

# A DINÂMICA DA AERAÇÃO NA EVOLUÇÃO DO pH E TEMPERATURA EM UM SISTEMA DE LODOS ATIVADOS DE BANCADA

Pedro Oliveira <sup>1</sup>  
Júlia M. M. Dantas <sup>2</sup>  
Paula L. R. Sousa <sup>3</sup>  
Gorete Ribeiro de Macedo <sup>4</sup>

## INTRODUÇÃO

Sistemas de Lodos Ativados (SLAs) é o tratamento biológico comumente empregado no tratamento de efluentes domésticos e industriais. O funcionamento eficaz desse processo depende, primeiro, do crescimento apropriado dos microrganismos que coexistem na biomassa que forma o lodo, e segundo, do desempenho da separação sólido-líquido que acontece na unidade de decantação do sistema (VON SPERLING, 2017).

Como SLAs são sensíveis às modificações operacionais, as quais podem comprometer a eficácia do tratamento, é importante o desenvolvimento de pesquisas que auxiliem na compreensão, monitoramento e controle desse tipo de processo (MESQUITA *et al.*, 2016). Alguns dos parâmetros que são “chaves” para o sucesso da operação são a vazão de aeração fornecida ao sistema, a temperatura e o pH da suspensão.

O oxigênio para a manutenção das atividades metabólicas da biomassa, e para alcançar os níveis de remoção desejados para processo, é fornecido através da injeção de ar atmosférico ou oxigênio puro. Sendo esta última uma alternativa mais dispendiosa. Os equipamentos mais utilizados para promover a aeração e, conseqüentemente, a difusão de oxigênio no licor misto (ou suspensão), são os compressores, difusores de ar e aeradores (HENZE, 2008). O emprego desses aparelhos, em geral, aumenta o desempenho dos SLAs, porém, o fato de demandarem grandes quantidades de energia elétrica e potência consiste em um fator que encarece o uso dessa técnica.

No caso da temperatura, esse chega a ser um parâmetro operacional que afeta principalmente o modo de ação dos microrganismos de acordo com a faixa de operação. O tratamento biológico aeróbio de efluentes pode ser operado em um largo intervalo de temperatura, de 10 a 40 °C, aproximadamente. Sendo a temperatura de 35 °C, onde a atividade microbiana encontra seu ponto ótimo e, por conseguinte, o processo experimenta um aumento na velocidade de metabolização de matéria orgânica. Em temperaturas inferiores a 5 °C, por exemplo, pode ser observado uma redução no consumo de substrato. Nos casos onde a temperatura do processo ultrapassa o valor de 40°C, também é observado uma deficiência na remoção em razão das quedas na velocidade de crescimento das bactérias mesófilas (SCHMIDELL, 2007; LIAO *et al.*, 2011).

Nas comunidades microbianas diversificadas, como as encontradas em SLAs e que colaboram em outros processos aeróbios para tratamento de efluentes, a resposta às mudanças de pH é percebida no comportamento global do processo e não em grupos ou espécies específicas. A faixa de pH considerada adequada para que haja um rendimento satisfatório do

<sup>1</sup> Pesquisador no Instituto Nacional do Semiárido (INSA) – PB, [pedro.oliveira@insa.gov.br](mailto:pedro.oliveira@insa.gov.br);

<sup>2</sup> Mestranda do Curso de Engenharia Química da UFRN – RN, [medeirosjuulia@gmail.com](mailto:medeirosjuulia@gmail.com);

<sup>3</sup> Doutoranda do Curso de Engenharia Química UFC – CE, [lucianaprece@yahoo.com.br](mailto:lucianaprece@yahoo.com.br);

<sup>4</sup> Professor orientador: Doutora, UFRN – RN, [gomacedo@eq.ufrn.br](mailto:gomacedo@eq.ufrn.br).

sistema encontra-se entre 6,0 e 8,0. Pretendendo-se, além da remoção de matéria orgânica, o processo de nitrificação e desnitrificação do efluente, o pH deve ser mantido em uma faixa mais restrita, entre 7,5 a 8,0 (AOUABED *et al.*, 2008).

Sabendo do papel que cada um desses fatores exerce no funcionamento dos SLAs, esse trabalho propõe-se a avaliar paralelamente a dinâmica da vazão de aeração e a evolução do pH e da temperatura, durante um espaço de tempo de 150 dias. Para esses fins, um sistema de lodos ativados em escala de bancada alimentado com efluente semissintético foi utilizado. A taxa global de remoção de matéria orgânica também foi levada em consideração como indicativo da eficiência do processo. Espera-se, dessa forma, obter uma melhor compreensão do comportamento dos SLAs, tornando possível o delineamento de estratégias e ações corretivas no caso de perturbações operacionais ocasionadas pela modificação dessas variáveis.

## METODOLOGIA

### Descrição do SLA em escala de bancada

A instalação do sistema experimental de lodos ativado foi projetada a fim de simular o tratamento secundário de uma estação de tratamento de esgotos (BARROS Jr., 2008). O sistema experimental é composto por um tanque de aeração com volume operacional de 4L (Ø 18 cm) acoplado a um decantador com capacidade de 2L (Ø 9 cm). Uma bomba peristáltica possibilita, ao mesmo tempo, a alimentação do sistema com a solução semissintética e o reciclo do lodo decantado para o tanque de aeração (razão de reciclo – 1:1). O tanque de alimentação tem capacidade de 9L, sendo a vazão de alimentação de 0,17 L.h<sup>-1</sup> a fim de manter o tempo de detenção hidráulica de 21,3 h. O efluente clarificado é retirado por gravidade pela parte superior do decantador, onde se encontra o canal de saída para o tanque de armazenamento (5L).

O fornecimento de ar, no interior do tanque de aeração, foi efetivado por meio de compressores de ar de pequeno porte com vazão máxima de gás de 0,21 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>. Além de suprir o processo com oxigênio, deve-se ainda mantê-lo em pH neutro. Para isso, foi instalada outra bomba peristáltica que dosa para o interior do tanque, com vazão de 0,18 L.h<sup>-1</sup>, uma solução tampão de composição volumétrica 39% de NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> (0,2 M) e 61% de NaHPO<sub>4</sub> (0,2 M).

Três compressores de pequeno porte foram utilizados para garantir que vazão de ar varie dentro do tanque de aeração, essa estratégia confere ao sistema uma agitação pneumática e garante que a biomassa permaneça em suspensão. O sistema foi, sequencialmente, submetido a três vazões diferentes de aeração: Q<sub>1</sub> – 0,21; Q<sub>2</sub> – 0,42 e Q<sub>3</sub> – 0,63 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>.

Para avaliar a eficiência global de remoção do sistema foram realizadas medições de Demanda Química de Oxigênio (DQO) com amostras retiradas do tanque de alimentação (entrada) e do tanque de armazenamento (saída) do sistema.

### Procedimentos analíticos

Esta seção contempla os procedimentos experimentais e a aparelhagem empregados para a realização das análises com o sistema de lodos ativados.

**Demanda Química de Oxigênio (DQO):** As medições de DQO foram determinadas de acordo com o técnica padrão (EATON; FRANSON, 2005). As análises partem do princípio do método colorimétrico com absorção da radiação visível em um comprimento de onda de 600 nm. O espectrofotômetro e o digestor são da linha Spectroquant MERCK, desenvolvidos especificamente para esse tipo de análise.

**Determinação do pH e temperatura:** As medidas de pH e temperatura foram obtidas por meio do método eletrométrico, um leitor de multivariáveis WTW Multi 340i SET possibilitou as leituras no interior das unidades que compunham o sistema. As leituras eram feitas em triplicata, obtendo-se assim uma média dos parâmetros.

## DESENVOLVIMENTO

Levando em consideração que no tratamento de águas residuárias, o desempenho da sedimentação do lodo ativado depende principalmente da sua capacidade em formar flocos e que tal capacidade está ligada, sobretudo, a como as condições operacionais afetam a estrutura, a dimensão e a densidade dos flocos de lodo ativado (WILÉN *et al.*, 2003), decidiu-se avaliar três variáveis físico-químicas, julgadas como importantes para o sucesso dessa tecnologia: vazão de ar, temperatura e pH.

Uma das variáveis de processo conhecida por afetar a estrutura e a dimensão do floco de lodo ativado, não filamentosos, é a concentração de oxigênio dissolvido (OD) que é fornecida à suspensão por meio da aeração. Aerar o sistema pode influenciar tanto em níveis micro (transferência de massa no interior do floco) como em níveis macroscópicos (tensões de cisalhamento) as características da biomassa (FAUST *et al.*, 2014).

Por sua vez, LIAO *et al.* (2011) desenvolveram reatores que funcionavam sob condições termofílicas, ou seja, com temperaturas superiores à 45 °C, recomendando essa estratégia para o tratamento de efluentes com elevadas concentrações de carga orgânica; como os produzidos pelas indústrias de polpa, papel e celulose. Tais resultados sugerem indagações no que diz respeito a como a temperatura se relaciona com a eficiência do processo e se a vazão de ar aplicada é realmente a necessária, já que a solubilidade de oxigênio dissolvido no meio líquido depende diretamente da temperatura.

O pH, além de impactar no crescimento microbiano, é um parâmetro químico diretamente ligado à agitação proporcionada pela operação de aeração. Quando se tem a intenção de promover a eliminação de nitrogênio, o sistema é submetido à ciclos com cortes de aeração, onde devido à ausência de movimentos turbulentos gerados pela eclosão das bolhas, observa-se uma sutil diminuição do pH. Embora essa diminuição não seja expressiva, é o suficiente pra comprometer a parcela de bactérias do processo que realiza a desnitrificação (FULAZZAKY *et al.*, 2015).

Desse modo, esse trabalho tem por objetivo estabelecer o perfil da evolução desses dois parâmetros, monitorando-os diariamente ao longo de variações crescentes de vazão de aeração em um SLA de bancada; identificando anomalias e padrões que possam ajudar na otimização e viabilização dessa técnica.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Desempenho do SLA de bancada

Sequência 1: ao estabelecer uma comparação entre os valores de DQO do efluente de saída e de entrada, observa-se que a eficiência de remoção de matéria orgânica permaneceu muito aquém do que relata a literatura, em torno de 41 %. Segundo ÇIÇEK *et al.*, (1999), 94,5% de remoção é obtido usando-se o sistema de lodos ativados convencionais. Entretanto, essa checagem serviu para indicar que o SLA estava desempenhando sua função, ou seja, havia a eliminação de matéria orgânica. O baixo desempenho nessa sequência pode ter sido ocasionado, exatamente, pelo pH inadequado. A moda desse parâmetro, ou seja o valor que figura com maior frequência entre os dados para esta sequência (8,0) reflete que essa variável permaneceu no limite superior da faixa de controle na maior parte dessa etapa, sendo presumível o comprometimento do desempenho do processo (WILÉN *et al.*, 2003).

Sequência 2: percebe-se que houve uma evolução na remoção de matéria orgânica (aproximadamente 65%), quando comparada à sequência 1. Mesmo que o efluente de saída da sequência 2 tenha apresentado uma maior carga orgânica, pode-se afirmar, ainda assim, que houve um progresso no comportamento do desempenho do processo. Em sua grande parte,

aparentemente, devido à adaptação do lodo ativado em relação às concentrações de DQO, as quais oscilaram como menor amplitude (LIAO *et al.*, 2011).

Sequência 3: Assim como nas sequências anteriores foi possível observar que houve uma redução da carga orgânica representada aqui pelos valores de DQO, cerca de 59% de remoção da matéria. No entanto, observando-se apenas os valores médios, não seria possível concluir qual sequência apresentou um melhor desempenho durante o processo. Para indicar a melhor vazão de aeração ainda é necessário analisar o monitoramento dos outros parâmetros aqui estudados.

### **Monitoramento da temperatura e do pH**

Os parâmetros temperatura e pH são classificados como os fatores ambientais que possuem influência preponderante sobre a atividade microbiana que ocorre no seio do lodo ativado. Para o SLA de bancada proposto por esse trabalho, os seguintes comportamentos foram observados.

Analisando a evolução da temperatura durante os 150 dias de funcionamento do SLA, e ao longo das três vazões de aeração, é admissível classificar o processo como um tratamento de efluentes mesófilico (LIAO *et al.*, 2011). Isso porque a temperatura se manteve durante todas as sequências próxima à 30 °C. Poucos pontos discrepantes foram registrados quando o SLA funcionou com as aerações Q<sub>2</sub> e Q<sub>3</sub>, momento em que os valores apresentaram-se próximos a 25 °C. Todavia, essas diminuições de temperatura parecem estar mais vinculadas à maior incidência de precipitações na cidade de Natal – RN, do que com o fato de aumentar as vazões de aeração. Vale à pena pontuar que o parâmetro temperatura foi apenas observado, sem que houvesse nenhum tipo de regulação atuando sobre o sistema.

Tendo em vista o comportamento constante desse parâmetro, pode-se entender que o monitoramento da temperatura não demanda grande rigor em relação à frequência de medições ou verificação. Esse comportamento sugere, também, que seria possível economizar com insumos e gastos de automatização para a realização do controle de temperatura em futuros projetos de estações de tratamento de efluentes na região de Natal.

Embora a análise dos valores médios de pH para sequência 1, ou Q<sub>1</sub>, revele que o limite superior da faixa de variação ou valor recomendado (8,0) foi ultrapassado, a moda de valores de DQO, durante essa fase, mostra uma concentração de 110 mg.L<sup>-1</sup>, valor consideravelmente aceitável em alguns estados brasileiros que adotam 200 mg.L<sup>-1</sup> como máximo aceitável para descarte em corpos receptores. Aproximadamente 50% dos pontos registrados ao longo da sequência 1 se encontraram acima da faixa de controle. Contudo, é preciso destacar que o problema ocorreu apenas no início do experimento. Após identificada a anormalidade, uma solução corretiva foi aplicada. No que diz respeito às sequências 2 (Q<sub>2</sub>) e 3 (Q<sub>3</sub>), os resultados sugerem que não houve mais problemas e que o pH variou dentro do seu limite de operação, podendo indicar assim um controle eficaz por meio da dosagem do sistema com solução tampão.

Comparando as duas últimas vazões, foi observada uma maior variação nos valores de pH para Q<sub>2</sub>. Essa ressalva pode indicar que uma melhor homogeneização do meio líquido foi promovida quando a vazão Q<sub>3</sub> foi submetida ao SLA experimental.

### **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Esse trabalho investigou a dinâmica da variação das vazões de aeração na evolução de parâmetros como o pH e temperatura em um sistema de lodos ativados de bancada. A eficiência de remoção de matéria orgânica (em concentrações de DQO) também foi levada em consideração. As principais conclusões foram sumarizadas a seguir.

- A sequência 3 (de maior vazão) se apresentou como a mais eficiente: maior frequência de eficiências de remoção próximas a 80%. Apesar da irregularidade na taxa de remoção durante a sequência 2, essa também apresentou um desempenho satisfatório, o que significaria uma redução na demandada de energia elétrica, caso fosse utilizada. Entretanto, mais estudos são necessários para confirmar os resultados a longo prazo e em escala real para as duas sequências.
- Os parâmetros pH e temperatura, nos níveis estabelecidos, pareceram não ser influenciados de maneira direta pela variação de vazões de ar ao longo das sequências 1, 2 e 3. No entanto, uma maior regularidade do perfil de pH, durante a sequência 3, pode sugerir uma melhor homogeneização do sistema.

**Palavras-chave:** Aeração; Eficiência de Remoção; Lodos Ativados; pH; Temperatura.

## REFERÊNCIAS

AOUABED, A.; HADJ BOUSSAAD, D. E.; BEN AIM, R. Morphological characteristics and fractal approach of the flocs obtained from the natural organic matter extracts of water of the Keddara dam (Algeria). **Desalination**, Selected Papers Presented at the 4th International IWA Conference on Membranes for Water and Wastewater Treatment, 15-17 May 2007, Harrogate, UK. Guest Edited by Simon Judd; and Papers Presented at the International Workshop on Membranes and Solid-Liquid Separation Processes, 11 July 2007, INSA, Toulouse, France. Guest edited by Saravanamuthu Vigneswaran and Jaya Kandasamy. v. 231, n. 1–3, p. 314–322, 31 out. 2008.

BARROS Jr. M., L. de. Estudo da influência de compostos recalcitrantes na remoção de matéria orgânica biodegradável no tratamento de efluente de refinarias de petróleo. 15 dez. 2008. Disponível em: <<https://repositorio.ufrn.br/jspui/handle/123456789/15884>>. Acesso em: 2 jul. 2019.

ÇIÇEK, N. et al. Characterization and Comparison of a Membrane Bioreactor and a Conventional Activated-Sludge System in the Treatment of Wastewater Containing High-Molecular-Weight Compounds. **Water Environment Research**, v. 71, n. 1, p. 64–70, 1999.

EATON, A. D.; FRANSON, M. A. H. **Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater**. [s.l.] American Public Health Association, 2005.

FAUST, L. et al. Effect of dissolved oxygen concentration on the bioflocculation process in high loaded MBRs. **Water Research**, v. 66, p. 199–207, 1 dez. 2014.

FULAZZAKY, M. A. et al. Conditioning the alternating aerobic–anoxic process to enhance the removal of inorganic nitrogen pollution from a municipal wastewater in France. **Journal of Cleaner Production**, v. 100, p. 195–201, ago. 2015.

HENZE, M. **Biological wastewater treatment : principles, modelling and design**. London: IWA Pub, 2008.

LIAO, B. Q. et al. Effects of temperature and dissolved oxygen on sludge properties and their role in bioflocculation and settling. **Water Research**, v. 45, n. 2, p. 509–520, jan. 2011.

MESQUITA, D. P.; AMARAL, A. L.; FERREIRA, E. C. Estimation of effluent quality parameters from an activated sludge system using quantitative image analysis. **Chemical Engineering Journal**, v. 285, p. 349–357, 1 fev. 2016.

SCHMIDELL, W. **Tratamento biológico de águas residuárias**. [s.l.] Tribo da Ilha, 2007.

VON SPERLING, M. **Activated Sludge and Aerobic Biofilm Reactors**. [s.l.] IWA Publishing, 2017.

WILÉN, B.-M.; JIN, B.; LANT, P. The influence of key chemical constituents in activated sludge on surface and flocculating properties. **Water Research**, v. 37, n. 9, p. 2127–2139, maio 2003.