



## CONTROLE DA NITRIFICAÇÃO E DESNITRIFICAÇÃO EM PARALELO VIA CONCENTRAÇÃO DE OXIGÊNIO EM REATOR OPERADO EM BATELADAS SEQUENCIAIS (RBS) EM ESCALA REAL PARA TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIOS

### Heike Hoffmann<sup>(1)</sup>

Microbióloga pela Universidade Greifswald/ Alemanha, Doutora em Ecologia pela Universidade Rostock/Alemanha, Pós-doutorado na UFSC (DAAD), Professora e Pesquisadora Visitante do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental do Centro Tecnológico/UFSC, bolsista CNPq, Rotária do Brasil Ltda.

### Felipe Castellani Thans

Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela UFSC, mestrando em Engenharia Ambiental da UFSC.

### Mark Jacobowitz Rae

Acadêmico do curso de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFSC.

### Christoph Platzer

Engenheiro Civil pelas Universidades Técnicas de Hannover e Munique (Alemanha), Doutor em Saneamento pela Universidade Técnica de Berlim, Alemanha; Rotária do Brasil Ltda., Florianópolis, SC, Brasil.

### Rejane Helena Ribeiro da Costa

Engenheira civil pela UFPB, Mestre em Hidráulica e Saneamento EESC-USP São Carlos, SP, Doutora pelo INSA-Toulouse, França. Pós-doutorado na Université Montpellier 1, França. Professora Titular do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental do Centro Tecnológico/UFSC.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rod. SC 401 - Km 9, nº 9680 – Santo Antônio de Lisboa - Florianópolis - SC - CEP: 88050-000 - Brasil - Tel: +55 (48) 3234-3164 - Fax: +55 (48) 3234-3164 - e-mail heike@rotaria.net.

### RESUMO

Apresenta-se o estudo do tratamento biológico de efluente sanitário em um reator de lodo ativado em batelada seqüencial (RBS) na escala real (11/2005: 2.600 hab.), a fim de alcançar a nitrificação e desnitrificação na mesma fase em paralelo, realizada por limitação de oxigênio. O reator é automatizado e tem um volume máximo de enchimento de 840 m<sup>3</sup> e um nível mínimo de 590 m<sup>3</sup>, possibilitando assim o tratamento de 250 m<sup>3</sup> de esgoto por ciclo. Foi instalada uma sonda on-line de oxigênio (NIVUS) dentro de reator na profundidade de 1,5 m. Com o objetivo de determinar a concentração mínima de oxigênio necessário para manter a nitrificação continuamente e a concentração máxima de oxigênio necessário para garantir a desnitrificação em paralelo foram realizadas 4 fases de ensaios. Durante as primeiras duas fases o RBS operou com 3 ciclos por dia (ciclo de 8h), uma vez a concentração de oxigênio se manteve entre 0,6 e 1,0 mg O<sub>2</sub>/ L durante todo ciclo, outra vez continuamente abaixo de 0,6 mg O<sub>2</sub>/ L. Durante as últimas duas fases o RBS operou com 2 ciclos por dia (ciclo de 12 h), primeiro com concentração de oxigênio abaixo de 0,6 mg O<sub>2</sub>/ L, aumentando uma vez por dia (cada segundo ciclo) até 2 mg/L por aproximadamente **uma hora** e segundo mantendo-se entre 0,6 e 1,0 mg O<sub>2</sub>/ L. O monitoramento foi realizado através de análises físico-químicas do meio líquido e observações microscópicas dos flocos do lodo ativado. Durante todas as fases o tratamento apresentou eficiências relativamente estáveis da remoção de DQO total entre 80-90% e 90-95% de remoção para DBOs. Entretanto, a nitrificação variou, foi melhor nas 1ª e 4ª fases (94% e 96%), na 3ª fase ficou com 89% e na 2ª fase com concentrações de oxigênio < 0,6 mg O<sub>2</sub>/ L a nitrificação somente chegou 63%. Nesta fase também a microscopia e a análise de IVL comprovaram problemas mais sérios de formação e sedimentação de flocos de lodo ativado. A desnitrificação nesta fase foi a mais eficiente, com 95%, nas 1ª e 3ª fases ficou em 87% e 72% respectivamente e na 4ª fase, com elevadas concentrações de oxigênio, só alcançou 55%. O pior resultado da remoção de Nitrogênio (nitrificação+desnitrificação) foi na 4ª fase (53%) onde as altas concentrações de oxigênio evitaram a remoção do nitrato formado pela nitrificação eficiente, que provocou também a redução da alcalinidade, consequentemente causando problemas de formação de flocos de lodo ativado. A remoção mais alta de nitrogênio foi de 77% na 3ª fase, onde pela microscopia também se observaram as melhores condições operacionais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Esgoto Sanitário, RBS, Limitação de oxigênio, Nitrificação, Desnitrificação.

### INTRODUÇÃO

Em geral, as fases de nitrificação e desnitrificação durante o ciclo de um RBS funcionam através de um tempo determinado, controlado pela automação. Como exemplo, cada ciclo começa com uma hora de enchimento ou alimentação e que acontece durante a fase da desnitrificação, a qual sempre é seguida por uma fase de nitrificação, com uma hora, por exemplo, durante a qual a aeração é ligada (Hoffmann et. al 2005). **Não é considerado se o processo da nitrificação se completou ou talvez se já completou muito antes deste tempo fixo e foi gasta energia para a aeração sem necessidade para o processo de tratamento.**



O controle da duração das fases aeróbias/anóxicas em reatores em bateladas seqüenciais (RBS) operados via concentração de oxigênio on-line permite aeração mais econômica, flexível e adaptada às necessidades atuais do sistema de tratamento. Para essa regulação é necessária uma sonda de oxigênio instalada on-line dentro do reator, a qual deve ser conectada à automação. Quando a concentração de oxigênio no tanque RBS ultrapassa um valor definido, alto e que significa o final de gasto de oxigênio para os processos aeróbios de degradação, a automação desliga a aeração e o reator entra na fase de desnitrificação. Quando os microorganismos consomem com mais intensidade, no caso de vazão alta ou elevada concentração de esgoto, há um consumo grande de oxigênio, sua concentração se mantém baixa e como resultado a aeração fica mais tempo ligada. Finalmente, no caso de baixa vazão os aeradores ficam mais tempo desligados, garantindo assim uma alta eficiência de processos autotróficos (nitrificação) e heterotróficos (desnitrificação) com economia de energia.

A pesquisa apresentada já incluiu um passo adicional e que já foi citado por Pochana e Keller em 1999: dois processos, da nitrificação e desnitrificação, funcionando simultâneos e no mesmo tanque. Neste caso, as fases aeróbias e anóxicas não foram mais divididas. Em consequência, o esgoto bruto não entra mais pelas fases ou tempos, pois agora pode entrar continuamente, sendo somente interrompido na decantação e na retirada. Pela medida on-line a concentração de oxigênio era mantida dentro de limite distinto, que garantia a nitrificação e ao mesmo tempo a desnitrificação. Como objetivo desta pesquisa foi realizada a determinação dos limites de concentrações necessárias de oxigênio para manter todos os processos de degradação aeróbia com máxima eficiência e baixas concentrações de DBO<sub>5</sub>, DQO e Nitrogênio<sub>total</sub> (Amônio-N mais Nitrato-N) no efluente final, bem como em uma operação segura e estável, que se mostra, através de microscopia, na boa formação de flocos de lodo ativado e nas boas condições de sua decantação (VL/IVL).

## METODOLOGIA UTILIZADA

Foi utilizado um reator de lodos ativados em escala real, dimensionado para aeração prolongada e operado em bateladas seqüenciais. A ETE foi projetada com 2 reatores, cada um com a capacidade para tratar o esgoto de 3.400 habitantes. Durante a fase de pesquisa foi calculado o atendimento atual de 2.633 habitantes, os quais produziram 150L de esgoto por dia cada, totalizando 395 m<sup>3</sup>/d, sendo suficiente a operação de somente um reator. Todas as residências atendidas têm seus próprios tanques anaeróbios, sendo que os efluentes são coletados numa rede tipo condominial com quatro elevatórias automatizadas. Cada reator (Figura 1) tem um volume máximo de enchimento de 840 m<sup>3</sup> e um nível mínimo de 590 m<sup>3</sup>, ou seja, por ciclo podem ser tratados por reator até 250 m<sup>3</sup> de esgoto. A operação é automatizada possibilitando operar em números diferentes de ciclos por dia.



Figura 1 - ETE com dois reatores RBS

A aeração e a mistura de lodo no reator são realizadas com dois aeradores de tipo Weatherford (MO-15), localizados no fundo de cada tanque. Para a pesquisa, foi instalada uma sonda na profundidade de 1,5 m do reator RBS e que efetua medições *on-line* de oxigênio (marca Nivus). As concentrações de oxigênio foram medidas a cada minuto, sendo registradas e monitoradas à distância. Para garantir a ocorrência dos processos de nitrificação e desnitrificação em paralelo, o reator operou durante as fases biológicas continuamente com



baixa concentração de oxigênio, ou seja, sem fases separadas (aeróbia e anóxica), como reportado por Pochana & Keller (1999) no sistema SND (simultaneous nitrification and denitrification). Para definir os limites da oxigenação foram analisadas 4 fases experimentais diferentes, caracterizadas na Tabela 1.

**Tabela 1 - Dados operacionais das 4 fases na operação do reator RBS**

DADOS OPERACIONAIS	UNIDADE	FASE 1	FASE 2	FASE 3	FASE 4
Tempo de estudo	dias	28	21	45	28
Número de ciclos por dia	-	3 x 8h	3 x 8 h	2 x 12 h	2 x 12 h
Concentração O <sub>2</sub> durante a fase biológica	mg O <sub>2</sub> / L	> 0,6 < 1,0	> 0,1 < 0,6 L	< 0,1 < 0,6 + uma vez/ d > 2 ,0	> 0,6 < 2,0

As amostras do afluente e do efluente final foram coletadas duas vezes por semana, sendo medidos Alcalinidade total, DQO, DBO<sub>5</sub>, SS, NTK, segundo o *Standard Methods* (1998); e utilizando métodos colorimétricos (Kits Merck) foram analisados: NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N, NO<sub>2</sub>-N. Para controlar os efeitos da baixa concentração de oxigênio nos flocos de lodos ativados e o desenvolvimento de bactérias e protozoários, efetuou-se análise de microscopia ótica qualitativa (JENKINS et al., 1993) e análise do Índice Volumétrico de Lodo (IVL) que foram feitos uma vez por semana.

No cálculo das eficiências médias, mostrado na equação (1), considerou-se, no caso da nitrificação, a redução do Amônio-N (obtido pelo NTK) entre o efluente de entrada e o tratado. Neste caso a concentração (ou carga) de Amônio-N (NTK) da entrada corresponde a 100%, o Amônio-N (NTK) que continua no efluente final, corresponde a x%, e assim a eficiência da nitrificação corresponde à diferença entre os dois valores da forma:

$$\text{Eficiência}_{\text{nitrificação}} = 100\% - (100\% \cdot \text{NH}_4\text{-N}_{\text{saída}} / \text{NH}_4\text{-N}_{\text{entrada}}) \quad \text{equação (1)}$$

No caso da desnitrificação, todo amônio que desapareceu no reator foi nitrificado a Nitrato-N, porém reatores com fases anóxicas têm um segundo processo, a desnitrificação, que é responsável pela transformação do Nitrato-N para a forma de gás N<sub>2</sub>. Enfim, a eficiência de desnitrificação (equação 2) relaciona a porcentagem de Nitrato-N que não aparece mais na saída com aquele que realmente foi formado dentro de reator pelo processo da nitrificação. Neste caso somente a concentração (ou carga) de Amônio (NTK) que faltou entre entrada e saída, foi nitrificado até Nitrato (Nitrito)-N e conseqüentemente corresponde a 100%. Já o Nitrato (+Nitrito) -N que aparece no efluente final, corresponde como x%, assim a eficiência da desnitrificação corresponde com a diferença entre 100% - x%:

$$\text{Eficiência}_{\text{desnitrificação}} = 100\% - (100\% \times (\text{NO}_3 + \text{NO}_2)\text{-N}_{\text{saída}} / (\text{NH}_4\text{-N}_{\text{entrada}} - \text{NH}_4\text{-N}_{\text{saída}})) \quad \text{equação (2)}$$

Finalmente, para o cálculo da eficiência na eliminação de nitrogênio (equação 3), o Nitrogênio (Amônio ou NTK) de entrada corresponde com 100%, todo Nitrogênio de saída (efluente final) corresponde como x% e por fim a eficiência de eliminação de Nitrogênio corresponde com a diferença entre 100% - x%:

$$\text{Eficiência}_{\text{eliminação de Nitrogênio}} = 100\% - (100\% \times (\text{NH}_4 + \text{NO}_3 + \text{NO}_2)\text{-N}_{\text{saída}} / (\text{NH}_4\text{-N}_{\text{entrada}})) \quad \text{equação (3)}$$



**RESULTADOS OBTIDOS**

A Tabela 2 apresenta os valores obtidos nas análises do efluente bruto e do efluente tratado nas quatro fases da pesquisa apresentadas a Tabela 1.

**Tabela 2 - Valores médios de concentrações de afluente e efluente por fase da operação**

PARÂ-METRO	UNI-DADE	FASE 1		FASE 2		FASE 3		FASE 4	
		Entrada	Saída	Entrada	Saída	Entrada	Saída	Entrada	Saída
DQO	mg/L	354	28	403	84	348	62	361	69
DBO <sub>5</sub>	mg/L	181	12	218	22	169	11	130	8
NTK	mg/L	73,1	4,1	63,5	23,5	57,0	6,1	53,7	1,9
NH <sub>4</sub> -N	mg/L	47,2	3,9	50,2	20,8	48,0	4,6	46,1	1,5
NO <sub>3</sub> -N	mg/L	--	18,8	--	1,1	--	6,6	--	23,0
NO <sub>2</sub> -N	mg/L	--	0,5	--	1,1	--	0,4	--	0,2
Alca-linidade	mg/L	255	71	263	189	250	85	247	57

As figuras 2 e 3 mostram as concentrações de DQO, DBO, IVL e compostos de nitrogênio, respectivamente, no efluente final do RBS com fases de baixa oxigenação. A Tabela 3 apresenta as eficiências médias calculadas em cada fase.

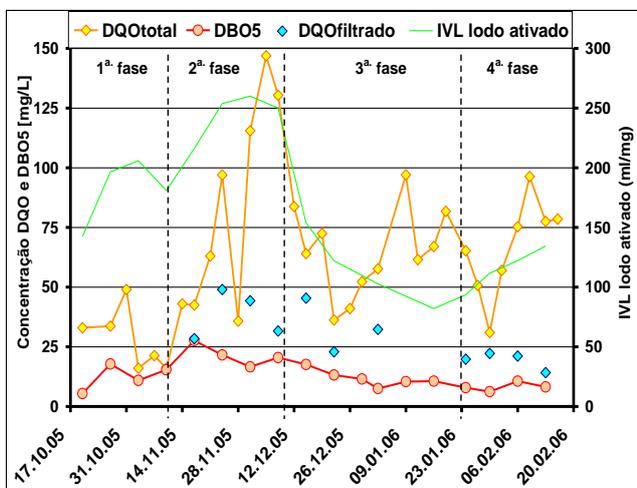


Figura 2 - RBS efluente: DQO<sub>total</sub>, DQO<sub>fit</sub> e DBO<sub>5</sub>

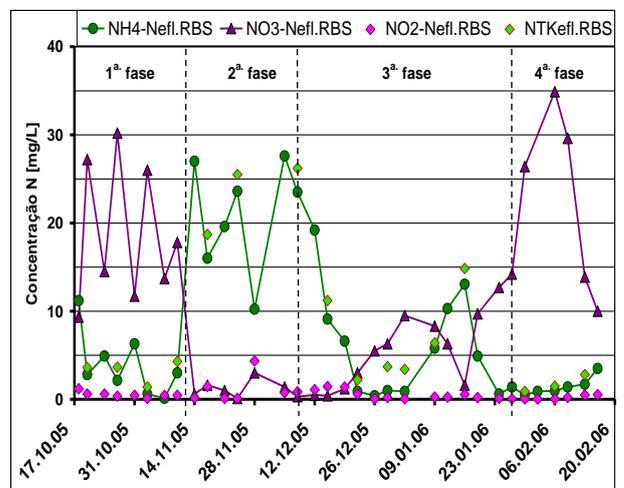


Figura 3 - RBS efluente: NTK, NH<sub>4</sub>- NO<sub>2</sub>- NO<sub>3</sub>-N

**Tabela 3 - Eficiências médias de processos biológicos por fase da operação.**

	FASE 1	FASE 2	FASE 3	FASE 4
Remoção DQO	92 %	79 %	82 %	81 %
Remoção DBO <sub>5</sub>	93 %	90 %	93 %	94 %
Nitrificação (NTK)	94 %	63 %	89 %	96 %
Desnitrificação	72 %	95 %	86 %	55 %
Remoção N <sub>Total</sub>	68 %	60 %	77 %	53 %

Durante a **1ª. fase** o reator funcionou em 3 ciclos por dia, de 8 horas cada um. Durante este tempo, a concentração de O<sub>2</sub> no reator se manteve entre 0,6 e 1,0 mg/L, que corresponde com a faixa ideal para a nitrificação e desnitrificação em paralelo (POCHANA & KELLER, 1999). Observou-se uma ótima remoção de DQO/DBO<sub>5</sub> acima de 90% e também uma nitrificação de 94% (Tabela 3). Mesmo que as concentrações de Nitrato no efluente final fossem elevadas (Figura 3 e Tabela 2), a eficiência da desnitrificação foi de 72%. Neste caso, a relação entre NTK e DQO no esgoto bruto foi o fator limitante (< 5:1, Tabela 2) para uma remoção melhor de Nitrogênio, ou seja, por causa das altas concentrações de NTK que foram nitrificadas quase totalmente, faltou matéria orgânica para completar o processo heterotrófico da desnitrificação. A perda



de alcalinidade (Tabela 2) é o resultado desta nitrificação forte, seguido por desnitrificação incompleta. Uma perda maior pode provocar problemas de formação de flocos de lodo ativado. Mas a microscopia ótica (Figura 4) ainda mostrou indicadores para operação relativamente estável, com protozoários como *Tecamebas* e *Vorticellas*, que significam suficiente oxigênio, e poucas *bactérias filamentosas*. Às vezes apareceu a bactéria filamentosa *Nocardia*, que pode provocar problemas com decantação (JENKINS et. al., 1993). O índice volumétrico de lodo (Figura 2) ficou elevado, mas não apareceram problemas com lodo intumescido no reator.

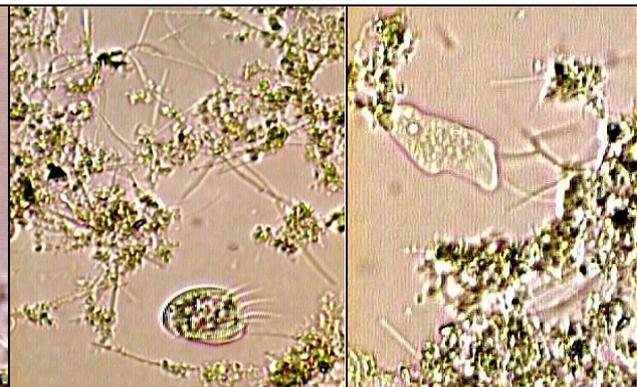
A **2ª. fase** continuou com ciclos de 8 horas, mas para aumentar a eficiência do processo anóxico, as concentrações de oxigênio foram reduzidas, ficando entre 0,1 e 0,6 mg/L. Como resultado, a remoção de DBO<sub>5</sub> ainda ficou em 90%, mas caiu a eficiência da remoção de DQO para 79%, como também da nitrificação para 65% (Tabela 3) e no efluente final saíram concentrações acima de 20 mg NH<sub>4</sub>-N/L (Figura 3, Tabela 2). Uma pequena concentração de Nitrato apareceu na saída, assim a eficiência da desnitrificação foi alta (95%, Tabela 3), porém a eficiência de remoção de nitrogênio total somente chegou a 60%. Nesse caso a baixa nitrificação limitou a remoção de Nitrogênio pela falta de Nitrato. A insuficiente nitrificação também causou a fraca queda da alcalinidade (Tabela 2). As concentrações elevadas de DQO (Figura 2) na saída (Tabela 2) foram causadas pela insuficiente degradação, devido à falta oxigênio e nitrato para o processo e também devido ao lodo intumescido e escumas, que se formaram e por vezes prejudicaram a qualidade do efluente final. Como mostra a Figura 2, o IVL subiu durante esta fase de 200 a 250 mL/mg. Também a microscopia ótica (Figura 5) mostrou flocos mal estruturados, pequenos e conectados por bactérias filamentosas, as quais apareceram com grande frequência, provocando lodo intumescido e escumas (JENKINS et. al., 1993). Muitos protozoários desapareceram como as *Tecamebas*, outros formaram cistos, como *Vorticella*, indicando assim situações instáveis de operação. Somente continuaram em números reduzidos protozoários mais resistentes, como *Epistylis* e *Aspidisca* e apareceram *Flagelados* em números elevados.

Na **3ª. fase** o ciclo foi mudado para 12 horas, ou seja 2 ciclos por dia, com a mesma faixa de oxigenação como na 2ª. fase, mas com um aumento na concentração de oxigênio durante o ciclo da noite por 45-60 minutos. Isso se mostrou suficiente para melhorar a eficiência dos processos. Exemplo disto foi o aumento da nitrificação, que chegou a 89% em média (Tabela 3), com concentrações de saída no máximo de 13 mg NH<sub>4</sub>-N/L (Figura 3) e em média abaixo de 5 mg/L NH<sub>4</sub>-N e 6,1 mg/L NTK (Tabela 2). Mas também a desnitrificação teve uma eficiência muito alta de 86% e conseqüentemente as concentrações de Nitrato e Nitrito foram baixas, em média de 6,6 mg NO<sub>3</sub>-N/L e 0,4 NO<sub>2</sub>-N/L (Tabela 2). Mesmo com nitrificação eficiente, resultou em um efluente final com alcalinidade de 85 mg CaCO<sub>3</sub>/L (Tabela 2), bem acima de valor crítico (< 60 mg CaCO<sub>3</sub>/L, Hoffmann et al., 2007) e foi causada pela boa desnitrificação. As remoções de DQO, e especialmente de DBO<sub>5</sub>, melhoraram significativamente, foram de 82 e 93%, (Tabela 3) respectivamente, com baixas concentrações no efluente final (Figura 2 e Tabela 2), valores típicos para um tratamento aeróbio de boa eficiência. Ainda houve diminuição no valor de IVL para 110 mL/g (Figura 2) em média, com ótima decantabilidade e desaparecimento das escumas. A microscopia ótica (Figura 6) comprovou as melhores condições do lodo ativado. A maioria das bactérias filamentosas, que anteriormente dominavam o lodo, desapareceu. Os flocos ficaram mais compactos e pesados, e os protozoários se desenvolveram novamente em grande variedade, como *Vorticella*, *Aspidisca*, *Epistylis*, *Lynceus* e *Amphileptus*, importantes para a filtração dada fase líquida e o controle de tamanho dos flocos (JENKINS et. al., 1993).

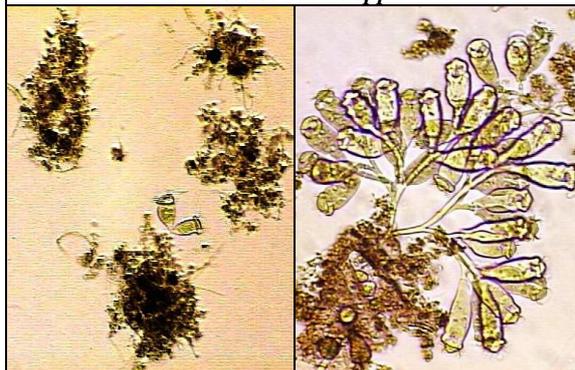
A **4ª. fase** continuou com 2 ciclos de 12 horas por dia. Como as concentrações de DBO<sub>5</sub> e NTK no afluente eram muito mais baixas, o consumo de oxigênio diminuiu e a concentração de oxigênio subiu. Por causa disso, a eficiência da nitrificação aumentou até 96% em médio (Tabela 3), com concentrações de amônio no efluente final abaixo de 2 mg/L (Figura 3 e Tabela 2). As eficiências de remoção de DBO<sub>5</sub> e DQO ficaram em 94% e 81% respectivamente (Tabela 3) com concentrações médias de 69 mg DQO/ L e de 8 mg DBO<sub>5</sub>/ L (Tabela 2) no efluente final (Figura 2). Nesta fase as concentrações de Nitrato foram mais elevadas (Figura 3, Tabela 2) e a eficiência da desnitrificação caiu para 55%. A desnitrificação não foi mais limitada pela falta de DBO<sub>5</sub> (ou excesso de NTK) como na 1ª fase, tampouco pela falta de Nitrato como na 2ª fase, mas sim foi limitada pelo excesso de oxigênio. O resultado desta nitrificação, sem suficiente desnitrificação, foi a queda de alcalinidade abaixo de 60 mg CaCO<sub>3</sub>/L, que exigiu adição de cal em maior quantidade. Também o IVL cresceu durante esta 4ª fase de 110 a 123 mL/mg (Figura 2). Porém não foi provocado pelo crescimento de bactérias filamentosas, que praticamente estiveram ausentes, como mostra a microscopia (figura 7). No seu lugar, apareceram fungos filamentosos, que indicam baixos valores de pH, e o indicador mais sério para baixa alcalinidade foi a pouca resistência dos flocos às influências mecânicas. Os protozoários ainda continuaram porque o pH foi controlado com dosagem contínua de cal. Sem essa prevenção, os flocos se destruíam rapidamente, não decantavam e saíam com o efluente final, que nesse caso apresentou alta turbidez (HOFFMANN et. al, 2007).



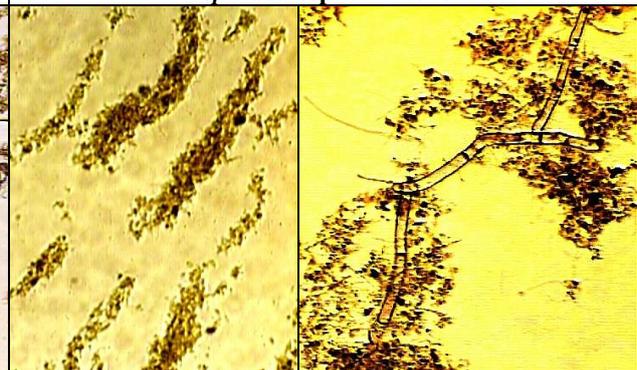
**Figura 4 - Microscopia da 1ª fase.** Vários protozoários indicam condições estáveis, como p.ex. a Tecameba *Arcella ssp* e o Ciliado fixo *Vorticella spp.*



**Figura 5 - Microscopia da 2ª fase.** Falta de  $O_2$ , Bactérias filamentosas cresceram, a maioria dos protozoários desapareceu, sobreviveram alguns *Aspidisca ssp.* e *Amebas.*



**Figura 6 - Microscopia da 3ª fase.** Reformação de flocos, muitos Ciliados, p.ex. *Vorticella ssp* e *Epistylis* entre outros, indicadores de melhor operação



**Figura 7 - Microscopia da 4ª fase.** Baixa alcalinidade, flocos pouco resistentes, aparecimento de *fungos* filamentosos, a maioria dos protozoários continuaram (cal).

## CONCLUSÕES

Para as condições operacionais testadas, os resultados mostraram que é possível manter os processos da nitrificação e desnitrificação em paralelo no mesmo tanque de RBS, durante o esgoto entra continuamente. A aeração necessária pode ser controlada por sonda de oxigênio *on-line*.

Para concentrações de oxigênio continuamente abaixo de  $0,6 \text{ mg } O_2/L$ , a formação e a estrutura de flocos de lodo ativado foram afetadas negativamente assim como a eficiência do processo aeróbio. O aumento da concentração de oxigênio acima de  $0,6 \text{ mg } O_2/L$  favoreceu o processo aeróbio, mas por outro lado diminuiu a eficiência da desnitrificação, podendo provocar problemas adicionais de operação em caso de esgoto de baixa alcalinidade.

Com concentrações de oxigênio permanentemente entre  $0,6$  e  $1,0 \text{ mg } O_2/L$  ou com concentrações abaixo de  $0,6 \text{ mg } O_2/L$  e um pico por dia de concentração de oxigênio no reator, observou-se a melhor eficiência de tratamento. A microscopia ótica e a decantabilidade do lodo comprovaram uma estabilidade operacional do reator nestes casos.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. JENKINS, D.; RICHARD, M.G.; DAIGGER, G.T.: Manual on the Causes and Control of Activated Sludge Bulking and Foaming. 2 ed. Chelsea, Michigan 193 p. Lewis Publishers, Inc., 1993.
2. HOFFMANN, H., WOLFF, D., PLATZER, CHR.; COSTA, R. H. The potential of denitrification for the stabilization of activated sludge processes affected by low alkalinity problems *Brazilian Archives of Biology and Technology*, TECPAR (2006 artigo submetido).
3. HOFFMANN, H., WEITZ, J., COSTA, T.B., WOLFF, D., COSTA, R.H.R. Avaliação da Nitrificação e Desnitrificação em um Reator Seqüencial por Batelada como Processo Descentralizado para Tratamento de Esgoto Sanitário. XXIX Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (AIDIS), Puerto Rico, 2004.
4. POCHANA K.; KELLER J. Study of factors affecting simultaneous nitrification and denitrification (SND) *Water Science and Technology*, Volume 39, Number 6, , pp. 61-68(8), March 1999.
5. STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, 20<sup>th</sup> Ed, American Public Health Association/American Works Association/Water Environment Federation. Washington DC, USA, 1998.