



XI SILUBESA

Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

28/03 a 02/04/2004 - Natal - Rio Grande do Norte - Brasil

II-028 – ESTUDO DA NITRIFICAÇÃO DE LÍQUIDO PERCOLADO DE ATERRO SANITÁRIO UTILIZANDO-SE SISTEMAS DE LAGOA AERADA E LODOS ATIVADOS

Giovana Iara Ferreira Moser⁽¹⁾

Bióloga pela PUC - SP, Mestre na área de saneamento pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Pedro Alem Sobrinho⁽²⁾

Engenheiro civil (EESC-USP) e Engenheiro Sanitarista (FHSP-USP). MSc em Saneamento (Universidade de Newcastle upon Tyne, Inglaterra). Doutor em Engenharia (Escola Politécnica da USP). Professor Titular do Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da EP-USP

Endereço⁽²⁾: Av. Prof. Almeida Prado, nº 83 Cidade Universitária – São Paulo – SP CEP – 05508 – 900 - C. Postal: 61.548

 palem@usp.br

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo o estudo da nitrificação, bem como da remoção de matéria orgânica de líquidos percolados de aterros sanitários, utilizando-se um sistema de Lagoa Aerada e um Sistema de Lodos Ativados, operados em paralelo. Para isso foram montados os sistemas de laboratório de Lagoa Aerada e de Lodos Ativados, que foram operados com diferentes os tempos de detenção celular e a temperaturas de 20°C e 25°C. A Lagoa Aerada operou com três diferentes condições: tempo de detenção de 50 dias a 25°C; tempo de detenção de 40 dias a 25°C e tempo de detenção de 80 dias a 20 °C. O sistema de Lodos Ativados operou com duas condições distintas: tempo de detenção celular de 96 dias a 25°C e tempo de detenção celular de 192 dias a 20°C. Ambos os sistemas foram alimentados com Líquido Percolado do Aterro dos Bandeirantes de São Paulo. Ao final deste estudo observou-se que: as maiores eficiências, bem como taxas de remoção de N-amoniaco estão associadas à maior temperatura. Ainda, na maior temperatura se observou um acúmulo de nitrito, especialmente para as idades de lodo mais baixas. As remoções de DQO foram relativamente baixas e as de DBO bastante altas, estas sempre acima de 95% de eficiência. O efluente final sempre se apresentou com concentrações de N-amoniaco bem acima dos valores requeridos pela legislação em vigor para efluentes, embora elevadas eficiências (sempre superiores a 80%) de remoção de N-amoniaco tenham sido observadas. É recomendável estudar melhor o acúmulo de nitritos nos reatores a temperaturas mais altas e as possibilidades de se remover nitrogênio biologicamente sem total nitrificação a nitrato. Ainda, o uso de sistemas aeróbios em série para completa nitrificação deve ser estudado.

PALAVRAS-CHAVE: Líquido Percolado, Nitrificação, Aterro Sanitário, Lagoa Aerada, Lodos Ativados

INTRODUÇÃO

O Aterro Sanitário tem sido aceito como um dos meios de disposição de resíduos sólidos urbanos, de modo a minimizar os efeitos negativos ao meio ambiente e à saúde pública causados pela disposição inadequada de tais resíduos. Ainda que o Aterro Sanitário seja considerado uma das maneiras mais seguras de se dispor os resíduos sólidos, alguns problemas podem ser observados, entre eles, a formação do chorume. Devido ao alto poder poluente dos líquidos percolados, é necessário que seja feito o tratamento desses líquidos.

Os líquidos percolados de aterros sanitários geralmente apresentam altas concentrações de matéria orgânica e de nitrogênio amoniacal. Este, quando descartado sem prévio tratamento, causa grandes problemas ambientais como a toxicidade para a biota existente, diminuição do oxigênio dissolvido do corpo receptor e eutrofização de corpos de água (Anthonisen et al, 1976).

A legislação Federal (CONAMA 20/86) estabelece limites para o lançamento de Nitrogênio amoniacal em corpos de água, atualmente em 5 mgN/l, estando proposto para passar para 20 mgN/l. Tanto a legislação Federal (CONAMA 20), quanto à legislação estadual do Estado de São Paulo (Decreto 8468/76) estabelecem padrões para diferentes formas de nitrogênio nos corpos receptores. Para a maioria dos rios brasileiros, enquadrados em Classe 2, atualmente se limita amônia não ionizável a 0,02 mg/l NH_3 (CONAMA 20/86), N amoniacal a 0,5 mgN/l (Decreto 8468/76), N nitrito a 1,0 mgN/l e N nitrato a 10 mgN/l. Em relação à matéria orgânica, a limitação de DBO, para rios Classe 2 é de 5 mgO₂/l. O percolato de aterros sanitários, que comumente têm N amoniacal superior a 1.000 mgN/l e DBO superior a 1000 mgO₂/l, normalmente necessitam de tratamentos de alta eficiência de remoção de N e de DBO.

Assim, este trabalho procura contribuir para o estudo da nitrificação e da remoção de DBO, DQO do percolato de aterro sanitário, obtendo resultados para diferentes condições de operação de sistemas biológicos aeróbios de leito flúido e comparando-os e compará-las entre si.

MATERIAIS E MÉTODOS

Neste trabalho foi tratado o líquido percolato do Aterro Bandeirantes, localizado no Km 26 da Rodovia dos Bandeirantes no Município de São Paulo / SP, visando a nitrificação e remoção de matéria orgânica, em sistemas de Lagoas Aeradas e Lodos Ativados operados em paralelo. O sistema de Lagoa Aerada foi constituído de um tanque aerado, bem homogeneizado, de 44,7 litros e um tanque operando como lagoa de decantação. Na primeira condição (Lag 40,25) de estudo o sistema operou com 40 dias de tempo de detenção celular a 25°C. Na segunda condição (Lag 50,25) de estudo o sistema operou com 50 dias de tempo de detenção celular, na mesma temperatura. Na terceira condição (Lag 80,20) do estudo, o sistema foi operado com 80 dias de tempo de detenção celular, a 20 °C. O sistema de Lodos Ativados era um tanque de aeração de 36 litros e um decantador secundário. O lodo do decantador era retornado ao tanque de aeração. O sistema foi operado em duas condições distintas. A primeira (Lod 96,25) com 96 dias de tempo de detenção celular a 25°C e a segunda (Lod 192,20) com 192 dias de tempo de detenção celular a 20°C.

Durante toda a operação o pH foi mantido em torno de 7,0, através da dosagem automatizada de bicarbonato. O OD normalmente era mantido em torno de 2,0, porém, por vezes caía abaixo deste valor, quando então era novamente ajustado para ele.

Foi utilizado método estatístico para verificação da influência das condições operacionais no desempenho dos processos para as condições de operação estudadas. Foi aplicado o teste F, que é um teste pareado e analisa a similaridade da variância de duas populações de dados que tenham distribuição normal. Quando o teste F não acusava influência da condição operacional nos resultados, aplicava-se o teste T. Para ambos os testes, a margem de confiança foi de 95%.

APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS

As tabelas de 1 a 5, apresentam os resultados obtidos para DQO, DBO, N amoniacal, N nitrito e N nitrato, para as tres condições de operação do sistema de lagoa aerada e para as duas condições do sistema de lodos ativados. As figuras 1 a 15 apresentam o comportamento de N-amoniacal, N-nitrito e N-nitrato ao longo das fases operacionais dos sistemas estudados.

Tabela 1: Dados do sistema de Lagoa Aerada, operando com 50 dias de tempo de detenção celular e 25°C – Lag 50,25 (1ª fase da lagoa aerada) – SSLA = 2003 ± 723 mgSS/LSSVLA = 1636 ± 384 mgSSV/L

Parâmetro	Líquido Percolato				Efluente Final			
	Mínimo	Máximo	Média	DP	Mínimo	Máximo	Média	DP
DQO (mg/L)	3680	15652	7775	3233	1733	6541	3765	1428
DBO (mg/L)	971	2450	1421	566	21	127	41	44
Namon (mg/L)	1316	2604	2009	443	5	280	60	77
N-NO ₂ (mg/L)	0	526	49	150	0	85	26	29
N-NO ₃ (mg/L)	-	-	-	-	1340	2360	1744	333

DP = Desvio Padrão

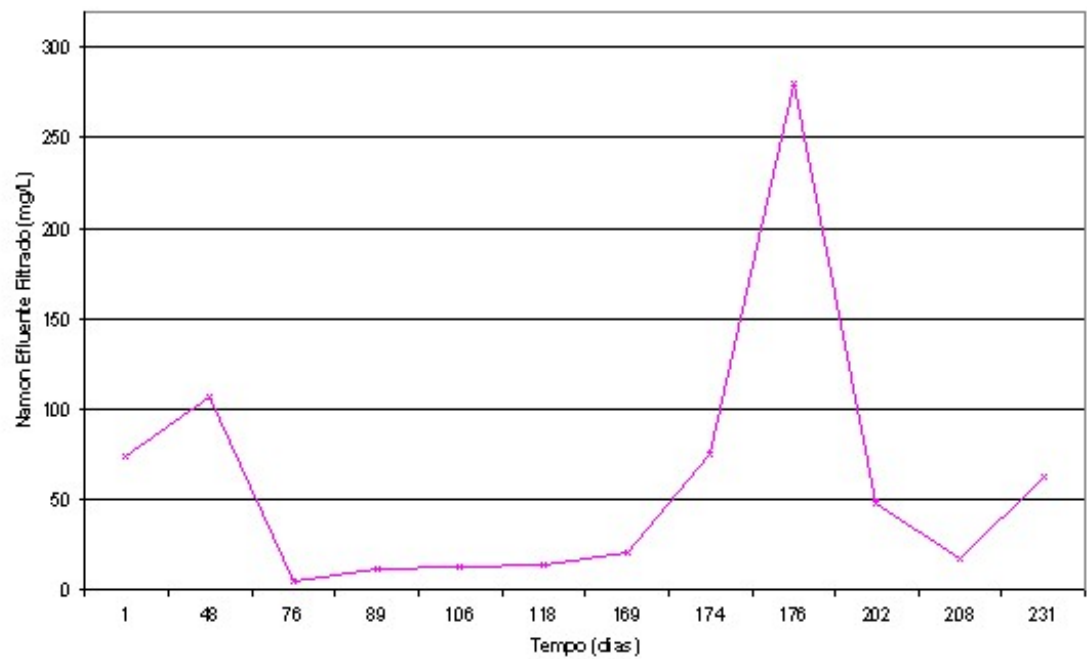


Figura 1: Comportamento do N_{amon} na condição Lag50,25.

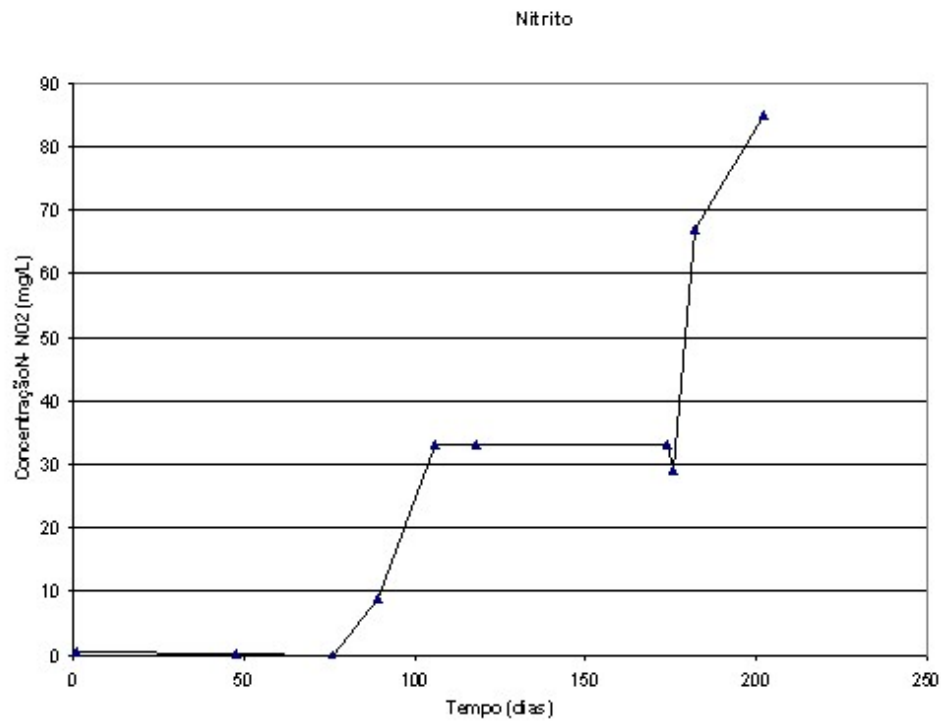


Figura 2: Comportamento do N-NO2 na condição Lag 50,25.

Figura 2: Comportamento do N-NO2 na condição Lag 50,25.

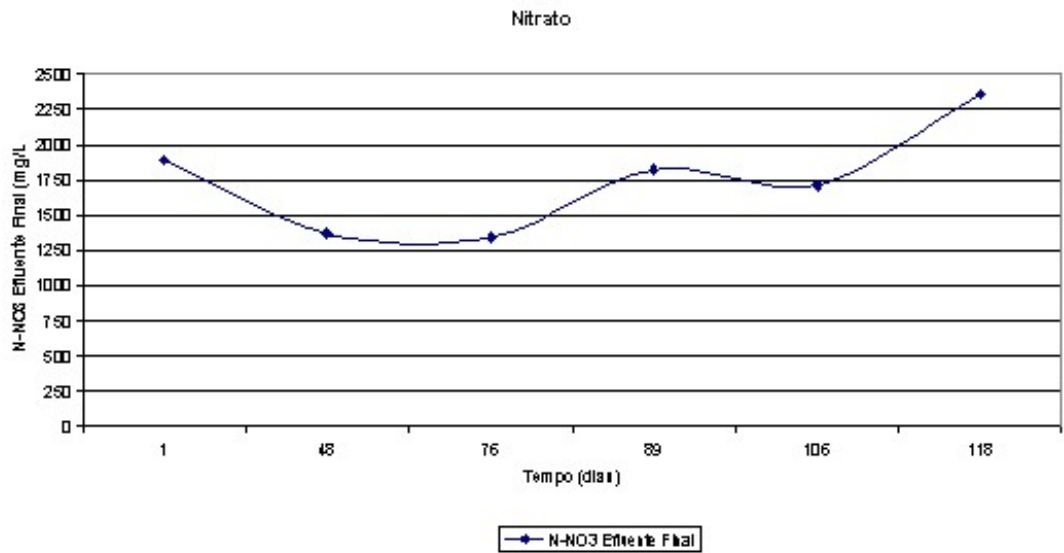


Figura 3: Comportamento do N-NO3 na condição Lag 50,25.

Tabela 2: Dados do sistema de Lagoa Aerada, operando com 40 dias de tempo de detenção celular e 25°C – Lag 40,25 (2ª fase da lagoa aerada) SSLA = 1317 ± 1416 mgSS/LSSVLA = 3386 ± 1288 mgSSV/L

Parâmetro	Líquido Percolado				Efluente Final			
	Mínimo	Máximo	Média	DP	Mínimo	Máximo	Média	DP
DQO (mg/L)	6300	12696	7838	2418	2840	5248	4619	905
Namon (mg/L)	1582	2539	2031	402	5	347	135	154
N-NO ₂ (mg/L)	0	24	7	12	170	684	454	220
N-NO ₃ (mg/L)	-	-	-	-	1000	2190	1397	411

DP = Desvio Padrão

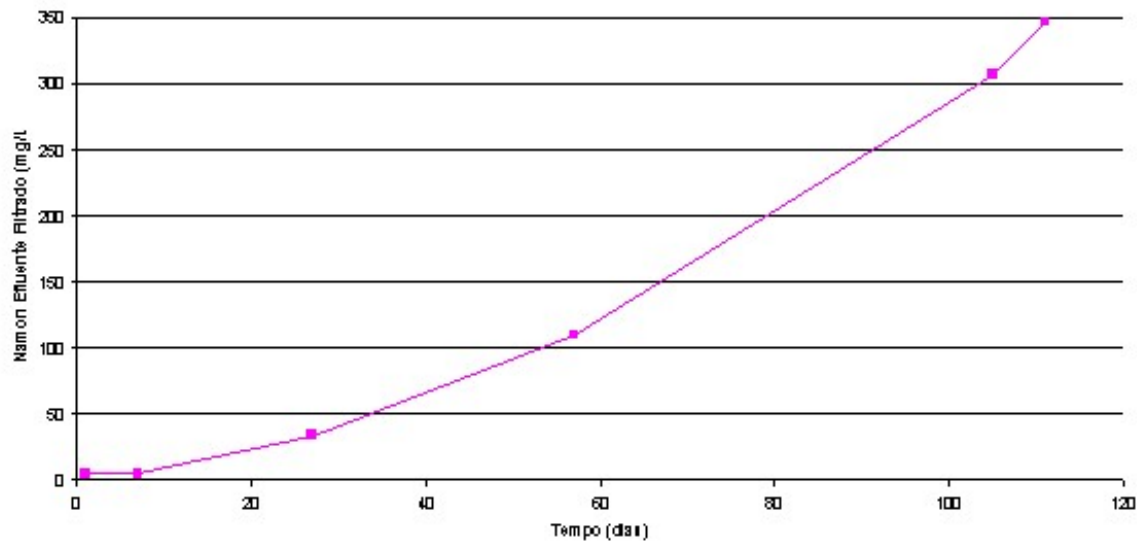


Figura 4: Comportamento do N_{amon} na condição Lag 40,25.

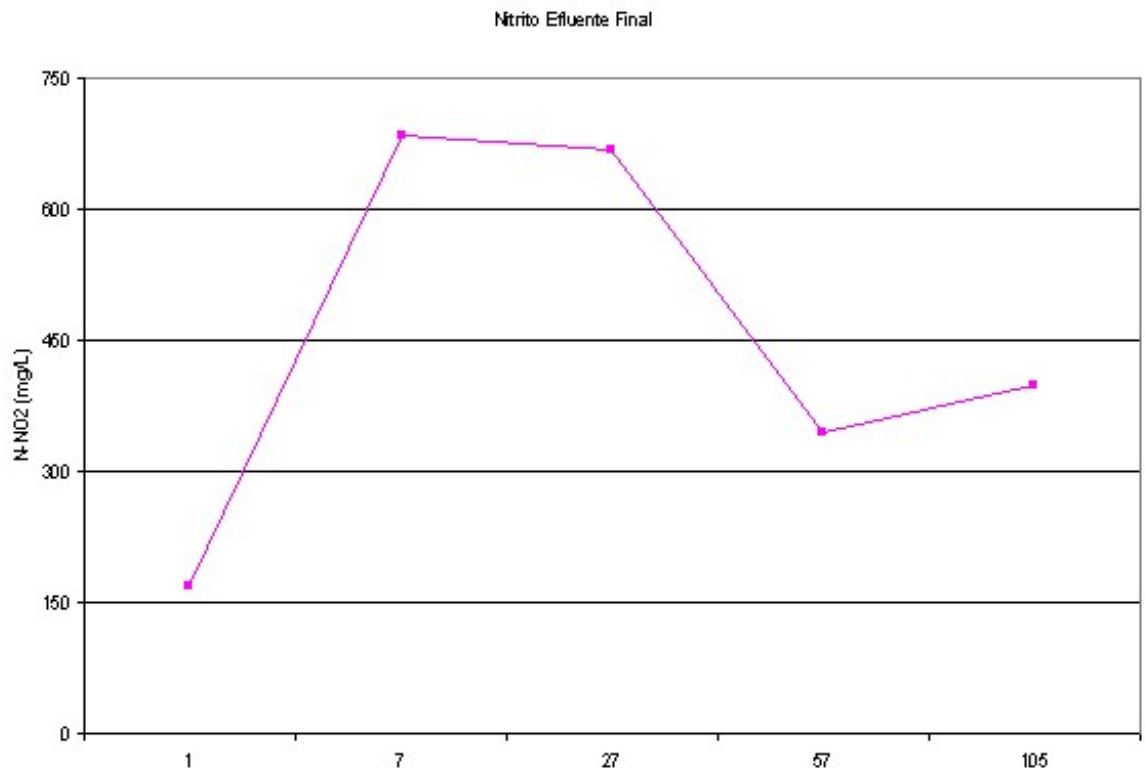


Figura 5: Comportamento do N-NO2 na condição Lag 40,25

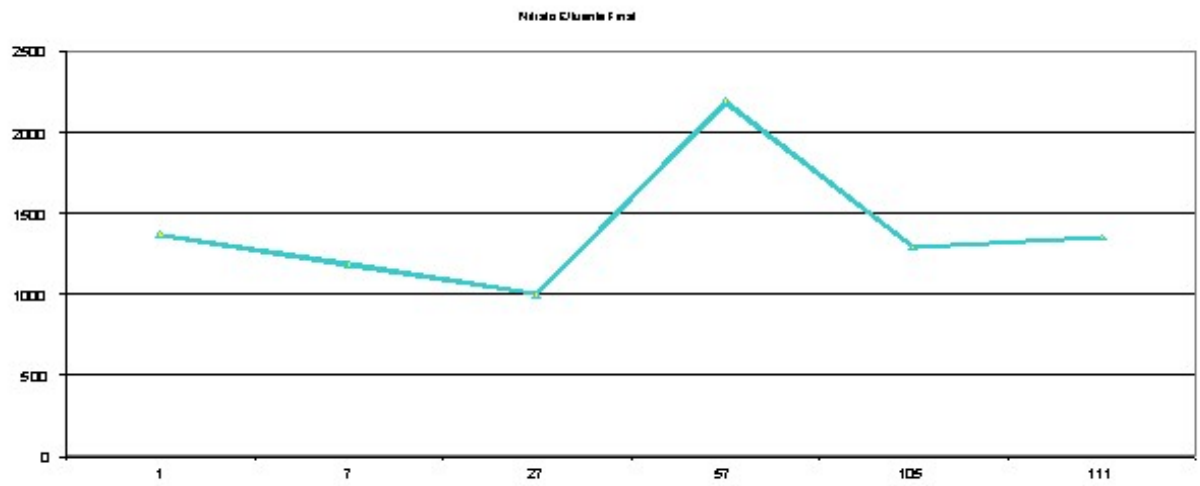


Figura 6: Comportamento do N-NO3 na condição Lag 40,25.

Tabela 3: Dados do sistema de Lagoa Aerada, operando com 80 dias de tempo de detenção celular e 20°C – Lag 80,20 (3ª fase da lagoa aerada) SSLA = 1977 ± 530 mgSS/LSSVLA = 1557 ± 479 mgSSV/L

Parâmetro	Líquido Percolado				Efluente Final			
	Mínimo	Máximo	Média	DP	Mínimo	Máximo	Média	DP
DQO (mg/L)	5520	22000	14153	4858	4048	6400	4887	741
DBO (mg/L)	2961	7369	5631	1624	38	57	45	78
Namon (mg/L)	2585	2968	2776	144	31	644	423	158
N-NO ₂ (mg/L)	0	40	7	16	0	112	17	30
N-NO ₃ (mg/L)	-	-	-	-	988	2960	1847	505



Figura 7: Comportamento do N_{amon} na condição Lag 80,20.

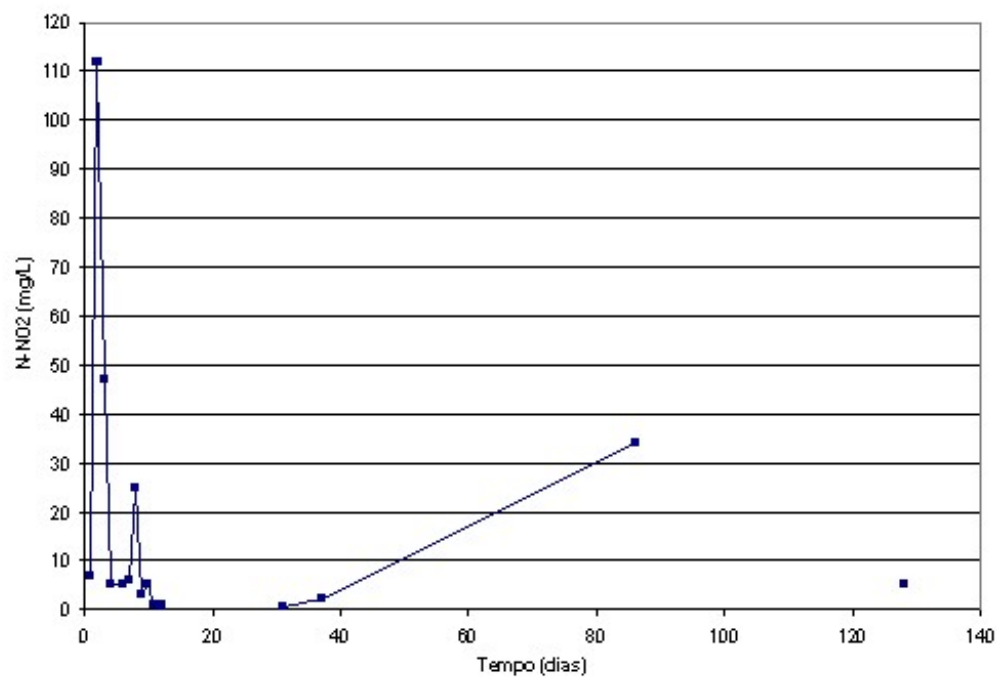


Figura 8: Comportamento do N-NO2 na condição Lag 80,20

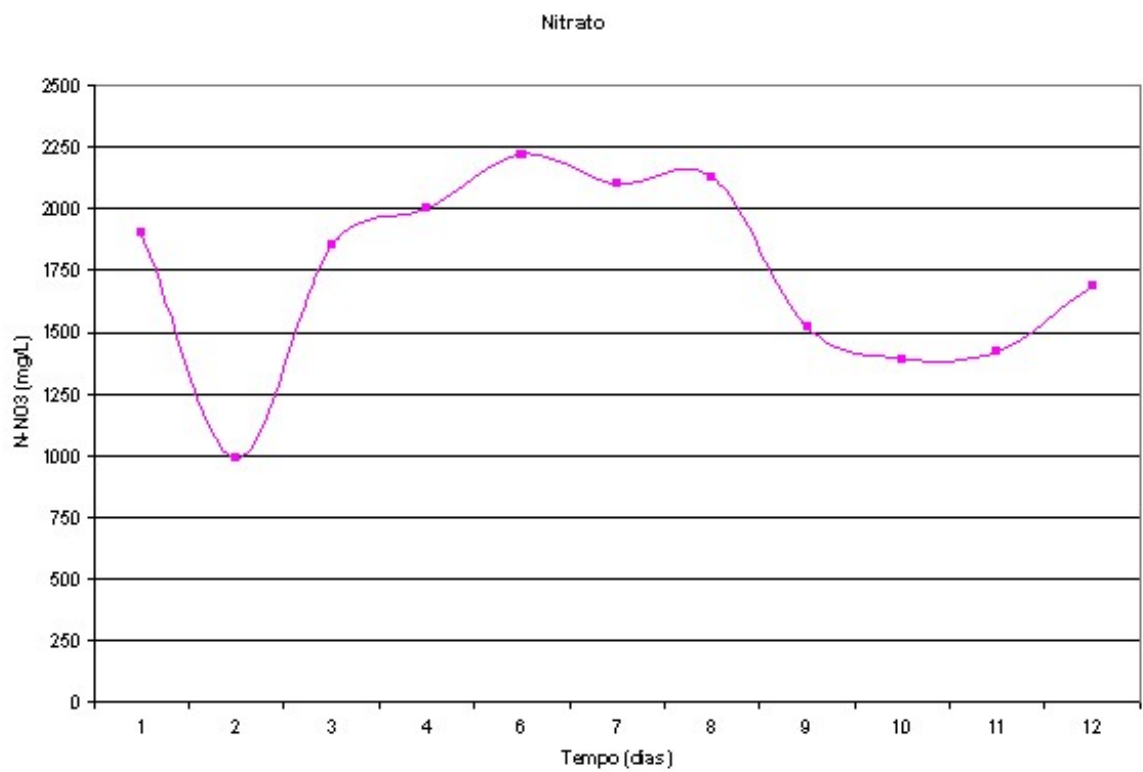


Figura 9: Comportamento do N-NO3 na condição Lag 80,20.

Tabela 4: Dados do sistema de Lodos Ativados, operando com 96 dias de tempo de detenção celular e 25°C – Lod 96,25 (1ª fase dos lodos ativados) SSLA = 2989 ± 737 mgSS/L SSVLA = 2051 ± 722 mgSSV/L

Parâmetro	Líquido Percolado				Efluente Final			
	Mínimo	Máximo	Média	DP	Mínimo	Máximo	Média	DP
DQO (mg/L)	3680	15652	7730	3009	2432	8626	4464	1839
DBO (mg/L)	971	1710	1252	400	10	88	41	32
Namon (mg/L)	1316	2539	1899	438	5	505	164	156
N-NO ₂ (mg/L)	0	34	8	11	0	681	130	199
N-NO ₃ (mg/L)	-	-	-	-	420	1620	982	400

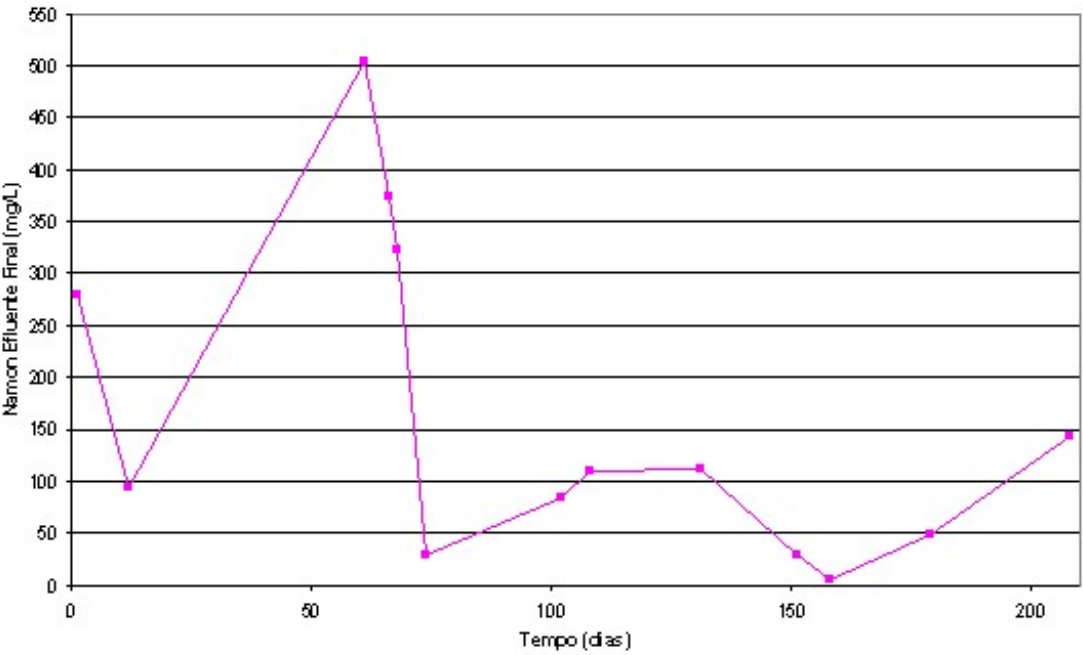


Figura 10: Comportamento do N_{amon} na condição Lod 96,25.

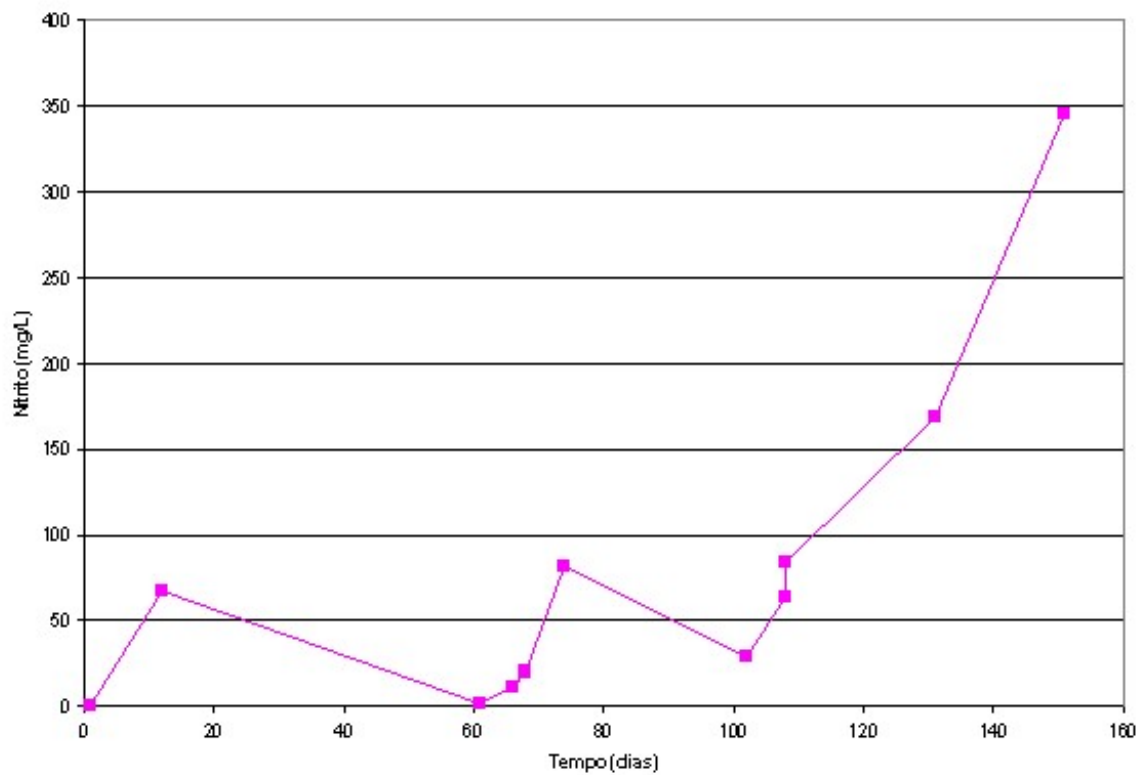


Figura 11: Comportamento do N-NO2 na condição Lod 96,25

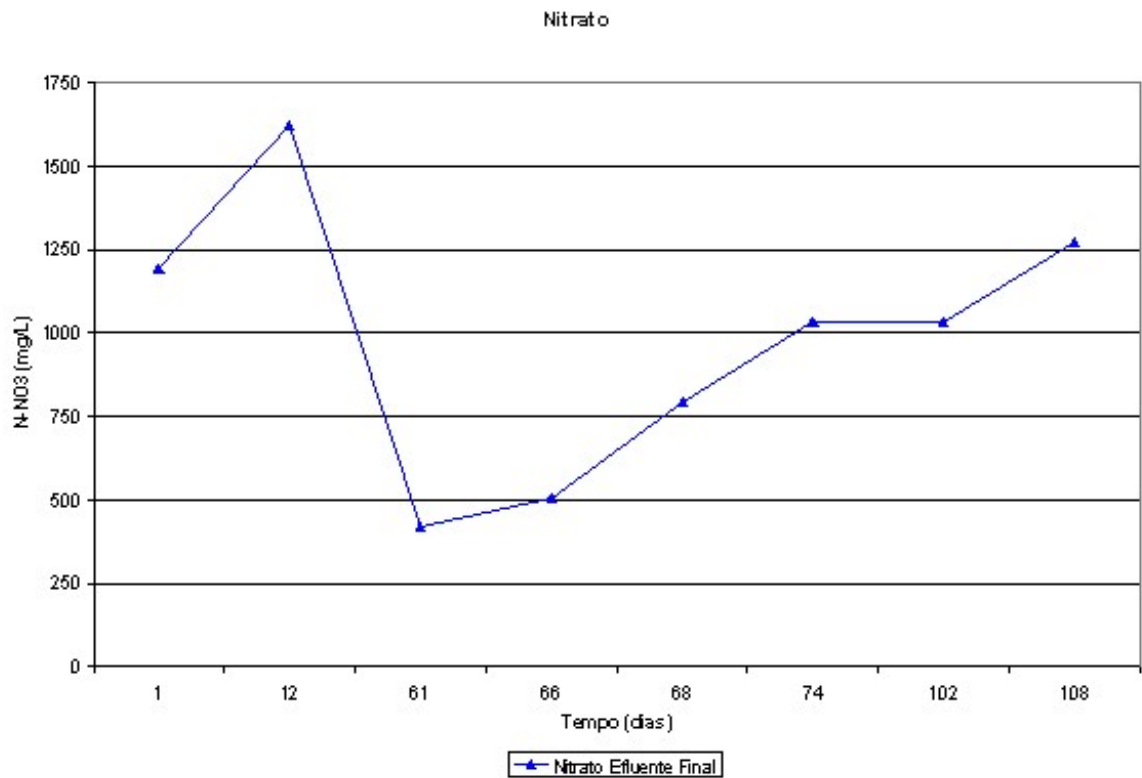


Figura 12: Comportamento do N-NO3 na condição Lod 96,25

Tabela 5: Dados do sistema de Lodos Ativados, operando com 192 dias de tempo de detenção celular e 20°C – Lod 192,20 (2ª fase dos lodos ativados) SSLA =3955 ± 1416 mgSS/L SSVLA =3386 ± 1288 mgSSV/L

Parâmetro	Líquido Percolado				Efluente Final			
	Mínimo	Máximo	Média	DP	Mínimo	Máximo	Média	DP
DQO (mg/L)	1400	33088	13937	10007	3730	8000	4987	1385
DBO (mg/L)	4050	7055	5821	1069	24	64	35	17
Namon (mg/L)	2585	2968	2780	141	108	666	460	157
N-NO ₂ (mg/L)	0	1	0	0,2	2	338	120	110
N-NO ₃ (mg/L)	-	-	-	-	796	2120	1282	395

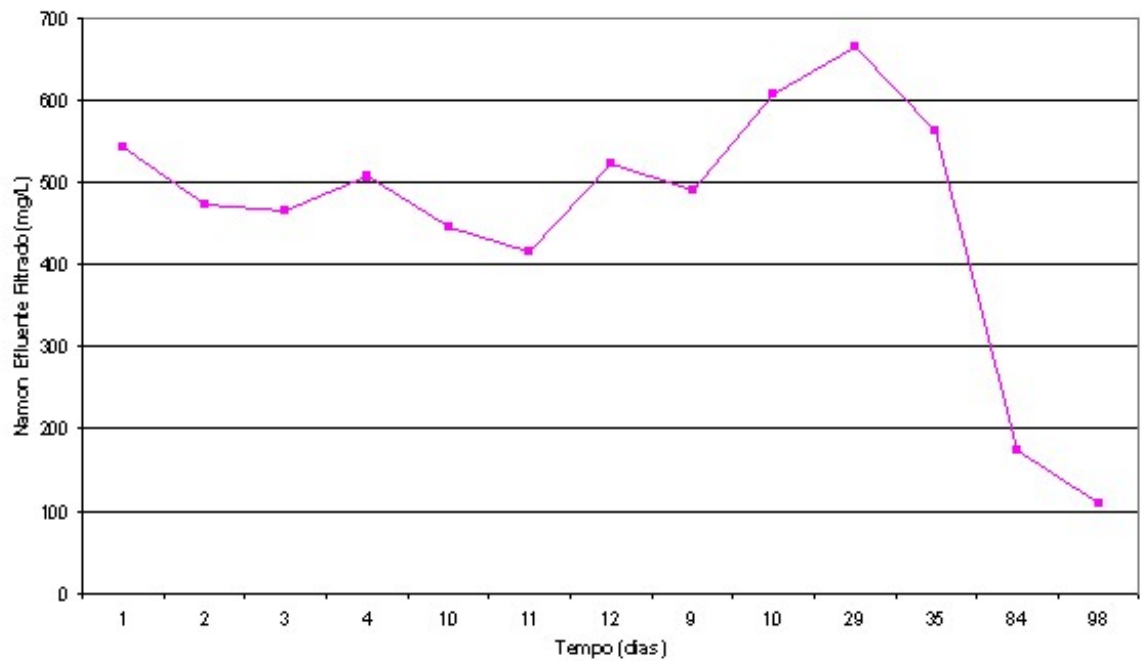


Figura 13: Comportamento do N_{amon} na condição Lod 192,20.

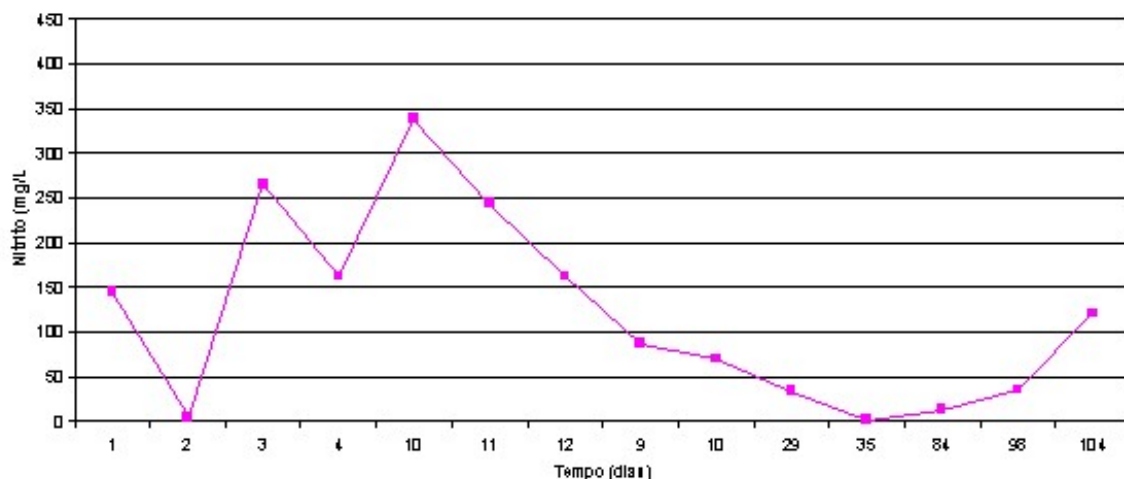


Figura 14: Comportamento do N-NO2 na condição Lod 192,20

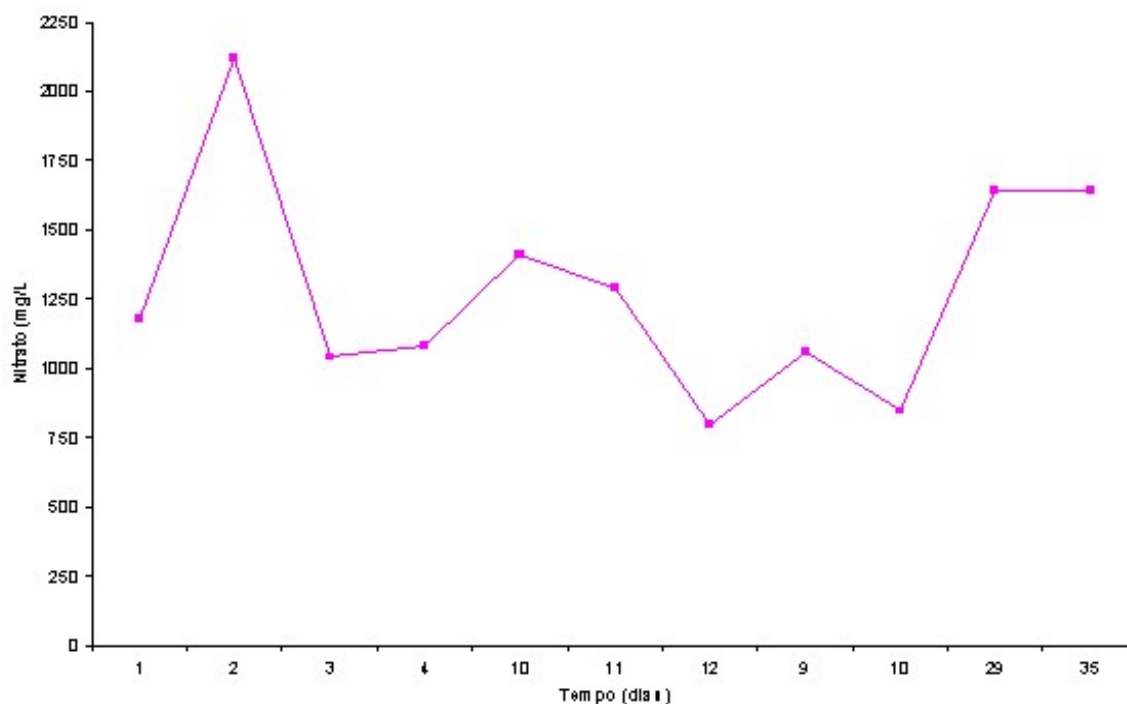


Figura 15: Comportamento do N-NO3 na condição Lod 192,20.

Observando-se as tabelas de 1 a 5, pode-se notar que as concentrações de DQO no efluente final ainda foram altas, demonstrando que grande parte da matéria orgânica existente no Líquido Percolado era não biodegradável. As maiores remoções de DQO foram observadas para os maiores tempos de detenção celular. As concentrações de DBO observadas apresentaram, sempre, valores bastante baixos, com elevadas eficiências de remoção da matéria orgânica biodegradável, para idades de lodo de 40 dias ou mais, estudadas no presente trabalho. Para essas condições, os sistemas se mostraram bastante eficientes na remoção da matéria orgânica biodegradável.

No que se refere à remoção de nitrogênio amoniacal, pode-se observar que o desempenho dos sistemas foi muito afetado pela temperatura. As maiores remoções de nitrogênio amoniacal, e as menores concentrações no efluente final bem como as maiores taxas de nitrificação foram observadas nas maiores temperaturas. As taxas de nitrificação serão

discutidas na parte relativa aos estudos estatísticos. Todavia, os melhores resultados relativos à concentração de N-amoniaco no efluente foram observados para a lagoa aerada, operando com 50 dias a 25 °C.

Interessante observar que para os ensaios a 25°C, as concentrações de N-nitrito foram crescendo ao longo dos ensaios, tendendo a se acumular nos reatores biológicos, especialmente na lagoa aerada, com idades de lodo mais baixas. À temperatura de 20 °C, o nitrito voltou a cair, tendendo a aumentar a concentração de nitrato. Isto pode ser resultado de uma maior taxa de crescimento das bactérias produtoras de nitrito do que das produtoras de nitrato em temperaturas mais altas, conforme já vem sendo observado por alguns pesquisadores. Este fato pode ser importante quando se pensa em remoção de nitrogênio, que pode ser mais econômica pela desnitrificação a partir do nitrito, sem passar, pelo nitrato, pelo menos para parte do nitrogênio removido. Idades do lodo mais altas permitem maior transformação do nitrito a nitrato.

ESTUDOS ESTATÍSTICOS

As tabelas de 6 a 9 mostram os resultados obtidos para os testes estatísticos analisando-se efeitos das condições operacionais dos sistemas de tratamento para os seguintes parâmetros operacionais respectivamente: Taxa de nitrificação, DBO, DQO, N-amoniaco e Nitrato.

Taxa de Nitrificação

Tabela 6: Resultado dos testes F e T para o parâmetro Taxa de Nitrificação (gNamon/m³.d)

Teste Nº	Teste	Parâmetro	Condição 1	Condição 2	Média 1	Média 2	Valor	Valor crítico	Conclusão
1	F	Tx nitrif (gNamon/m ³ .d)	Lag 40,25	Lag 80,20	47	30	7,512	5,050	Houve Influência
2	F	Tx nitrif (gNamon/m ³ .d)	Lag 40,25	Lag 50,25	47	36	2,285	4,704	Sem Influência
	T	Tx nitrif (gNamon/m ³ .d)	Lag 40,25	Lag 50,25	47	36	4,048	1,75	Houve Influência
3	F	Tx nitrif (gNamon/m ³ .d)	Lag 50,25	Lag 80,20	36	30	17,162	4,704	Houve Influência
4	F	Tx nitrif (gNamon/m ³ .d)	Lod 96,25	Lod 192,20	17	12	32,556	4,704	Houve Influência
5	F	Tx nitrif (gNamon/m ³ .d)	Lag 50,25	Lod 96,25	36	17	4,133	2,81	Houve Influência

De acordo com a Tabela 6; em relação à taxa de Nitrificação, com exceção do teste nº2, todos os testes apresentaram Influência das condições de estudo ao se realizar o teste F, sendo assim apenas para o teste nº2 foi necessária a realização do teste T. A maior taxa de nitrificação (47 gNamon/m³.d) foi observada na condição Lag 40,25. Para todos os casos (testes de números 1 a 5), as maiores taxas de nitrificação ocorreram na maior temperatura. Isso porque em temperaturas mais baixas, há uma diminuição da atividade dos microorganismos, fazendo com que o processo de transformação do N-amoniaco se torne menos eficiente. Para o teste 5, a grande diferença de idade do lodo deve ter influenciado os resultados.

Remoção DQO e dbO

Tabela 7: Resultados dos testes F e T para as concentrações e remoções de DQO

Nº Teste	Teste	Parâmetro	Condição 1	Condição 2	Média 1	Média 2	Valor	Valor crítico	Conclusão
1	F	Remoção DQO (%)	Lag 40,25	Lag 80,20	41	62	2,499	4,757	Sem Influência
	T	Remoção DQO (%)	Lag 40,25	Lag 80,20	41	62	4,734	1,83	Houve Influência
	F	DQO (mg/L)	Lag 40,25	Lag 80,20	4619	4887	1,490	4,757	Sem Influência
	T	DQO (mg/L)	Lag 40,25	Lag 80,20	4619	4887	15,742	1,83	Houve Influência
2	F	Remoção DQO (%)	Lag 40,25	Lag 50,25	41	49	1,470	3,708	Sem Influência
	T	Remoção DQO (%)	Lag 40,25	Lag 50,25	41	49	1,681	1,77	Sem Influência
	F	DQO (mg/L)	Lag 40,25	Lag 50,25	4619	3765	4,020	3,708	Houve Influência
	T	DQO (mg/L)	Lag 40,25	Lag 50,25	4619	3765	2,697	2,499	Houve Influência
3	F	Remoção DQO (%)	Lag 50,25	Lag 80,20	49	62	1,700	4,060	Sem Influência
	T	Remoção DQO (%)	Lag 50,25	Lag 80,20	49	62	3,654	1,750	Houve Influência
	F	DQO (mg/L)	Lag 50,25	Lag 80,20	3765	4887	2,697	2,499	Houve Influência
	T	DQO (mg/L)	Lag 50,25	Lag 80,20	3765	4887	15,474	1,77	Houve Influência
4	F	Remoção DQO (%)	Lod 96,25	Lod 192,20	39	62	1,215	4,818	Sem Influência
	T	Remoção DQO (%)	Lod 96,25	Lod 192,20	39	62	4,541	1,77	Houve Influência
	F	DQO (mg/L)	Lod 96,25	Lod 192,20	4464	4987	1,761	4,818	Sem Influência
	T	DQO (mg/L)	Lod 96,25	Lod 192,20	4464	4987	15,474	1,77	Houve Influência
5	F	Remoção DQO (%)	Lag 50,25	Lod 96,25	49	39	1,600	3,0717	Sem Influência
	T	Remoção DQO (%)	Lag 50,25	Lod 96,25	49	39	2,027	1,80	Houve Influência
	F	DQO (mg/L)	Lag 50,25	Lod 96,25	3765	4464	16,589	3,0717	Houve Influência
	T	DQO (mg/L)	Lag 50,25	Lod 96,25	3765	4464	15,474	1,77	Houve Influência

OBS- valores de DQO em mg/l são do efluente.

Em quase todos os casos (com exceção do teste nº 5 para a concentração de DQO efluente), o teste F não apresentou influência da condição de estudo. Desta maneira foi necessária a aplicação do teste T (Tabela 7). As concentrações de DQO efluente foram altas por grande parte da matéria orgânica do Líquido Percolado não ser biodegradável. É importante ressaltar que as concentrações de DBO no Efluente Final foram bastante reduzidas e que a legislação ambiental fixa limites apenas para o parâmetro DBO.

No teste nº 3 (Tabela 7), observou-se que as maiores porcentagens de remoção estavam associadas aos maiores tempos de detenção celular. E que as menores concentrações de DQO no efluente final ocorrem no sistema onde a temperatura foi maior (25°C).

Para teste nº 2 (Tabela 7), as porcentagens de remoção de DQO não foram influenciadas pelas condições de estudo, enquanto as menores concentrações de DQO no Efluente Final foram observadas na condição de maior temperatura (25°C).

Em relação ao teste nº 4 (Tabela 7), tanto a maior porcentagem de remoção, quanto a menor concentração de DQO no efluente Final, ocorreram na maior temperatura (25°C).

A condição Lag 80,20 apresentou a maior porcentagem de remoção de DQO (62%) e a menor concentração de DQO no Efluente Final foi observada na condição Lag 50,25 (3765 mg/L).

Sendo assim, observou-se que tanto a temperatura quanto o tempo de detenção celular influenciaram as porcentagens de remoção de DQO e as concentrações de DQO no efluente Final.

Em relação à DBO, a eficiência dos sistemas foi sempre superior a 95%, resultando uma concentração de efluente final na faixa de 20 a 50 mgO₂/l. Os valores mais baixos foram associados aos maiores tempos de detenção celular.

Remoção de Nitrogênio Amoniacal

Tabela 8: Resultados dos testes Fe T para as concentrações e remoções de Nitrogênio Amoniacal

Teste N°	Teste	Parâmetro	Condição 1	Condição 2	Média 1	Média 2	Valor	Valor crítico	Conclusão
1	F	Remoção Namon (%)	Lag 40,25	Lag 80,20	94	88	1,087	5,050	Sem Influência
	T	Remoção Namon (%)	Lag 40,25	Lag 80,20	94	88	4,125	1,810	Houve Influência
	F	Namon (mg/L)	Lag 40,25	Lag 80,20	135	443	1,048	5,050	Sem Influência
	T	Namon (mg/L)	Lag 40,25	Lag 80,20	135	443	1,674	1,810	Sem Influência
2	F	Remoção Namon (%)	Lag 40,25	Lag 50,25	94	96	1,674	3,326	Sem Influência
	T	Remoção Namon (%)	Lag 40,25	Lag 50,25	94	96	2,253	1,75	Houve Influência
	F	Namon (mg/L)	Lag 40,25	Lag 50,25	135	60	2,781	3,326	Sem Influência
	T	Namon (mg/L)	Lag 40,25	Lag 50,25	135	60	0,398	1,75	Sem Influência
3	F	Remoção Namon (%)	Lag 50,25	Lag 80,20	96	88	1,540	3,326	Sem Influência
	T	Remoção Namon (%)	Lag 50,25	Lag 80,20	96	88	6,923	1,75	Houve Influência
	F	Namon (mg/L)	Lag 50,25	Lag 80,20	60	443	4,255	3,326	Houve Influência
	T	Namon (mg/L)	Lag 50,25	Lag 80,20	60	443	1,902	1,75	Houve Influência
4	F	Remoção Namon (%)	Lod 96,25	Lod 192,20	92	85	1,524	4,704	Sem Influência
	T	Remoção Namon (%)	Lod 96,25	Lod 192,20	92	85	3,367	1,75	Houve Influência
	F	Namon (mg/L)	Lod 96,25	Lod 192,20	164	460	1,016	4,704	Sem Influência
	T	Namon (mg/L)	Lod 96,25	Lod 192,20	164	460	1,902	1,75	Houve Influência
5	F	Remoção Namon (%)	Lag 50,25	Lod 96,25	96	92	2,634	2,943	Sem Influência
	T	Remoção Namon (%)	Lag 50,25	Lod 96,25	96	92	3,504	1,72	Houve Influência
	F	Namon (mg/L)	Lag 50,25	Lod 96,25	60	164	4,144	2,943	Houve Influência
	T	Namon (mg/L)	Lag 50,25	Lod 96,25	60	164	1,902	1,75	Houve Influência

Em todos os testes (testes de 1 à 5, apresentados na Tabela 8 observou-se que as maiores porcentagens de remoção de N-amoniacoal e as menores concentrações de N_{amon} ocorreram na maior temperatura (25°C).

A maior porcentagem de remoção de N_{amon} (96%) ocorreu na condição Lag 50,25. A menor concentração média de N_{amon} no Efluente Final (60 mg/L) foi observada, também, na condição Lag 50,25, para uma concentração média de N_{amon} no Líquido Percolado de 2009 mg/L. A Figura 1 apresenta o comportamento do N_{amon} nesta condição de estudo.

Na condição Lag 40,25, a concentração de N-amoniacoal tendeu a crescer ao longo do ensaio, devendo tal fato merecer mais atenção em estudos complementares, pois nessa fase houve um significativo acúmulo de N-nitrito na lagoa aerada.

Nitrato

Tabela 9: Resultados dos testes F e T para o Parâmetro Nitrato

Teste N°	Teste	Parâmetro	Condição 1	Condição 2	Média 1	Média 2	Valor	Valor crítico	Conclusão
1	F	N-NO3 (mg/L)	Lag 40,25	Lag 80,20	1638	1847	1,545	3,2	Sem Influência
	T	N-NO3 (mg/L)	Lag 40,25	Lag 80,20	1638	1847	10,744	1,75	Houve Influência
2	F	N-NO3 (mg/L)	Lag 40,25	Lag 50,25	1638	1744	3,558	3,97	Sem Influência
	T	N-NO3 (mg/L)	Lag 40,25	Lag 50,25	1638	1744	6,052	1,78	Houve Influência
3	F	N-NO3 (mg/L)	Lag 50,25	Lag 80,20	1744	1847	2,303	3,603	Sem Influência
	T	N-NO3 (mg/L)	Lag 50,25	Lag 80,20	1744	1847	7,292	1,73	Houve Influência
4	F	N-NO3 (mg/L)	Lod 96,25	Lod 192,20	982	1175	1,743	3,3129	Sem Influência
	T	N-NO3 (mg/L)	Lod 96,25	Lod 192,20	982	1175	9,674	1,73	Houve Influência
5	F	N-NO3 (mg/L)	Lag 50,25	Lod 96,25	1744	982	1,442	3,7257	Sem Influência
	T	N-NO3 (mg/L)	Lag 50,25	Lod 96,25	1744	982	50,6419	1,75	Houve Influência

Nos testes de nº1 ao nº4 (Tabela 9) observou-se que a maior concentração de N-NO₃, esteve sempre associada ao maior tempo de detenção celular. Isto era esperado, por haver mais tempo para a transformação do nitrito a nitrato, mesmo em temperatura de 25 °C, onde parece se ter a taxa de crescimento das bactérias produtoras de nitrito superior à das produtoras de nitrato.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O presente trabalho permitiu concluir que:

- As maiores taxas de nitrificação estão associadas à maior temperatura (25°C);
- Em temperaturas mais altas houve tendência de acúmulo de nitritos no reator biológico, sendo maior este acúmulo para idade de lodo mais baixa. Este fato deve ser melhor pesquisado porque parece estar de acordo com informações mais recentes de que em temperaturas acima de ~23 °C as taxas de crescimento das bactérias produtoras de nitrito é maior que a de produtoras de nitrato. Estas observações poderão ser importantes para a remoção de nitrogênio por via biológica.
- As concentrações de N-amoniaco no efluente final, a despeito da boa remoção observada, é ainda muito elevada, estando muito acima dos valores requeridos pela legislação ambiental para efluentes de sistemas de tratamento. Possivelmente melhores resultados poderão ser obtidos com o uso de mais um sistema biológico aeróbio operando em série.
- As maiores concentrações de nitrato no efluente estão associadas aos maiores tempos de detenção celular;
- A remoção de DQO observada foi relativamente baixa, mostrando que grande parte da matéria orgânica presente no Percolado de Aterros Sanitários não é biodegradável. Todavia, as remoções de DBO sempre foram bastante elevadas, mostrando que os sistemas estudados são adequados para essa finalidade.
- Tanto a temperatura, quanto o tempo de detenção celular influenciaram a remoção de DQO;

Recomenda-se que as pesquisas para remoção de nitrogênio de Percolados de Aterros Sanitários tenha continuidade, com o uso de zonas anóxicas a montante de dos reatores aeróbios e controle de OD nestes reatores visando minimizar a produção de nitratos e remoção de nitrogênio por desnitrificação via nitrito. Também, o uso de sistemas aeróbios em série deve ser pesquisado para maior eficiência do processo total de nitrificação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANTHONISEN, et al. Inhibition of nitrification by ammonia and nitrous acid. **Journal WPCF**, v 48, n 5, p. 835 – 852, maio 1976.
2. ASSIS, J.F. **Avaliação do uso de aterros como alternativa para disposição de resíduos sólidos domiciliares e industriais**. 1999. 126p.. Dissertação (mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade São Paulo. São Carlos, 1999.
3. BAE, J.H.; KIM, S.K.; CHANG, H.S. Treatment of landfill leachates: ammonia removal via nitrification and denitrification and further COD reduction via fenton's treatment followed by activated sludge. **Water Science Technology**, Grã Bretanha, v 36, n.12 p. 341- 348, 1997.
4. CAPELO-NETO, J.; MOTA, S; Caracterização e avaliação da tratabilidade biológica do percolado gerado no aterro sanitário Oeste em Caucaia (Ceará). In: congresso brasileiro de engenharia sanitária e ambiental, 20., Rio de Janeiro 1999. **ANAIS**. ABES. Rio de Janeiro: 1999. p 3697 – 3703.
5. DIAMADOPOULOS, E.; et al. Combined treatment of landfill leachate and domestic sewage in a sequencing batch reactor. **Water Science Technology**, Grã Bretranha v 36,n.2-3, p 61 – 68. 1997
6. GARCIA, H.; RICO,J.L.; GARCIA, P.A. Comparison of anaerobic treatment of leachates from an urban-solid-waste landfill at ambient temperature and at 35°C. **Bioresource Technology**, Grã Bretranha. v 58, p 273 – 277, 1996.
7. ILIES, P.; MAVIVNIC, D.S. The effect of decreased ambient temperature on the biological nitrification and denitrification of a high ammonia landfill leachate. **Water Research**. Grã Bretranha. v 35, n. 8, p 2065- 2072, 2001.
8. IM, J. H et al. Simultaneous organic and nitrogen removal from municipal landfill leachate using an anaerobic – aerobic system. **Water Research**. v35, n. 10, p 2403 – 2410, 2001.
9. KETTUNEN, R.H.; HOILJOKI, T.H.; RINTALA, J.A. Anaerobic and sequential anaerobic-aerobic treatments of municipal landfill leachate at low temperatures. **Bioresource Technology**, Grã Bretranha v 58. p 31 – 40. 1996.
10. LI, X.Z.; ZHAO Q.L. Efficiency of biological treatment affected by high strength of ammonium-nitrogen in leachate and chemical precipitation of ammonium-nitrogen as pretreatment. **Chemosphere**, v 44, p 37 – 43p. 2001.
11. McBEAN, E.A.; ROVERS, F.A.; FARQUHAR, G. J. **Landfill engineering and design**. New Jersey: Prentice Hall, 1995. 521p.

- 12.MORAES, V.A. et al. **Caracterização e estudo de tratabilidade de líquidos percolados de Aterros Sanitários**.São Paulo: CETESB, 1995. (Relatório técnico). p.66
- 13.NIELSEN, P.H. Adsorption of ammonium to activated sludge. **Water Research**, Grã Bretanha, v 30, n.3, p.762 – 764, 1996.
- 14.INSTITUTO DE PESQUISA TECNOLÓGICA / CEMPRE. **Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado**. 2. ed. São Paulo: IPT, 2.000. 370p.
- 15.PASCHOALATO, C.F.P.R. **Caracterização dos líquidos percolados gerados por disposição de lixo urbano em diferentes sistemas de aterramento**. 2000. 97p. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade São Paulo. São Carlos, 2000.
- 16.PESSIN, N. et al. 1998. Variação da composição dos líquidos percolados do aterro sanitário de São Giácomo. Caxias do Sul – RS. In: Congresso brasileiro de engenharia sanitária e ambiental,19., 1998. **Anais**. ABES, 1998. p. 1686 – 1694.
- 17.QASIM,S.R.;CHIANG,W. **Sanitary landfill leachate: generation, control and treatment**. Lancaster: Ed Technomic publishin, 1994. 399p.
- 18.ROBINSON, H.D. On-site treatment of leachates from landfilled wastes. **Journal of the institution of water and environmental management**, Londres. v4, n. 1, p.78- 89 Fevereiro, 1990.
- 19.SCHIMIDELL, W; VITORATTO, E. O desafio do lixo urbano. **Revista. Politécnica**. São Paulo n 204/205, p. 40-42, janeiro / junho1992.
- 20.VAN HAANDEL, A.; MARAIS, G. **Comportamento do sistema lodo ativado: teoria e aplicações para projetos e operação**. Campina Grande: epgraf, 1999. 488p.
- 21.VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: Lodos ativados**. Belo Horizonte. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federa de Minas Gerais, 415p. 1997.V4.