

## **II-383 - REMOÇÃO SIMULTÂNEA DE MATÉRIA ORGÂNICA E NITROGÊNIO EM REATOR DE LODO GRANULAR AERÓBIO OPERADO EM BATELADAS SEQUENCIAIS**

**Rodrigo de Freitas Bueno<sup>(1)</sup>**

Biólogo e Engenheiro Ambiental, Mestre em Saúde Pública – Área; Saúde Ambiental pela Faculdade de Saúde Pública da USP, Doutorando em Engenharia Civil – Área – Engenharia Hidráulica e Ambiental na Escola Politécnica da USP.

**Roque Passos Piveli**

Engenheiro Civil e Mestre em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos da USP, Doutor em Engenharia Civil-Área: Engenharia Hidráulica e Sanitária pela Escola Politécnica da USP, Professor Associado do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Escola Politécnica da USP.

**Pedro Alem Sobrinho**

Engenheiro Civil e Mestre em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos da USP e University of New Castle. Doutor em Engenharia Hidráulica e Sanitária pela Escola Politécnica da USP. Professor Titular do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Escola Politécnica da USP.

**Amanda Rodrigues Inácio**

Engenheira Ambiental – Área; Ambiental e Saneamento pelo Centro Universitário do SENAC.

**Júlio César Costa**

Engenheiro Ambiental – Área; Ambiental e Saneamento pelo Centro Universitário do SENAC.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Belo Jardim, 118 – Jd. Mutinga – São Paulo - SP - CEP: 05159200 - Brasil - Tel: (11) 983962421- e-mail: [robueno@usp.br](mailto:robueno@usp.br)

### **RESUMO**

O objetivo deste estudo foi avaliar a remoção de material orgânico e nitrogenado em um sistema operado com lodo granular aeróbio, tratando esgoto sanitário. A concentração de OD foi mantida na faixa de 1,0-1,5mg/L com tempos curtos de sedimentação. Na remoção de material orgânico o sistema mostrou-se eficiente em todas as condições, resultando eficiências de DQO superiores a 90%. Em termos de nitrificação e desnitrificação o sistema mostrou-se eficiente, resultando um efluente final com baixas concentrações de amônia e nitrato.

**PALAVRAS-CHAVE:** Lodo granular aeróbio, reator em bateladas sequenciais, morfologia do floco, tempo de sedimentação, esgoto sanitário.

### **INTRODUÇÃO**

A escassez de água associada à grandes demandas e à poluição dos mananciais por matéria orgânica e nutrientes já é uma realidade em diversas regiões do Brasil, particularmente nos grandes centros urbanos. Aliado a este cenário, a remoção de poluentes para adequar a qualidade do esgoto para lançamento ou até mesmo para reúso é considerada, ainda, como um grande desafio para a engenharia sanitária e ambiental, seja pela dificuldade relacionada com as características dos contaminantes e/ou pela complexidade das estações de tratamento planejadas para remoção destes contaminantes. A remoção biológica de nitrogênio do esgoto sanitário é, geralmente, realizada pelo processo aeróbio de nitrificação e anóxico de desnitrificação. No entanto, no sistema convencional de lodos ativados os processos biológicos de remoção de nitrogênio são planejados para ocorrerem em diferentes compartimentos, resultando em estações com layouts complexos e em custos maiores de investimento e operação.

Nesse sentido, o desenvolvimento do processo biológico por Lodo Granular Aeróbio (LGA) representa, atualmente, uma grande inovação e que, cada vez mais, atrai interesse na área de engenharia sanitária e ambiental. Uma das principais vantagens do LGA é a possibilidade de remoção de carbono orgânico e nitrogênio em apenas um compartimento sendo operado, normalmente, num regime de bateladas sequenciais (Yilmaz et al., 2008; Kishida et al., 2009). A remoção de C e N pode ser conseguida devido à formação de zonas aeróbias e anóxica no interior dos grânulos ocorrendo, portanto, o desenvolvimento de vários tipos de

bactérias envolvidas em diferentes processos biológicos ligados a degradação de matéria orgânica e nitrificação/desnitrificação. Dentre os diversos parâmetros relacionados com a remoção simultânea de nitrogênio, a concentração de oxigênio dissolvida é considerada como o fator mais importante que afeta o processo de Nitrificação e Desnitrificação Simultânea (NDS) (Yang et al., 2003; Chuang et al. 2007). Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo principal avaliar a influência da concentração de oxigênio dissolvido no processo de Nitrificação e Desnitrificação Simultânea em um reator de lodo granular aeróbio operado em batelada sequencial.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Operação e configuração da planta piloto

A pesquisa em desenvolvimento é conduzida por meio de um experimento em escala piloto. Foi posto em operação um reator biológico, operado em bateladas sequenciais, alimentado com esgoto sanitário. A Figura 1 mostra o arranjo experimental utilizado neste estudo. O sistema de aeração é feita por ar difuso instalado no fundo dos reatores, garantindo o suprimento de oxigênio. Para evitar a sedimentação do lodo nas fases de enchimento e reação, foi instalado um misturador no reator. Uma válvula solenóide controlada por um medidor de oxigênio dissolvido (OD) será utilizada para manter a concentração de OD na faixa de estudo. A concentração de OD, pH, temperatura e potencial de oxidação-redução (ORP), serão medidos e monitorados online durante todas as etapas do estudo. Os dados serão registrados em um computador, por meio de um data logger. O controle dos ciclos (enchimento, aeração, agitação, sedimentação e descarte) é realizado por meio de um controlador automatizado, de modo a se estabelecer as condições para formação do lodo granular aeróbio. A Tabela 1 mostra as principais condições de operação do sistema.

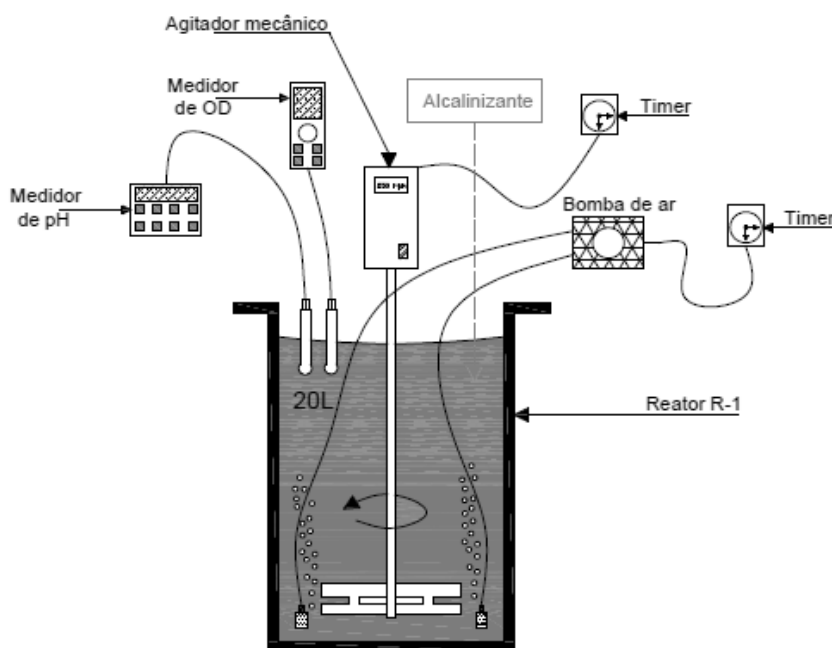


Figura 1: Corte esquemático do sistema de lodo granular aeróbio em bateladas sequenciais

**Tabela 1: Resumo das condições de operação do sistema de lodo granular aeróbio**

Parâmetros	Etapa I	Etapa 2
Dias de operação	40	40
Volume útil do reator (Litros)	28	28
Vazão de alimentação / ciclo (L/min)	4,7	4,7
Duração de cada ciclo (minutos)	180	180
TDH por ciclo (horas)	5,9	5,9
Descarte de lodo (Litros/dia)	1,4	1,4
Idade do lodo (dias)	20	20
Concentração de OD (mg/L)	1,5-2,0	0,3-0,8
N (amostras)	20	20

### Análises laboratoriais

Os métodos analíticos utilizados foram descritos no *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*, 21<sup>th</sup> Edition (APHA, 2005). As concentrações de amônia, nitrito, nitrato e fósforo, serão quantificados em um cromatógrafo de íons (Dionex-100, coluna ASCR2\_mm e CSCR2\_mm). Os principais parâmetros físico-químicos e a frequência de amostragem realizada são apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2: Programa de monitoramento nos reatores durante as fases I e II.**

VARIÁVEIS	UNIDADE	AFLUENTE	LODO GRANULAR	EFLUENTE
Temperatura	°C	-	Online	-
REDOX	mV	-	Online	-
pH	-	2 x Semana	Online	2 x Semana
Oxigênio Dissolvido	mg/L	-	Online	-
DQO total	mg/L	2 x Semana	-	2 x Semana
Série de sólidos	mg/L	2 x Semana	2 x Semana	2 x Semana
Densidade do grânulo	gSSV/L.grânulo	-	2 x Semana	-
Diâmetro do grânulo	mm	-	2 x Semana	-
VSZ	m/h	-	2 x Semana	-
IVL	mg/g	-	2 x Semana	-
Série nitrogenada	mgN/L	2 x Semana	-	2 x Semana
P-PO <sub>4</sub> total	mgP/L	2 x Semana	-	2 x Semana
Alcalinidade	mgCaCO <sub>3</sub> /L	2 x Semana	-	2 x Semana
Condutividade e Salinidade	mg/L	2x Semana	2 x Semana	2x Semana
Microbiologia do lodo	-	-	2x Semana	-

## RESULTADOS ESPERADOS

### Remoção de material orgânico

A Figura 2 mostra os resultados experimentais das concentrações afluyente e efluente da DQO total. Os valores médios foram de 511±87 e 46±26, de 537±62 e 35±30 nas Fases I e II, respectivamente. As concentrações de DQO no efluente final após o tratamento foram consideravelmente baixas. Em todo o período do estudo houve alta eficiência na remoção da DQO, sendo superiores a 90% na Fase I e de 95% na Fase II (Figura 2). Os resultados experimentais demonstram que a concentração de OD e as condições operacionais estabelecidas não afetaram a remoção de material orgânico.

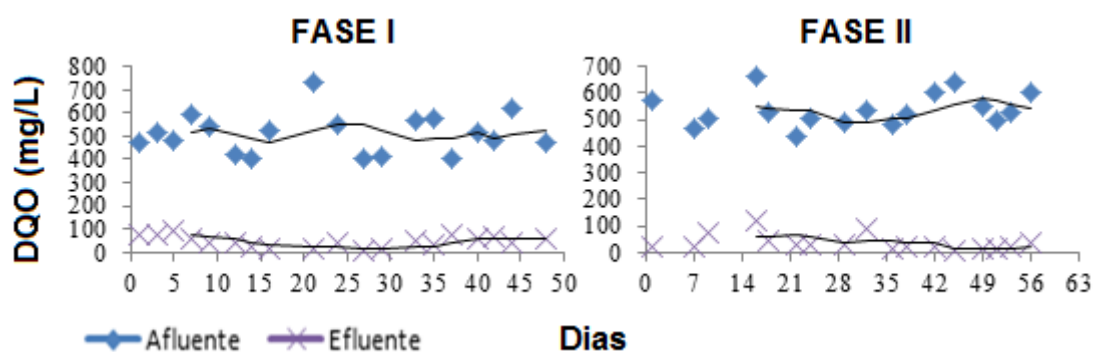


Figura 2: Série temporal com médias móveis de 4 termos: Análise da DQO total do afluente e efluente

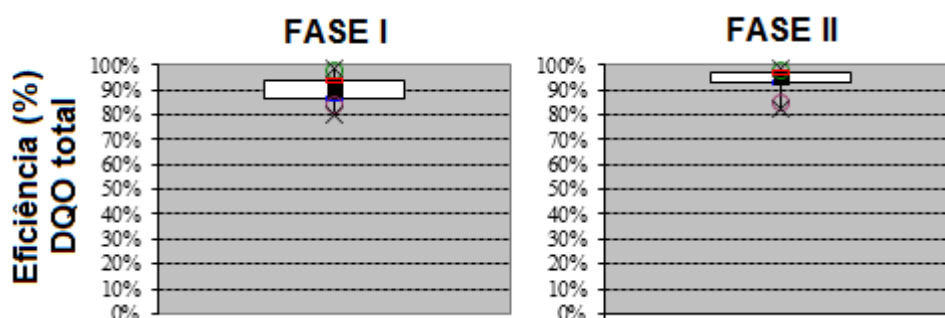


Figura 3: Box e Whiskers: Eficiência na remoção da DQO total nas Fases I, II e III.

#### Resultados da série nitrogenada no efluente final

Os valores médios das concentrações de NTK, de  $\text{NH}_3$  e de  $\text{NO}_3^-$ , no efluente final foram de  $5,9 \pm 2,9$ ,  $2,9 \pm 2,5$  e  $0,8 \pm 0,7$  mgN/L (Fase I), de  $4,3 \pm 2,1$ ,  $2,2 \pm 1,4$  e de  $6,5 \pm 1,4$  mgN/L (Fase II) e de  $4,6 \pm 2,5$ ,  $1,8 \pm 1,6$  e  $7,2 \pm 3,9$  mgN/L (Fase III), respectivamente. As concentrações de nitrogênio no efluente final após o tratamento foram consideravelmente baixas, em todas as fases do estudo, como podemos observar na Figura 4. Os resultados experimentais demonstram que a influência da baixa concentração de OD ( $0,3\text{--}0,8$  mgO<sub>2</sub>/L) no licor misto e as condições operacionais estabelecidas não foi limitante no desenvolvimento da nitrificação, ao contrário, essa faixa de OD garantiu uma nitrificação eficiente e estabilidade no processo de NDS. As concentrações de nitrito e nitrato no afluente e do nitrito no efluente final foram menores que 0,5 mgN/L, que, para todos os efeitos, foi desconsiderada. As médias das concentrações de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) no efluente final, foram consideravelmente baixas na Fase I (0,8 mgN/L) onde o sistema foi operado sob condições de tempo de retenção de sólidos elevado (40 dias) e relação (A/M) estimada em 0,050 gDBO/gSSV/d, quando o TRS é reduzido para 30 dias e 20 dias, Fase II e III, há um aumento na concentração do nitrato no efluente final, no entanto a concentração média foi menor que 10mgN/L em ambas as Fases. Quando realizamos o balanço de massa do material nitrogenado nas Fases I, II e III, podemos concluir que: (1) A nitrificação ocorreu com elevada eficiência no tanque de aerção em uma faixa estreita de oxigênio dissolvido ( $0,3\text{--}0,8$  mgO<sub>2</sub>/L); (2) Foi possível obter condições anóxicas no interior dos flocos e a ocorrência da desnitrificação na presença de baixas concentrações de oxigênio dissolvido (3) Ocorreu no tanque de aerção o desenvolvimento da nitrificação e desnitrificação simultânea (NDS).

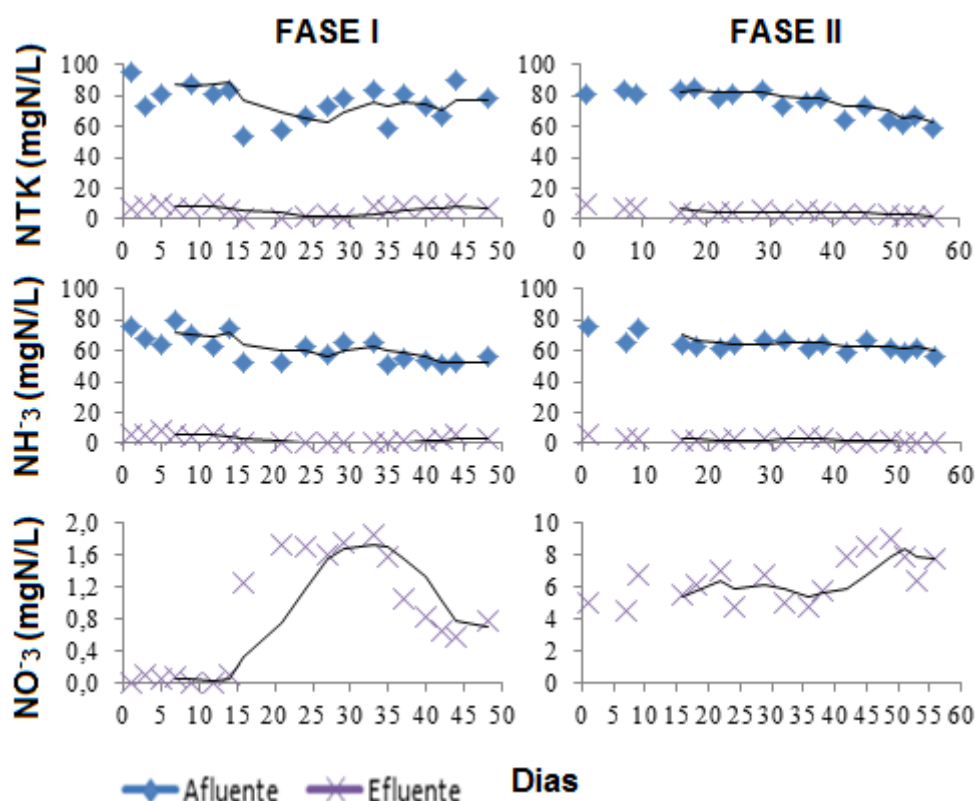


Figura 4: Série temporal com médias móveis de 4 termos: Concentração de NTK, NH<sub>3</sub> e NO<sub>3</sub> no afluente e efluente final após tratamento nas Fases I, II e III.

## CONCLUSÕES

Dentre os aspectos mais importantes que foram observados, destacam-se o desempenho alcançado pelo processo em termos de eficiências na remoção de matéria orgânicas e nitrogênio, bem como a estabilidade operacional resultante da aplicação desse processo.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

1. APHA, 2005. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 21 ed. American Public Health Association/American Water Works Association/Water Environment Federation, Washington, DC, USA.
2. YILMAZ, G.; LEMAIRE, R.; KELLER, J.; YUAN, Z. Simultaneous nitrification, denitrification, and phosphorus removal from nutrient-rich industrial wastewater using granular sludge. *Biotechnol. Bioeng.*, 100, p. 529–541, 2008.
3. KISHIDA, N.; TSUNEDA, S.; KIM, J.H.; SUDO, R. Simultaneous nitrogen and phosphorus removal from high-strength industrial wastewater using aerobic granular sludge. *J. Environ. Eng.*, 135, p. 153–158, 2009.
4. CHUANG, H.P.; OHASHI, A.; IMACHI, H.; TANDUKAR, M.; HARADA, H. Effective partial nitrification to nitrite by down-flow hanging sponge reactor under limited oxygen condition. *Water Research*. 41, p. 295-302, 2007.
5. YANG, S.F.; TAY, J.H.; LIU, Y. A novel granular sludge sequencing batch reactor for removal of organic and nitrogen from wastewater. *Journal of Biotechnology*. 106, p. 77-86, 2003.