



III-374 - AVALIAÇÃO DAS TAXAS DE CONSUMO DE OXIGÊNIO (TCO) EM REATOR AERÓBIO DE NITRIFICAÇÃO DE LIXIVIADO DE ATERRO SANITÁRIO

Audinil Maringonda Junior⁽¹⁾

Engenheiro Civil pela Universidade Estadual de Londrina, mestrando do programa de pós-graduação de Engenharia de Edificações e Saneamento da Universidade Estadual de Londrina.

Basílio Yamasaki

Aluno do Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Londrina.

Deize Dias Lopes

Engenheira Civil pela Universidade Federal de Santa Maria, mestre e doutora em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos - USP. Professora Adjunta do Centro de Tecnologia e Urbanismo da Universidade Estadual de Londrina

Endereço⁽¹⁾: Rua Estilac Leal, 346 – Centro - Rolândia – PR - CEP: 86600-000 - Brasil - Tel: (43) 3256-3651 - e-mail: audinilm@uol.com.br.

RESUMO

Os lixiviados de aterros sanitários apresentam composição variada e complexa, com elevada concentração de matéria orgânica e nitrogênio, além de outros poluentes. O processo biológico de nitrificação/desnitrificação é referido como o método mais econômico e efetivo para remoção de nitrogênio. Mas deve-se observar que o processo de nitrificação é muito sensível às condições ambientais, como: concentração do substrato, temperatura, oxigênio, pH e substâncias tóxicas. Um parâmetro utilizado no controle de sistemas de lodos ativados é a taxa de consumo de oxigênio (TCO), uma vez que a TCO pode ser utilizada como indicativo da biodegradabilidade do afluente, bem como da atividade biológica do sistema. Por isso variações na TCO podem indicar mudança nas condições operacionais ou ambientais. Este trabalho teve por objetivo determinar as taxas de consumo de oxigênio (TCO), como parâmetro indicativo da atividade do lodo (biomassa), para as diferentes condições operacionais, isto é diferentes TDHs e razões de recirculação (Ri- recirculação interna, Re- recirculação externa). As TCO foram determinadas com e sem inibidor de nitrificação para permitir quantificar o consumo de oxigênio para remoção carbonácea e para a nitrificação em função das cargas aplicadas. As TCO foram efetivas na indicação da atividade da biomassa e apresentaram-se compatíveis com os resultados dos parâmetros físico-químicos de monitoramento, porém as TCO específicas foram mascaradas pelas variações das concentrações de SSV e por isso não foram, neste caso, condizentes com a performance do sistema.

PALAVRAS-CHAVE: Lixiviado, Aterro sanitário, Taxa de consumo de Oxigênio, Lodo ativado.

INTRODUÇÃO

A produção e o gerenciamento dos líquidos percolados são os maiores problemas associados com a operação adequada de aterros sanitários, pois os mesmos apresentam composição variada e complexa, com a presença de diversos poluentes que podem causar consideráveis problemas de poluição do solo e das águas subterrâneas e superficiais. O nitrogênio, que em geral aparece em elevadas concentrações no percolado de aterros, é citado por diversos pesquisadores como um dos responsáveis pela toxicidade desse efluente (Silva, 2002).

O processo biológico de nitrificação/desnitrificação é referido como o método mais econômico e efetivo para remoção de nitrogênio. ILIES e MAVINIC¹ (2001) citado por Silva (2002) obtiveram, utilizando o processo biológico de nitrificação/desnitrificação, remoção de 50% de nitrogênio quando tratando lixiviado com concentrações de N-amoniaco da ordem de 2200mg/L.

O processo biológico de nitrificação é muito sensível às condições ambientais como: concentração do substrato, temperatura, oxigênio, pH e substâncias tóxicas. Além disso, deve-se considerar os parâmetros

¹ ILIES, P.; MAVINIC, D.S. The effect of decreased ambient temperature on the biological nitrification and denitrification of a high ammonia landfill leachate. *Water Research*, vol. 35, pp. 2065–2072, 2001.

operacionais, como idade do lodo e tempo de detenção hidráulica, como fatores importantes no desempenho de um sistema de nitrificação.

Em processos aeróbios os microrganismos utilizam oxigênio para seu desenvolvimento, cuja velocidade do consumo de oxigênio é denominada taxa de consumo de oxigênio (TCO). Esse parâmetro pode ser utilizado no controle de sistemas de lodos ativados, tanto para determinação da biodegradabilidade dos afluentes como para avaliação da atividade biológica do sistema em função de outras variáveis operacionais.

Tendo em vista que a TCO é um parâmetro de fácil determinação experimental e permite obter importantes indicações sobre as características da biomassa, fornecendo informações sobre a atividade dos organismos heterótrofos e autótrofos, em função dos substratos presentes e das condições operacionais. Neste trabalho a TCO foi utilizada para monitorar o efeito das diferentes condições de operação do sistema, mudanças no TDH e na taxa de recirculação interna, e compará-las com os resultados dos parâmetros físico-químicos utilizados no monitoramento do sistema de lodos ativados.

MATERIAIS E MÉTODOS

A instalação experimental, em escala piloto, era composta por reator anóxico (27L), reator aeróbio (27L) e decantador (19,6L), conforme esquema mostrado na Figura 1. Os reatores foram construídos em PVC, com diâmetro de 250 mm e altura útil de 550 mm.

O reator aeróbio era alimentado com o efluente do reator anóxico. Este reator possuía sistema automático de controle de pH. O reator recebia o afluente bruto (lixiviado), além das recirculações externas (recirculação do lodo) e interna (recirculação do efluente nitrificado).

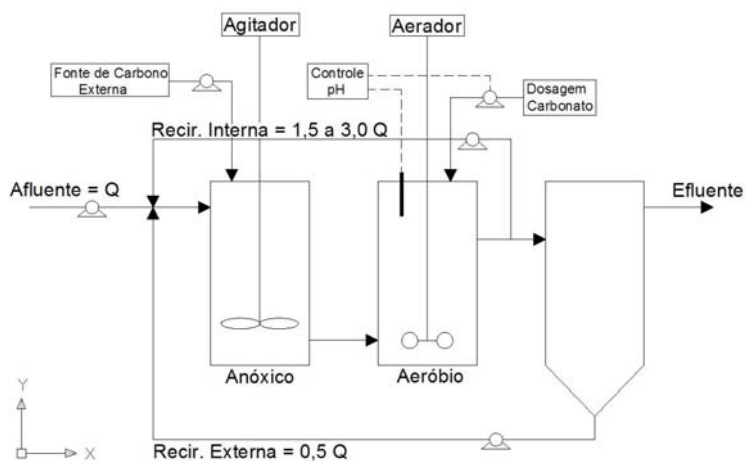


Figura 1 - Esquema do Sistema Experimental Piloto

As principais condições de operação do sistema são apresentadas de forma resumida na Tabela 1. O sistema foi alimentado com lixiviado “in natura” proveniente do aterro controlado da cidade de Londrina. Os parâmetros monitorados no sistema, além da taxa de consumo de oxigênio, são apresentados resumidamente na Tabela 2.

Tabela 1 – Etapas e parâmetros operacionais do sistema.

Fase	TDH (dias)	Recirculação interna (Ri)	Recirculação externa (Re)	Tempo de operação (dias)
I	20	Não	Sim	118
II	10/15	Não	Sim	23
III	13	Não	Sim	53
IV	13	Sim	Sim	31



Tabela 2 – Principais parâmetros a serem monitorados no sistema.

Parâmetros	Afluente (lixiviado)	reator. anóxico	reator aeróbio	Efl. final
pH	Diário	diário	diário	diário
Alcalinidade	3x/sem.	3x/sem.	3x/sem.	3x/sem.
OD		diário	diário	
DQO _{total}	2x/sem.			2x/sem.
DQO _{Filtrada}	2x/sem.	1x/sem.		2x/sem.
DBO	2x/mês			2x/mês
SS (SSV e SSF)	2x/sem.	2x/sem.	2x/sem.	2x/sem.
ST (STV e STF)	1x/sem.			1x/sem.
SD ₃₀ (IVL)			1x/sem.	
NKT	1x/sem.			1x/sem.
N-amoniaco	2x/sem.	2x/sem.	2x/sem.	2x/sem.
Nitrito	2x/sem.	2x/sem.	2x/sem.	2x/sem.
Nitrato	2x/sem.	2x/sem.	2x/sem.	2x/sem.
Fósforo total	1x/sem.			1x/sem.

Determinação da taxa de consumo de oxigênio (TCO)

A TCO foi determinada em períodos alternados com o objetivo de detectar qualquer alteração no processo, mesmo sem mudança das condições operacionais. Para a determinação da TCO procedeu-se como descrito abaixo:

- calibração o aparelho medidor de oxigênio dissolvido;
- retirada da amostra do tanque de aeração, após era medida a temperatura e determinada a concentração de sólidos em suspensão voláteis;
- no restante da amostra era borbulhado ar, de forma a aumentar a concentração de oxigênio dissolvido;
- colocava-se a amostra em um frasco de DBO e imediatamente conectava-se a sonda de DBO e ligava-se o agitador conectada a mesma para auxiliar na homogeneização do conteúdo do frasco;
- acionava-se o cronômetro e registrava-se o OD em intervalos de tempo inferiores a um minuto;
- registrava-se os dados até que o valor de OD atingisse valores da ordem de 1 mg/l.
- Com os resultados de OD em função do tempo eram construídos gráficos, colocando-se no eixo das abscissas o tempo e no eixo das ordenadas o consumo de OD. Para a curva de consumo de OD determinava-se a equação da reta para o trecho de maior declividade. O coeficiente angular corresponde a TCO, em mg/L.min..
- para obtenção da taxa de utilização específica de oxigênio ($TCO_{esp.}$) divide-se a TCO pela concentração de SSV do sistema.

Observa-se que para determinação do consumo de OD para degradação da matéria carbonácea e para nitrificação, separados, adicionava-se inibidor de nitrificação, no caso TCMP (Hach), ao conteúdo dos frascos do ensaio.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Figura 2 a 6 são apresentados os resultados as curvas obtidas nos testes de determinação das TCO, sem e com inibidor de nitrificação e na Tabela 3 são apresentadas as TCO e TCO específica dos testes realizados

Os resultados dos parâmetros físico-químicos de monitoramento do sistema de lodo ativado nos dias dos testes bem como as TCO e TCO específicas são apresentadas nas Figuras 7 a 10. .

Observando as curvas de variação de oxigênio em função do tempo obtidas nos ensaios contata-se que o uso do inibidor de nitrificação, no caso TCMP (Hach), não teve influência no teste quando se compara os resultados obtidos sem e com a presença do inibidor. O inibidor de nitrificação nos ensaios para determinação

da TCO tem por objetivo permitir quantificar separadamente o consumo de oxigênio para oxidação da matéria orgânica daquele utilizado para a oxidação do nitrogênio.

É possível que o tempo de contato do inibidor com a biomassa não tenha sido suficiente para reduzir a atividade biológica, uma vez que o tempo de duração dos ensaios raramente ultrapassava 60 minutos.

No caso dos testes de consumo de oxigênio realizados neste trabalho deve-se salientar que provavelmente todo o consumo de oxigênio foi devido a oxidação do N-amoniaco ou do nitrito, uma vez que a matéria orgânica efluente do sistema aeróbio era igual a concentração afluyente, em termos de DQO. Praticamente toda a remoção de DQO do sistema ocorreu no reator anóxico, cujo efluente é o afluyente do aeróbio.

No reator aeróbio a remoção de DQO filtrada foi de 9, 3 e 5%, respectivamente nas Fases I, II e IV. Ao passo que a remoção de N-amoniaco, exceto na Fase II, foi superior a 95%, portanto considerando as elevadas concentrações de N-amoniaco afluyente ao sistema, pode-se concluir que o consumo de oxigênio neste foi devido a oxidação do nitrogênio.

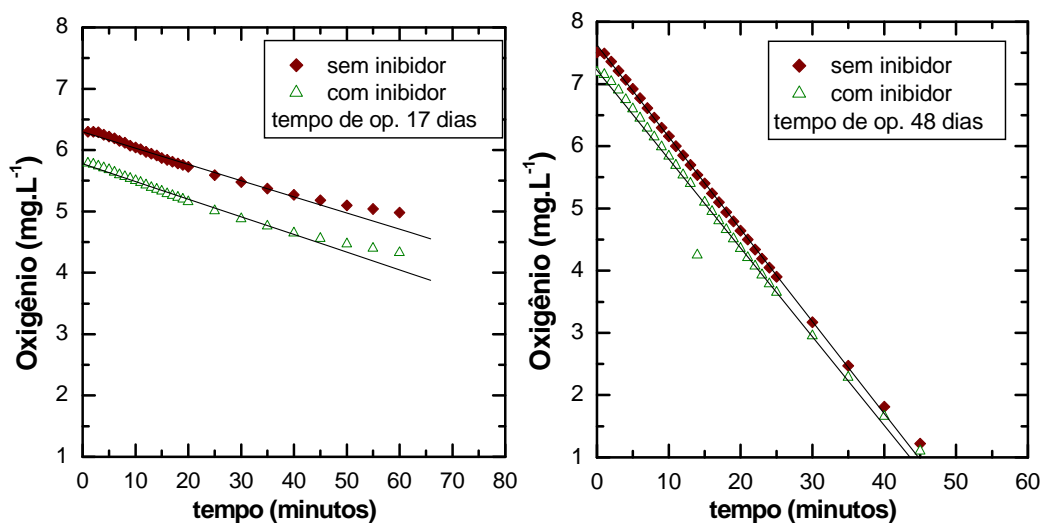


Figura 2 – Curva da variação de oxigênio em função do tempo, com e sem inibidor de nitrificação – para o 17º e 48º dia de operação dos sistema (Fase I).

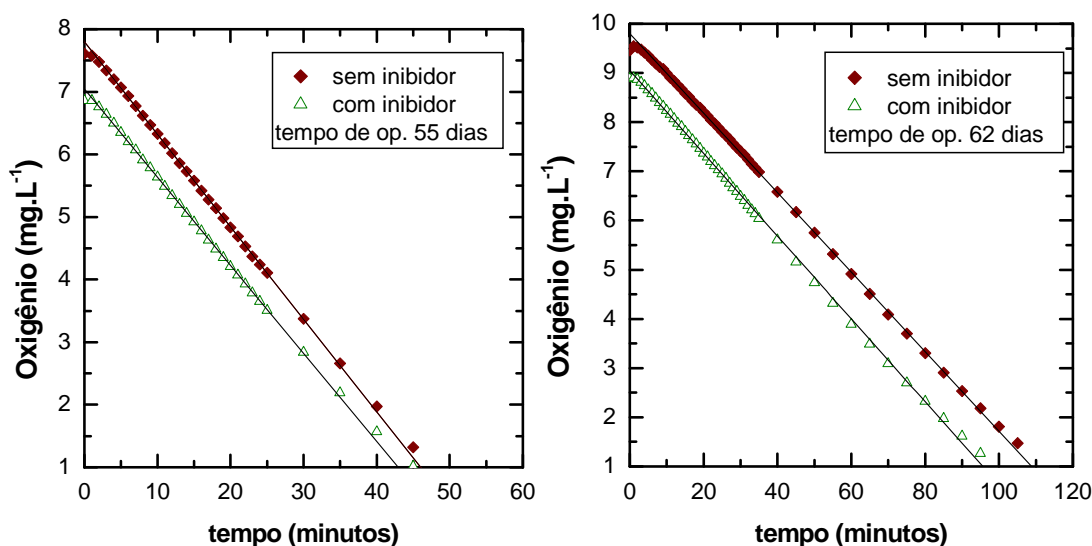


Figura 3 – Curva da variação de oxigênio em função do tempo, com e sem inibidor de nitrificação – para o 55º e 62º dia de operação dos sistema (Fase I).

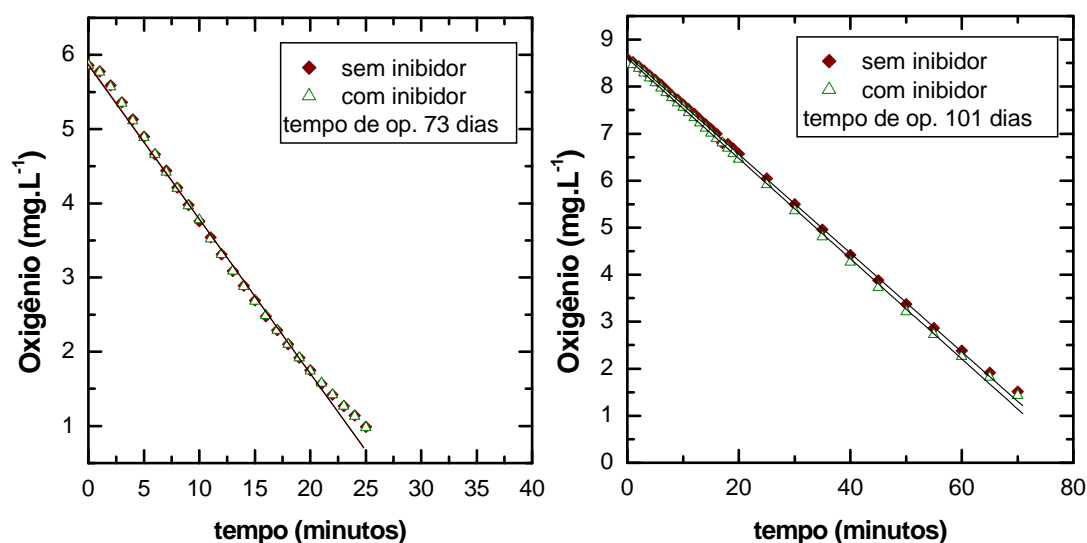


Figura 4 – Curva da variação de oxigênio em função do tempo, com e sem inibidor de nitrificação – para o 73º e 101º dia de operação dos sistema (Fase I).

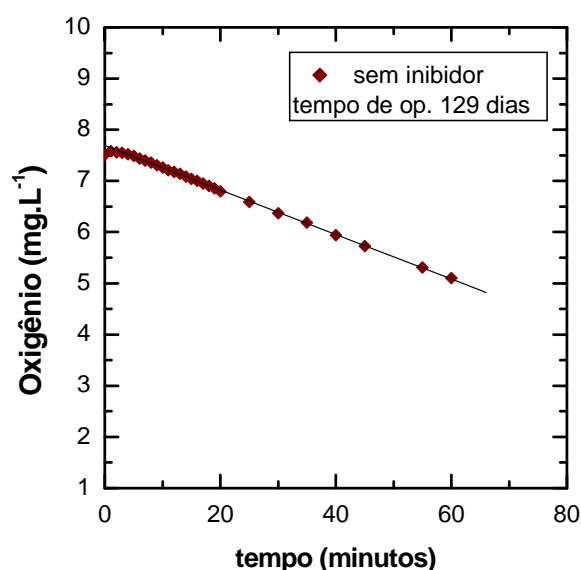


Figura 5 – Curva da variação de oxigênio em função do tempo, com e sem inibidor de nitrificação – para o 129º dia de operação dos sistema (Fase II)

Na Figura 8 pode-se observar, que exceto no período do ensaio do 129º dia de operação (Fase II), todo o N-amoniacoal era removido no reator aeróbio, ou seja, era oxidado. Isto pode ser confirmado pelos dados de nitrato apresentados na Figura 9. O nitrito em geral ocorreu em concentrações menores que $5 \text{ mg N-NO}_2 \cdot \text{L}^{-1}$, exceto no período do ensaio do 129º dia de operação.

Observa-se na Figura 9 que no período do ensaio do 129º dia de operação as concentrações de amônia livre foram elevadas no reator aeróbio. Neste dia a concentração de amônia livre foi em torno de $45 \text{ mg NH}_3 \cdot \text{L}^{-1}$, aproximadamente $37 \text{ mg N-NH}_3 \cdot \text{L}^{-1}$. Essas concentrações provocaram a inibição das bactérias nitrificantes, principalmente das oxidadoras de nitrito, como pode-se constatar pelas elevadas concentrações deste, maiores que $100 \text{ mg N-NO}_2 \cdot \text{L}^{-1}$ (Figura 9).

Analisando a Figura 10 nota-se que as menores taxas de consumo de oxigênio (TCO) ocorreram nos ensaios do 17º e 129º dia de operação do sistema, o primeiro, Fase I, durante o período de adaptação do sistema (partida). O segundo ocorreu no período em que o sistema apresentou baixa eficiência de remoção de N-amoniacoal, devido à inibição pelas elevadas concentrações de amônia livre.

Com relação as TCO específicas nota-se que os valores são elevados comparados aos sugeridos na literatura, 20 a 40 g O₂.(kg SSV.h)⁻¹ (Henze et al., 1997), para lodos com boa atividade, porém salienta-se que esses valores de TCO específica são para a oxidação da matéria orgânica.

Além disso, deve-se ressaltar que a concentração de biomassa (SSV) no sistema estava muito abaixo daquelas normalmente encontradas em sistemas de lodo ativado tratando esgoto sanitário e as TCO apresentadas na literatura são, em geral, para esgoto sanitário que possui características diversas daquelas dos lixiviados.

O aumento da concentração do SSV na Fase IV resultou em TCO específica, nos ensaios dos dias 191º e 199º dia de operação, bem abaixo dos demais, porém o sistema, como constatado pelos resultados dos parâmetros nas Figuras 8 e 9, apresentava boa eficiência de remoção de N-amoniaco.

Devido ao fato das concentrações de SSV serem muito maiores na Fase IV em relação às demais não é possível comparar os resultados das TCO específica desta última fase com as obtidas para as Fases I e II.

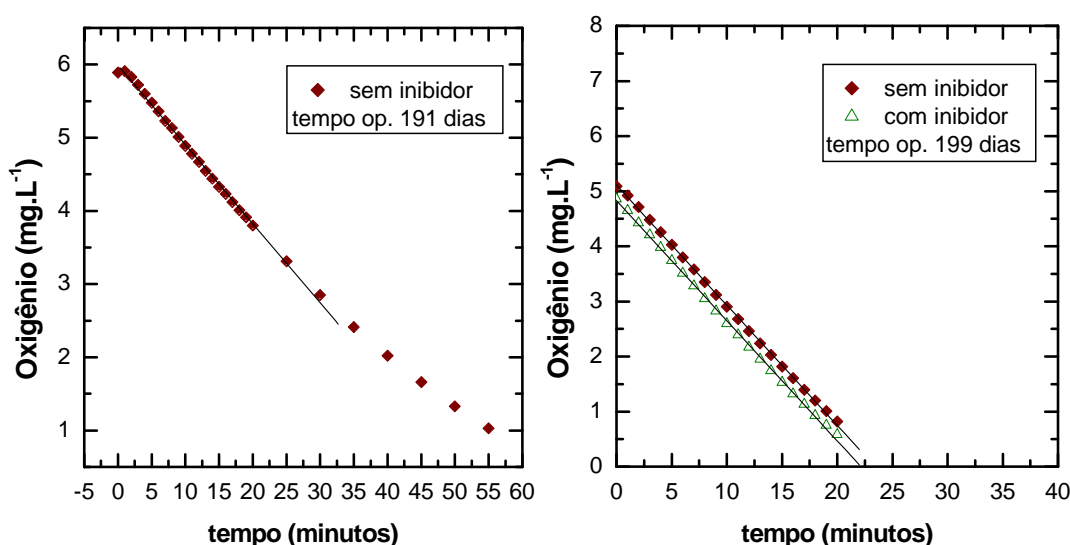


Figura 6 – Curva da variação de oxigênio em função do tempo, com e sem inibidor de nitrificação – para o 191º e 199º dia de operação dos sistema (Fase IV).

Tabela 3- TCO e TCO específica calculadas para testes de consumo de oxigênio do reator aeróbio com e sem inibidor de nitrificação.

Fase	Temp. op. (dia)	TCO (mg O ₂ /L.h)		SSV (mg/L)	TCO _{esp.} (gO ₂ /kgSSV.h)	
		Sem inibidor	Com inibidor		Sem inibidor	Com inibidor
I	17	1,85	1,97	76	24,3	25,9
	48	9,07	8,89	92	98,6	96,6
	55	8,91	8,54	119	74,9	71,8
	62	4,73	5,23	119	39,7	43,9
	73	13,08	13,02	72	181,7	180,8
	101	6,32	6,51	100	63,2	65,1
II	129	2,64	-	112	23,6	
IV	191	6,30	-	709	8,9	
	199	13,07	13,07	957	13,7	13,7

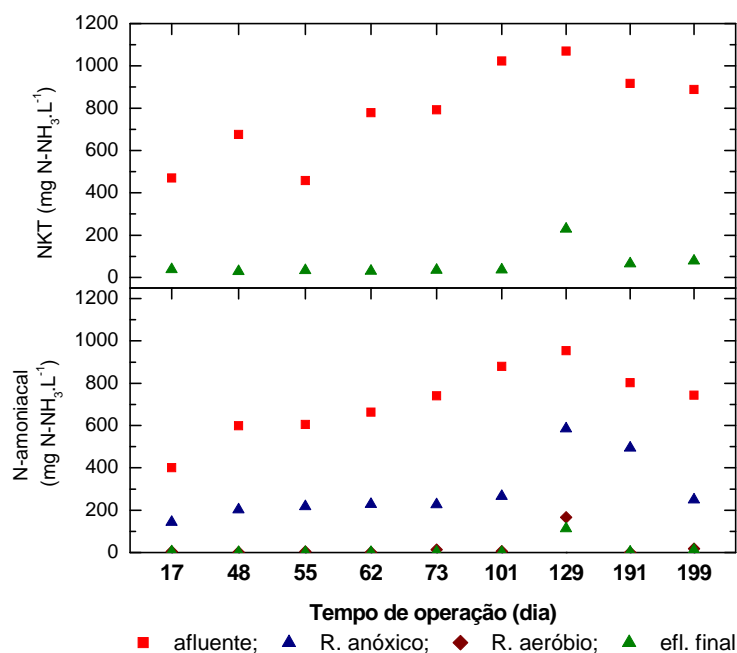


Figura 8 – Valores de NKT e de N-amoniaco do influente, do efluente final e do licor mistos dos reatores aeróbio e anóxico no dia dos testes.

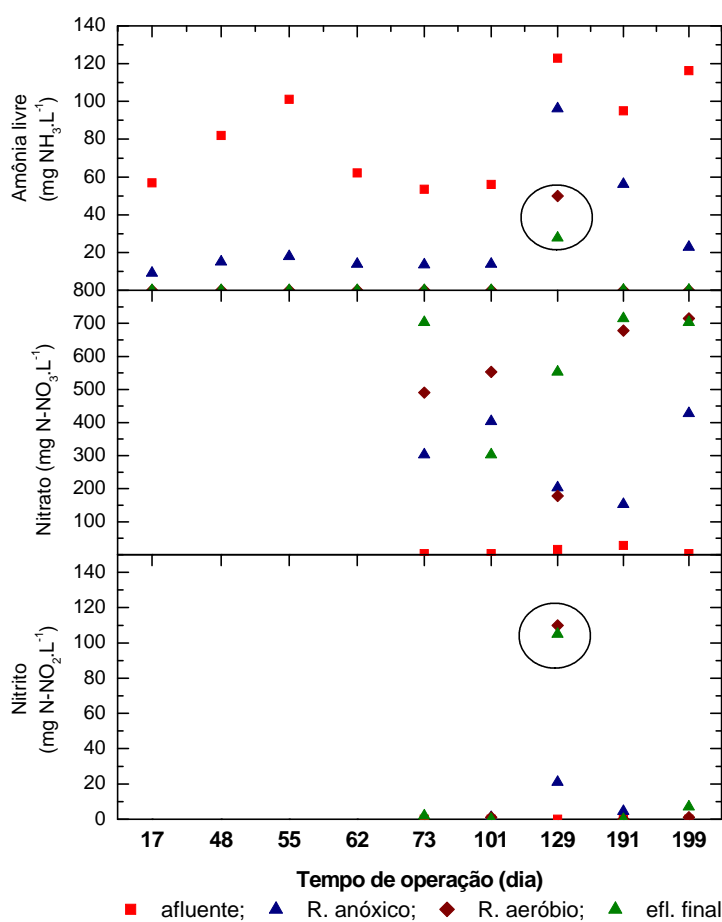


Figura 9 – Valores de nitrito, nitrato e amônia livre do influente, do efluente final e do licor mistos dos reatores aeróbio e anóxico no dia dos testes.

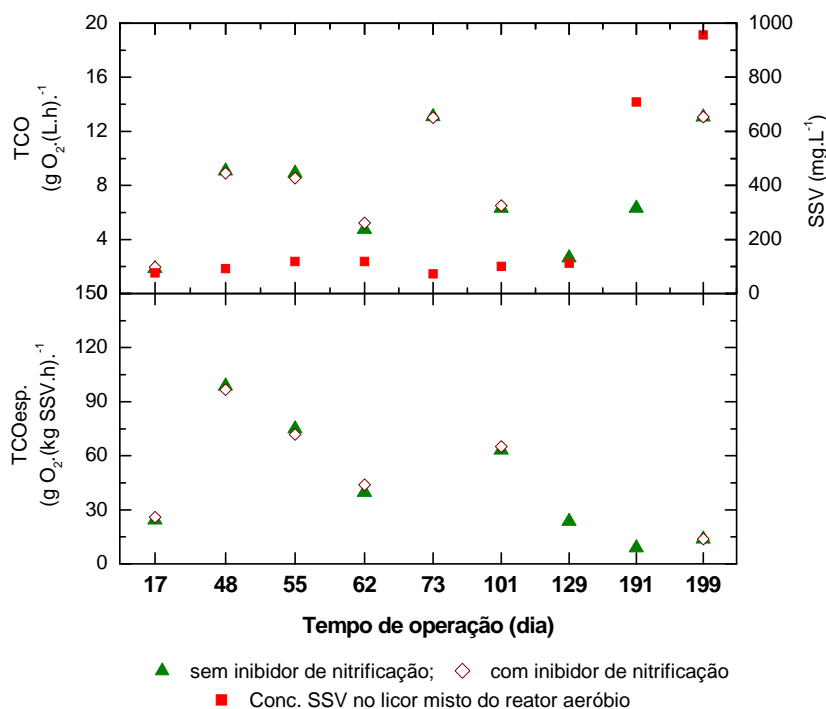


Figura 10 – Valores das TCO e TCO específica para os ensaios, para o tempo de operação de 17, 48, 55, 62, 73, 101, 129, 191, 199 de operação do sistema, e das concentrações de SSV no período de ensaio.

CONCLUSÕES

- Nos períodos em que as concentrações de amônia livre foram elevadas e o sistema entrou em desequilíbrio, como verificado pelo acúmulo de nitrito e redução da eficiência de N-amoniacal, as TCO apresentaram valores reduzidos comparado, por isso pode-se concluir que a TCO foi um parâmetro efetivo na indicação da atividade da biomassa;

- As TCO específicas obtidas nas Fases I e II foram elevadas devido as baixas concentrações de SSV, enquanto as da Fase IV resultaram baixas, pois nesta Fase as concentração de SSV foram em torno de 10 vezes maior que as das fases anteriores, portanto as variações de SSV, que foram devidas a problemas relacionadas a bomba de recirculação de lodo, provocaram distorções dos valores da TCO específicas e por isso esse parâmetros não apresentou a correlação esperada com a atividade da biomassa;

- O uso do inibidor de nitrificação , , não foi efetivo na sua inibição como pode ser observado comparandos os ensaios sem e com o inibidor, por isso sugere-se testar outro inibidor de nitrificação como a tiouréia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- HAMADA, J. (1999) *Estimativa de geração e caracterização do chorume em aterros sanitários*. Rio de Janeiro. In: 19º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro, 1999
- HENZE, Mogens Basic Biological Processes. In: FÖRSTNER, U.; MURPHY, R.J.; RULKENS, W.H. *Wastewater Treatment: Biological and Chemical Processes*. 2.ed., Berlin: Springer, 1997. p.55-111
- KJELDSEN, Peter; BARLAZ, Morton A.; ROOKER, Alix P.; BAUN, Anders; LEDIN, Anna; CHRISTENSEN, Thomas H. Present and Long-Term Composition of MSW Landfill Leachate: A Review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 32(4): p.297-336, 2002
- MARINGONDA, Audinil Junior. *Remoção de nitrogênio de lixiviado de aterros de resíduos sólidos urbanos empregando sistema de lodos ativados, composto por reator anóxico e aeróbio em série*. 2008. 136p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Saneamento e Edificações) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina
- MORITA, D.M. *Parâmetros de controle de operação de sistemas de lodos ativados. Notas de aula*. Escola Politécnica/USP. 1998



6. SILVA, A.C. *Tratamento do percolado de aterro sanitário e avaliação da toxicidade do efluente bruto e tratado*. Rio de Janeiro. 2002. 111p. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro/COPPE. 2002
7. Van HAANDEL, A.; MARAIS, G. *O comportamento do sistema de lodos ativados*. Campina Grande. 1999