

II-308 - AVALIAÇÃO DA REMOÇÃO DE NITROGÊNIO E FÓSFORO PELO REATOR EM BATELADA SEQUENCIAL

Larissa Coelho Auto Gomes⁽¹⁾

Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Universidade Estácio de Sá. Mestranda em Saúde Pública e Meio Ambiente pela Escola Nacional de Saúde Pública (ENSP/FIOCRUZ).

Rafaela C. Landeiro da Silva Rodrigues⁽²⁾

Química Industrial, Mestre e Doutora em Engenharia de Materiais e Processos Químicos e Metalúrgicos pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Professora e Pesquisadora em Tratamento de Efluentes na Universidade Estácio de Sá.

Barbara Costa Pereira⁽³⁾

Engenheira Química e Mestre em Engenharia Agrícola e Ambiental pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Doutoranda em Saúde Pública e Meio Ambiente pela Escola Nacional de Saúde Pública (ENSP/FIOCRUZ).

Jaime Lopes da Mota Oliveira⁽⁴⁾

Biólogo, Mestre e Doutor em Microbiologia Ambiental pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Pesquisador em Saúde Pública na Escola Nacional de Saúde Pública (ENSP/FIOCRUZ).

Endereço⁽¹⁾: Rua Leopoldo Bulhões, 1480 - prédio da ENSP, sala 520 - Mangueiras - Rio de Janeiro - Brasil. CEP: 21041-210 – Tel: +55 (021) 982720972. **larissa.coelho.auto@gmail.com**

RESUMO

Dentre as diversas consequências ocasionadas pelo despejo de esgoto não tratado em corpos hídricos, o aumento da taxa de nitrogênio e fósforo chama atenção pela sua capacidade de causar eutrofização. Tal fenômeno pode acarretar em sequelas para o meio ambiente e a saúde humana, logo, é necessário que o esgoto seja submetido a tratamentos que removam estes nutrientes de forma eficiente. O tratamento pode ser feito através de um reator em batelada sequencial (RBS), operando com sistema biológico de lodos ativados, onde os microrganismos serão responsáveis pela remoção dos nutrientes. No presente estudo, foi utilizado um RBS com tempo de retenção hidráulica de 8 horas, tempo de retenção celular de 30 dias e alimentado com esgoto sintético. O ciclo operacional contemplou as fases anaeróbia, aeróbia, anóxica e aeróbia com objetivo de remover matéria orgânica, nitrogênio e fósforo simultaneamente. O processo alcançou eficiência média de remoção de 77 e 41% para nitrogênio total e fósforo total, respectivamente. Tal resultado implica a necessidade de alterações na configuração operacional do reator para que seja possível remover os dois nutrientes simultaneamente.

PALAVRAS-CHAVE: Remoção de Nutrientes, RBS, Lodos Ativados, Tratamento de Esgoto, Tratamento Secundário.

INTRODUÇÃO

O lançamento de esgoto não tratado em um corpo d'água pode resultar na alteração das características da água, afetando o equilíbrio ecológico e a saúde humana. Um dos grandes problemas é o aumento da taxa de nutrientes, como o fósforo (P) e o nitrogênio (N). Estes são essenciais para o crescimento biológico e quando lançados em grandes concentrações nos corpos hídricos, favorecem o crescimento exacerbado de algas, macrófitas e plantas aquáticas. Este aumento da concentração de nutrientes e consequente desequilíbrio biológico é conhecido como eutrofização (JORDÃO e PESSÔA, 2014). A elevação da quantidade de algas e plantas pode alterar as características da água e afetar o seu uso. Maus odores, mortandade de peixes e liberação de cianotoxinas são alguns exemplos dos transtornos causados pela eutrofização (MOTA e VON SPERLING, 2009). Dessa forma, é imprescindível o tratamento eficaz de esgotos, reduzindo ao máximo a descarga de N e P no corpo receptor. A concentração desses poluentes no efluente despejado em corpos hídricos deve respeitar o limite estabelecido pela legislação vigente e a capacidade de autodepuração da água (VON SPERLING, 2005). Para atender a estes padrões, o esgoto deve passar por uma série de processos de tratamento (VON SPERLING, 2005).

Um dos processos que pode ser utilizado é o reator em batelada sequencial (RBS). Este sistema objetiva a remoção de matéria orgânica e ainda permite a remoção de nitrogênio e fósforo (VON SPERLING, 2012). Para isso é necessário o estabelecimento de etapas anóxica e anaeróbia no sistema permitindo a existência de diferentes etapas metabólicas. Destaca-se ainda que no RBS, a sedimentação ocorre no próprio reator o que favorece a sua instalação em locais com pouca área disponível (JORDÃO e PESSÔA, 2014).

A remoção biológica de nitrogênio pode ocorrer em duas etapas: nitrificação e desnitrificação. A nitrificação acontece durante a fase aeróbia com a oxidação da amônia em nitrato. Já a desnitrificação ocorre em condições anóxicas onde o nitrato é reduzido em nitrogênio gasoso. Nas condições ideais para a ocorrência dessas atividades metabólicas, o pH deve estar entre 6 e 8. Além disso, a nitrificação requer um potencial de oxirredução (ORP) entre 100 e 350 mV, enquanto que a desnitrificação exige um ORP entre -50 e 50 mV (GERARDI, 2010; VON SPERLING, 2012; JORDÃO e PESSÔA, 2014).

A remoção biológica de fósforo é realizada pelos organismos acumuladores de fósforo (OAPs) em condições anaeróbias e aeróbias alternadas. Na etapa anaeróbia, com o ORP entre -250 e -100 mV, os OAPs assimilam ácidos orgânicos voláteis gerados pelas bactérias facultativas, liberando fosfato no meio. No ambiente aeróbio, esses microrganismos passam a acumular esses fosfatos em suas células para a produção de energia (ATP). Sendo assim, o fósforo é efetivamente removido com o descarte do lodo. Para melhor eficiência na remoção de fósforo, o pH deve estar na faixa de 7,5 a 8,0 (GERARDI, 2010; VON SPERLING, 2012; JORDÃO e PESSÔA, 2014).

OBJETIVO

O presente trabalho estudou a remoção biológica simultânea de N e P em um RBS em escala de bancada, alterando a configuração do seu processo quanto a disponibilidade de oxigênio criando zonas anaeróbias, anóxicas e aeróbias.

METODOLOGIA

O processo ocorreu em um reator cilíndrico de PVC com 8 litros de volume útil, tempo de retenção hidráulica (TRH) de 8 horas e idade do lodo de 30 dias (**Figura 1**).



Figura 1: Reator em batelada sequencial

O ciclo foi dividido nas seguintes etapas: enchimento com mistura (3,5 minutos), fase anaeróbia (90 minutos), fase aeróbia (120 minutos), fase anóxica (120 minutos), fase aeróbia (53 minutos), sedimentação (90 minutos) e esvaziamento (3,5 minutos). Uma vez por dia a bomba de remoção de licor era acionada por um timer que retirava 260 mL de mistura, garantindo uma idade do lodo de 30 dias. A aclimação do reator durou um mês e sua operação ocorreu durante 24 dias. O reator foi inoculado com lodo proveniente da estação de tratamento de esgoto de uma instituição de pesquisa do Estado do Rio de Janeiro, e foi alimentado com esgoto sintético (HOLLER e TRÖSH, 2011).

Ao longo da operação do reator foram coletadas amostras de esgoto bruto e tratado e licor misto, duas vezes por semana, para avaliar o desempenho do processo. Nas amostras de esgoto foram avaliadas as concentrações de matéria orgânica (DQO e COT), nitrogênio total (NT) e fósforo total (PT); já nas amostras de licor misto foi avaliada a concentração de biomassa através dos sólidos suspensos voláteis (SSV). Além disso, foram retiradas amostras de licor misto após cada etapa metabólica do ciclo para análises de nitrito, nitrato e o fosfato por Cromatografia Iônica (790 Personal IC, Metrohm). A análise de PT foi realizada pelo método de Chen (1956) para microdeterminação de fósforo. As concentrações de NT do esgoto bruto e tratado foram determinadas pelo equipamento TOC – L (SHIMADZU). O oxigênio dissolvido (OD) e o potencial de oxirredução (ORP) foram monitorados por uma sonda multiparamétrica (HI 9828, HANNA).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As fases do ciclo do RBS apresentaram um ORP característico (Figura 2) onde na fase anaeróbia atingiu -341 mV, na aeróbia chegou a 105 mV e na fase anóxica variou entre -80 e 80 mV o que foi um pouco acima do recomendado por Gerardi (2003). O OD na etapa aeróbia atingiu um máximo de 4,8 mg/L e o pH variou 5,5 e 6,5.

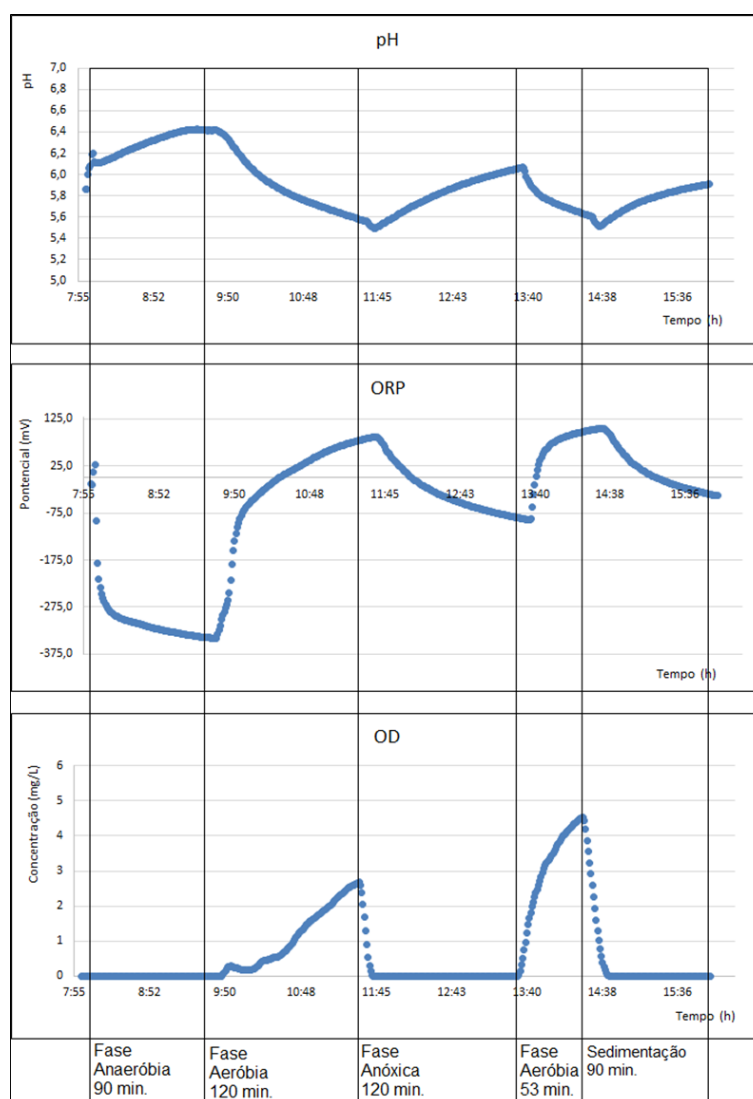


Figura 2. Gráficos com tendências de pH, ORP e OD

A concentração de SSV no reator foi em média 4.954 mg/L. Esse resultado mostra que com a idade do lodo de 30 dias foi possível obter uma alta concentração de biomassa no reator, o que é comum em um RBS, favorecendo a remoção de nutrientes (VAN HAANDEL, 1999). A Tabela 1 mostra as concentrações médias de matéria orgânica, nitrogênio e fósforo no esgoto bruto e tratado durante o período de acompanhamento. O RBS teve uma eficiência média de remoção de DQO de 89% e COT de 92%. A remoção de NT e PT foram respectivamente 77 e 41%. No geral, o processo teve um bom desempenho em relação a remoção de matéria orgânica e NT, mas teve modesta remoção de PT. Van Haandel e Marais (1999) recomendam que valores baixos para a idade do lodo (entre 3 e 5 dias) favorecem a remoção de fósforo. No entanto, Henrique et al. (2010) e Paula (2017) obtiveram altas remoções de fósforo com idade do lodo de 30 dias. A justificativa da reduzida eficiência na remoção de P pelo presente estudo pode ter sido o baixo ORP atingido na fase aeróbia com o máximo de 105 mV onde o recomendado seria entre 25 e 250 mV e o baixo pH que pode afetar a assimilação de fósforo (GERARDI, 2010; VON SPERLING, 2012; JORDÃO e PESSÓA, 2014).

Tabela 1. Concentrações médias de DQO, COT, NT e PT.

Parâmetros	Esgoto Bruto (mg/L)	Esgoto Tratado (mg/L)
DQO	758	82
COT	253	17
NT	95	22
PT	13	8

As Figuras 3 e 4 mostram a ocorrência de nitritos e nitratos (como nitrogênio) e fosfatos (como fósforo) ao longo das etapas metabólicas do RBS. A Figura 3 mostra que após a segunda fase aeróbia a concentração de nitrito chegou a 13 mg/L e os valores de nitrato ficaram em média abaixo de 0,3 mg/L. Além disso, durante a fase anóxica observou-se uma redução nas concentrações de nitrito e nitrato. Estes resultados mostram que provavelmente prevaleceu a nitrificação parcial durante as fases aeróbias com certo acúmulo de nitrito. Este fato pode ter ocorrido devido à queda do pH do meio (menor que 6) que pode ter inibido a atividade das bactérias oxidadoras de nitrito (VON SPERLING, 2012). A redução da concentração desses compostos oxidados de nitrogênio (nitrito e nitrato) durante a fase anóxica sugere a ocorrência de desnitrificação.

Ao analisar as concentrações de fosfato ao longo do processo (Figura 4), observa-se que na fase anaeróbia houve a sua liberação. Já nas fases subsequentes a sua concentração reduziu, provavelmente pela assimilação pelos microrganismos (produção de ATP) como já citado na literatura (JORDÃO e PESSÓA, 2014; VON SPERLING, 2012; GERARDI, 2010).

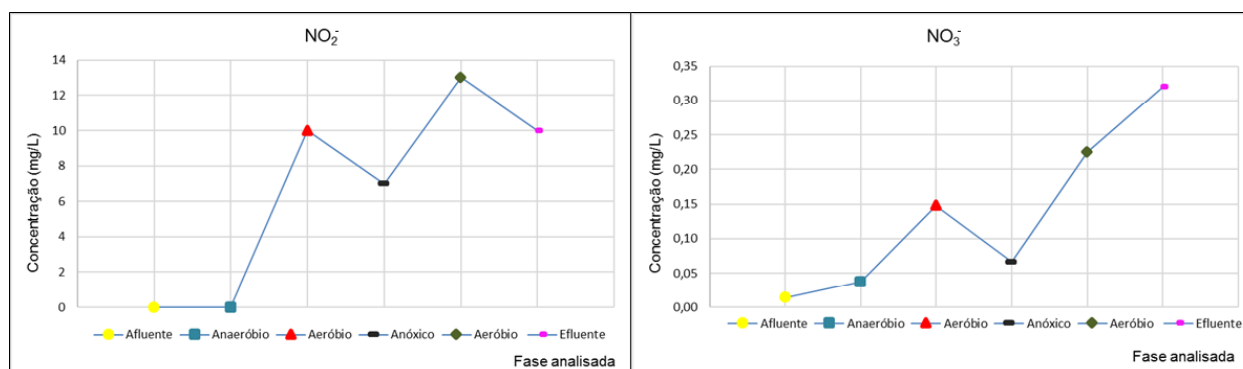


Figura 3. Variações das concentrações médias de nitrito e nitrato ao longo do processo. As marcações representam o final de cada fase

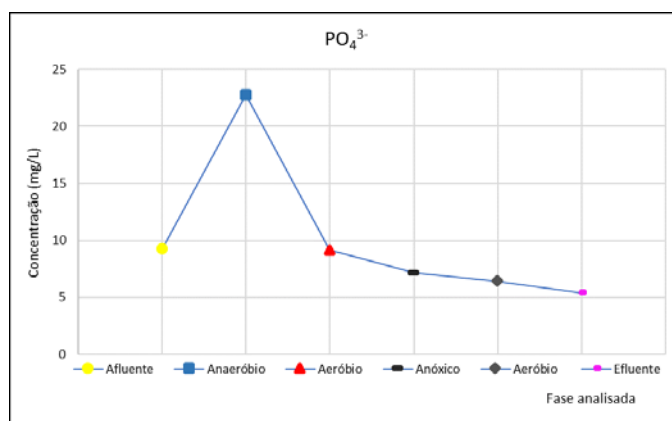


Figura 4. Concentrações médias de fosfatos ao longo do processo. As marcações representam o final de cada fase.

O estudo de Arbabi *et al.* (2012) testou diversos tempos de retenção hidráulica (TRHs) em um RBS para remoção de fósforo e concluiu que aqueles com mais de 8,5 horas obtiveram os melhores resultados, tanto para P quanto para N. Jeon *et al.* (2000) operaram o um RBS com 8 horas de TRH e relataram que a concentração de PO_4^{3-} aumentou de 0 mg/L para 30 mg/L na fase anaeróbia de 2 horas e, na fase aeróbia de 4 horas e 20 minutos, reduziu para 0 mg/L. A partir dos resultados do presente estudo, observa-se que a segunda fase aeróbia foi irrelevante para a nitrificação, mas a aplicação de um maior tempo tanto na fase aeróbia inicial quanto da anóxica poderia aumentar a remoção de nutrientes pelo RBS. Além disso, o pH no reator ficou entre 5,5 e 6,5, o que pode ter interferido na oxidação do nitrito e na remoção de P. Logo, um maior controle na taxa de aeração será fundamental para que não se atinja valores baixos de pH prejudicando a eficiência do RBS.

CONCLUSÃO

A configuração proposta para o processo promoveu elevada taxa de remoção tanto de matéria orgânica (DQO e COT) quanto de NT. No entanto, a remoção de fósforo foi menor do que o esperado. Foi possível observar a ocorrência das fases aeróbia e anóxica a partir do monitoramento de OD e ORP. O pH também foi um parâmetro importante, pois marcou a ocorrência de nitrificação parcial com acúmulo de nitrito. Ajustes na configuração do RBS deverão ser feitos para promover a remoção simultânea desses nutrientes, tais como, o aumento da primeira fase aeróbia e da fase anóxica e um melhor controle do pH, promovendo assim a nitrificação e a desnitrificação e um acúmulo de fósforo no lodo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARBABI, M; AKBARZADEH, A; KHODABAKHSHI, A. *Optimization of SBR system for enhanced biological phosphorus and nitrogen removal. International Journal of Environmental Health Engineering*. v. 1, n. 6, p. 21-26, jun. 2012
- CHEN, P.; TORIBARA, T.; WARNER, H. *Microdetermination of phosphorus. Analytical Chemistry*. v. 28, n. 11, p. 1756 – 1758, nov. 1956.
- GERARDI, M. *The Microbiology of Anaerobic Digesters*. New Jersey: Wiley - Interscience, 2003.
- GERARDI, M. *Troubleshooting the Sequencing Batch Reactor*. 1ª edição: New Jersey: Wiley - Interscience., 2010.
- HOLLER, S.; TRÖSCH, W. *Treatment of urban wastewater in a membrane bioreactor at high organic loading rates. Journal of Biotechnology*. v. 92, n.2, p. 95 – 101, dec. 2011.
- JEON, C.; PARK, J. *Enhanced biological phosphorous removal in a sequencing batch reactor supplied with glucose as a sole carbon source. Water Research*. v. 34, n. 7 p. 2160 - 2170, may. 2000.
- JORDÃO, E.; PESSÔA, C. *Tratamento de Esgotos Domésticos*. 5ª edição, Rio de Janeiro: ABES, 2014.
- METCALF, L.; EDDY, H. *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*. 4ª edição, Boston: McGraw Hill, 2003.
- MOTA, F.S.B.; VON SPERLING, M. (coord) et al. *Nutrientes de esgotos sanitários: utilização e remoção. PROSAB 5*. Rio de Janeiro: ABES, 2009.

10. VAN HAANDEL, A.; MARAIS, G. O Comportamento do Sistema de Lodo Ativado Teoria e Aplicações para Projetos e Operações. Campina Grande: Epgraf, 1999.
11. VON SPERLING, M. Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos. Vol. 1. 3ª edição, Belo Horizonte: UFMG, 2005.
12. VON SPERLING, M. Lodos Ativados. Vol. 4. 3ª edição, Belo Horizonte: UFMG, 2012.