhanced biological phosphorus removal: Modelling and experimental design. Thesi PhD, Universiteit Gent, Belgium, 256 p. 2000.
2. BASSIN, J. P. Remoção biológica de nutrientes em sistemas compactos e estudo da diversidade microbiana por técnicas de biologia molecular. Tese (Doutorado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia Química, 2012. Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2012. 209 p
3. ERDAL, U. G., ERDAL, Z. K., and RANDALL. The competition between PAOs and GAOs in EBPR systems at different temperatures and the effects on systems performance. *Water Science and Technology*. v.47, n. 11, p. 1 – 8, 2003.
4. FINGER, J. L. Remoção Biológica de Fósforo em Reator Sequencial em Batelada - RSB. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2000.
5. LOPEZ-VAZQUEZ, C. M. The competition between polyphosphate-accumulating organisms and glycogen-accumulating organisms: temperature effects and modelling. Thesi (Ph.D.) -Delft University of Technology. 256 p. 2009.
6. NÓBREGA, E. O. Estequiometria e cinética da remoção de fósforo em sistemas de lodo ativado. 2009. 82 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2009.
7. OEHMEN, A., ZENG, R.J., SAUNDERS, M.A., BLACKALL, L.L., KELLER, J., YUAN, Z., Anaerobic and aerobic metabolism of glycogen-accumulating organisms selected with propionate as the sole carbon source. *Microbiology*, 152, 2767-2778. 2006.
8. PANSWAD, T.; DOUNGCHAI, A.; ANOTAI, J. Temperature effect on microbial community of enhanced biological phosphorus removal system. *Water Research*. 37 (2): pp409-415. 2003.

9. REIS, M. A. M.; SERAFIM, L. S.; LEMOS, P. C.; RAMOS, A. M.; AGUIAR, F. R.; VAN LOOSDRECHT, M. C. M. Production of polyhydroxyalkanoates by mixed microbial cultures, *Bioprocess Biosyst. Eng.* 25, pp. 377-385. 2003.
10. SANT'ANNA, JR. G. L. Tratamento biológico de efluentes: fundamentos e aplicações. Rio de Janeiro :Editora Interciência,418 p. 2010.
11. SANTOS, E. V. M. Estratégias para Predominância de Organismos Acumuladores de Fósforo em Sistemas de Lodo Ativado e Respirometria Aplicada à Biorremediação. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campina Grande, 2014.267p.
12. SANTOS, E. V. M. Desnitrificação em sistemas de lodo ativado. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campina Grande, 136 p. 2009.
13. SILVA. R. M. Caracterização respirométrica de diferentes biomassas de sistemas de lodo ativado com remoção de fósforo. Dissertação (Mestrado) - Instituto Federal do Ceará, Fortaleza, 2015. 85 p.
14. VAN HAANDEL , A. C.; MARAIS, G. O comportamento do sistema de lodo ativado: teoria e aplicações para projetos e operações. Campina Grande – Paraíba. Ed. Epgraf. 1999. 472 p.
15. VAN HAANDEL, A. C.; VAN DER LUBBE, J. Handbook biological waste water treatment: design and optimization of activated sludge systems. 2. ed. Londres – UK: IWA Publishing of Alliance House, 816 p. 2012.
16. WENTZEL, M.C., DOLD, P.L., EKAMA, G.A. AND MARAIS, G.V.R. Enhanced polyphosphate organism cultures in activated sludge systems. Part III: Kinetic model. *Water SA*, 15(2), 89-102. 1989.