

## II-369 – CARACTERIZAÇÃO QUALITATIVA DE LODO HETERÓTROFICO E AUTOTRÓFICO NITRIFICANTE EM SISTEMA DE LODO ATIVADO

**Dayane de Andrade Lima**<sup>(1)</sup>

Estudante de Graduação em Tecnologia em Saneamento Ambiental e Técnico em Meio Ambiente pelo Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia (IFCE). Bolsista de Iniciação Científica (CNPq).

**Danikelly Silva Damasceno**<sup>(2)</sup>

Estudante de Graduação em Tecnologia em Saneamento Ambiental pelo Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia (IFCE). Bolsista de Iniciação Científica (CNPq).

**Elivânia Vasconcelos Moraes dos Santos**<sup>(3)</sup>

Professora do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia (IFCE) *campus* Limoeiro do Norte

**Heraldo Antunes Silva Filho**<sup>(4)</sup>

Professor do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia (IFCE) *campus* Limoeiro do Norte

**Adrianus C. van Haandel**<sup>(5)</sup>

Professor da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)

**Endereço**<sup>(1)</sup>: Rua Estevão Remígio – Limoeiro do Norte – CE - CEP: 62930-000 - Brasil - Tel: (88) 9224-5032 - e-mail: [dayaneandrade@ifce.edu.br](mailto:dayaneandrade@ifce.edu.br)

### RESUMO

No tratamento biológico dos despejos líquidos domésticos e/ou industriais, devido à matéria orgânica e as formas nitrogenadas presentes na água residuária, se desenvolvem bactérias quimioheterotróficas e quimioautotróficas nitrificantes, predominando na fração ativa do lodo biológico. Para um bom desempenho do sistema em relação à remoção desses poluentes (matéria orgânica e nitrogênio), a presença dessas bactérias é necessária no processo. O conhecimento do metabolismo dessas bactérias bem como da sua cinética de crescimento é de fundamental importância para projetos racionais de estações de tratamento de esgoto, bem como para a sua adequada operação. O estabelecimento dessas comunidades no sistema é função linear da adequada operação do mesmo bem como do fornecimento de condições ambientais favoráveis, como o pH e a concentração de oxigênio dissolvido. A determinação da presença dessas bactérias pode ser feita utilizando-se métodos respirométricos onde se mede a velocidade com que o oxigênio é consumido em uma batelada de lodo em função do consumo de um substrato específico a comunidade procurada. Nesse sentido, com o presente trabalho, objetiva-se avaliar qualitativamente a presença de bactérias heterotróficas aeróbias e autotróficas nitrificantes utilizando acetato de sódio para o primeiro grupo de bactérias e cloreto de amônio para o segundo grupo. Espera-se com os resultados da pesquisa obter dados que possam garantir maior confiabilidade aos testes respirométricos, bem como gerar subsídios para o estabelecimento das melhores condições ambientais, além de estimar o tempo de partida dos sistemas de lodo ativado, que em geral demandam alta técnica e um acompanhamento mais minucioso por parte do operador.

**PALAVRAS-CHAVE:** Respirometria, Lodo Quimioheterotrófico, Lodo Quimioautotrófico.

### INTRODUÇÃO

Sistemas de lodo ativado (SLA) têm como configuração básica um reator aerado (precedido, ou não, de um decantador primário) e um decantador secundário. Devido à matéria orgânica e o material nitrogenado presente na água residuária, no reator biológico se desenvolvem bactérias heterotróficas e autotróficas nitrificantes que predominam na fração ativa do lodo biológico. O metabolismo dessas bactérias foi adequadamente descrito por Marais e sua equipe de pesquisadores (MARAIS et al., 1976), tendo sido, em 1986, apresentado como modelo para o entendimento dos processos que se desenvolvem nesses sistemas (HENZE et al., 1987).

O metabolismo das bactérias quimioheterotróficas (bem como das quimioautotróficas responsáveis pelo processo de nitrificação) é verificado através das constantes cinéticas do modelo de Marais. As constantes cinéticas se referem à taxa de crescimento, à taxa de utilização do material orgânico e nitrogenado, à de decaimento e à constante de meia saturação. Para determinação dessas constantes, tem-se como principal

parâmetro a taxa de consumo de oxigênio (TCO), a qual está diretamente relacionada com a taxa que o material orgânico e nitrogenado é consumido e que pode ser determinada através da respirometria.

A respirometria é uma técnica baseada na medição do consumo de oxigênio por parte dos microrganismos, durante o catabolismo oxidativo. Testes respirométricos podem determinar a taxa de utilização de oxigênio dissolvido (TCO) por bactérias durante o metabolismo oxidativo aeróbio (VAN HAANDEL; MARAIS, 1999).

Em termos qualitativos, considera-se que, à medida que se desenvolve uma taxa de consumo de oxigênio mediante a adição de um substrato, considera-se presente a comunidade bacteriana em estudo. Com a utilização de diferentes substratos, torna-se possível evidenciar a presença de diversas comunidades bacterianas.

Dessa forma, a escolha adequada do substrato teste para a determinação das taxas máximas de crescimento, bem como para o monitoramento do metabolismo dos sistemas biológicos, ganha cada vez mais destaque e importância na engenharia sanitária.

Diante do exposto, destaca-se a relevância de se estudar o metabolismo dos microrganismos envolvidos nos processos bioquímicos em sistemas de tratamento de esgotos e principalmente, a necessidade de se ter o conhecimento seguro sobre tais processos, fato este conseguido de forma simples por meio da respirometria aliada a um bom modelo matemático que descreva o sistema de tratamento em questão.

## OBJETIVOS

### Geral

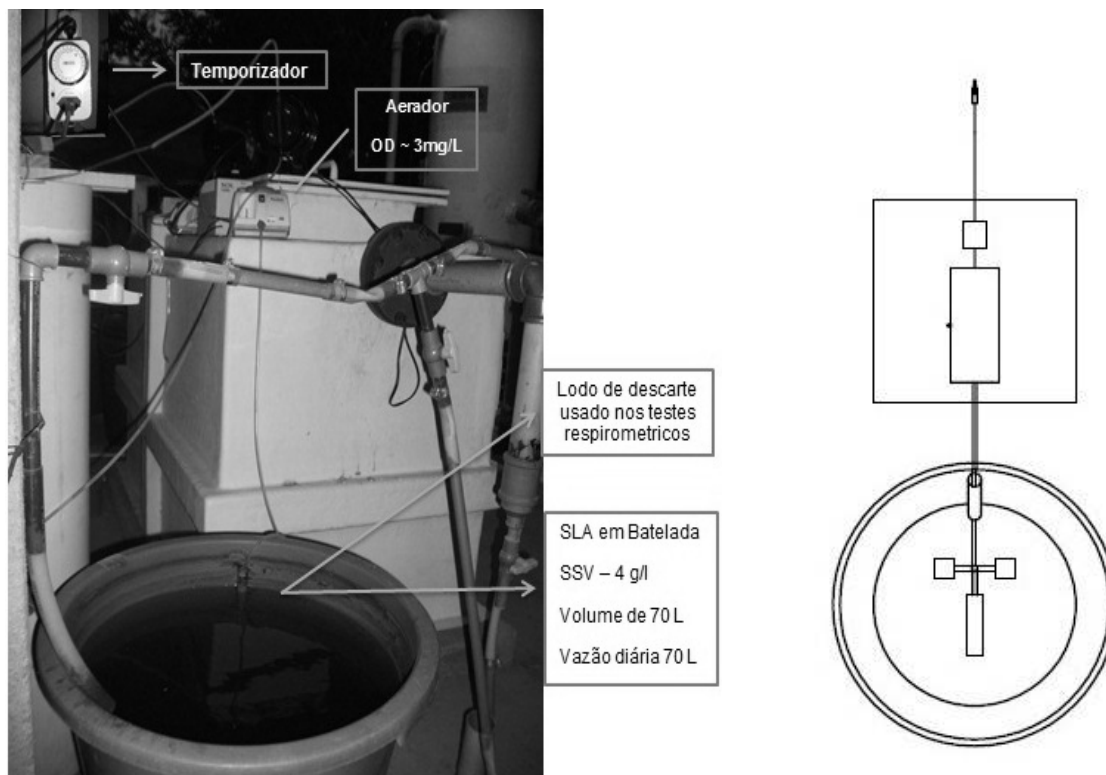
- Caracterizar qualitativamente a comunidade biológica presentes em um sistema de lodo ativado.

### Específicos

- Montar e operar adequadamente um sistema de LA em batelada com vistas à geração de lodo que posteriormente seria utilizado na caracterização do sistema;
- Submeter o lodo a exposição de amônia e caracterizá-lo de forma indireta quanto ao consumo de oxigênio dissolvido (via respirometria)
- Submeter o lodo a exposição de DQO na forma de acetato de sódio caracterizá-lo de forma indireta quanto ao consumo de oxigênio dissolvido (via respirometria)

## MATERIAL E MÉTODOS

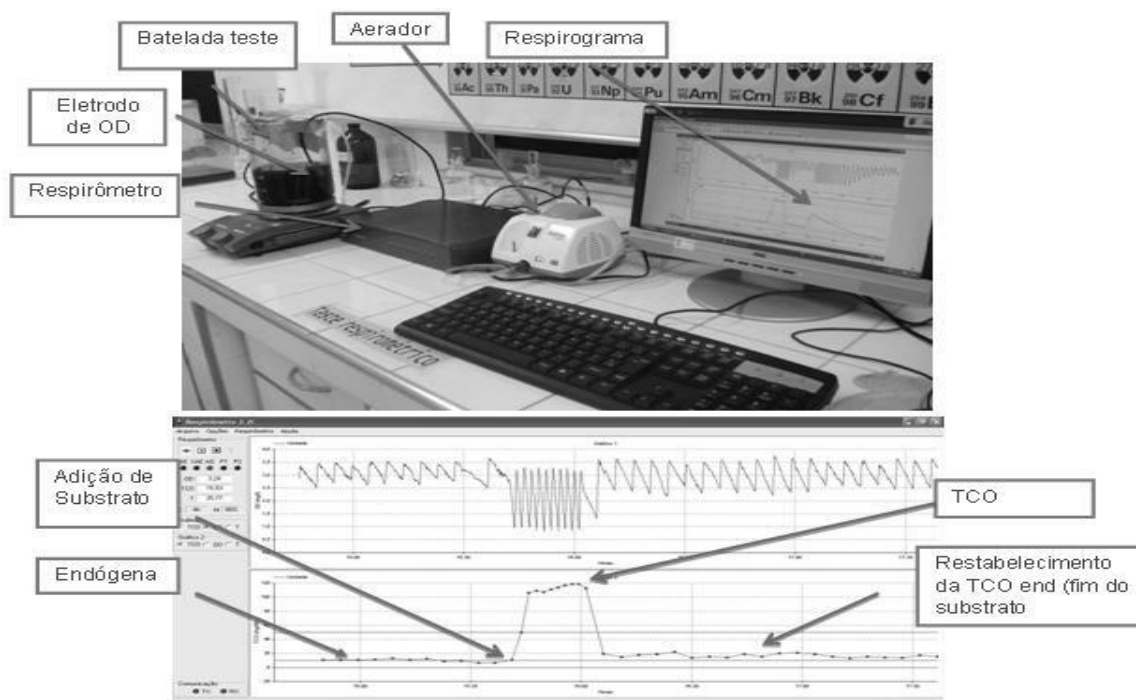
Para a geração do lodo que foi utilizado nos testes respirométricos, foi montado um sistema de Lodo Ativado em Batelada onde inicialmente fez-se inoculação de lodo anaeróbio de um reator UASB pertencente ao sistema de tratamento de esgoto municipal, após passou a ser alimentado com esgoto doméstico proveniente das instalações sanitárias da instituição de ensino tecnológico de Limoeiro do Norte, excetuando-se as contribuições dos laboratórios e ambientes que descaracterizavam o perfil de um esgoto doméstico (setor de usinagem, lavagem de veículos, planta piloto de alimentos, etc.) O sistema foi operado sob condições ambientais de temperatura (T média de 29°C) e possuía um volume de aproximadamente 70 litros. Contava com um dispositivo no fundo do reator responsável pela difusão de oxigênio (4 pedras porosas de aquário) alimentado por um mini compressor de ar. Esse compressor era ligado diretamente a um temporizador analógico programado para promover 12 horas de aeração e 12 horas de não aeração, caracterizando dessa forma um ambiente aeróbio e um ambiente anóxico para desnitrificação. As 12 horas aeróbias e anóxicas eram intercaladas em duas e duas horas, procurando evitar o excesso de oxigênio e queda brusca de pH em função do processo de nitrificação (**Figura 1**). Diariamente eram tratados 140 litros de água residuária divididos em dois ciclos diários.



**Figura 01:** Esquema ilustrativo da configuração do sistema e da disposição dos seus elementos-suporte (esquerda). Vista aérea do esquema do sistema batelada montado (direita).

### Testes Respirométricos

A TCO foi determinada conforme Catunda et al. (1996), utilizando-se o respirômetro Beluga, do tipo aberto e de forma semi-contínua. Um aerador era ligado ao respirômetro, que controlava a aeração através do software S3.2C que acompanha o equipamento. O respirômetro ativava o aerador quando a concentração de OD atingia um limite inferior estabelecido, desativando-o quando esta atingia um limite superior de OD também estabelecido, iniciando, assim, ciclos de períodos com e sem aeração. Durante os períodos sem aeração, o Beluga calculava a TCO a partir da variação da concentração de OD com o tempo. Os equipamentos necessários para um teste respirométrico com bateladas de licor misto, assim como um respirograma gerado durante o teste estão apresentados na **Figura 2**.



**Figura 2:** Equipamentos utilizados para a realização dos testes respirométricos (fotografia superior) e exemplo de um respirograma típico obtido em um teste com o licor misto de um sistema de lodo ativado (figura inferior). Durante os períodos sem aeração, o Beluga calculava a TCO utilizando os dados adquiridos da diminuição da concentração de OD, através de regressão linear, sendo esta taxa expressa como (Equação 1):

$$TCO = (dOD/dt) = (OD_{max} - OD_{min})/\Delta t \quad \text{Equação (1)}$$

Onde:

TCO : taxa de consumo de oxigênio ( $\text{mgO}_2 \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ );  
 ODmax : valor de oxigênio dissolvido de referência superior;  
 ODmin : valor de oxigênio dissolvido de referência inferior;  
 $\Delta t$  : variação do tempo.

Para realização dos testes respirométricos com aeração de forma semi-contínua, as concentrações de OD estabelecidas como de referências mínima e máxima foram de 1,0 e 3,0 mg/L, respectivamente. Os valores de referência foram escolhidos de acordo com a resposta metabólica do lodo, para que não houvesse erro na leitura da TCO (DERKS, 2007). O substrato adicionado era específico para cada grupo de bactérias estudadas. O consumo do substrato adicionado era traduzido pelo consumo de OD, registrado pelo respirômetro que armazenava os dados de OD em planilha eletrônica a cada 5 segundos, calculando também a TCO. Na **Tabela 1** estão apresentados os substratos usados para os grupos de bactérias testadas.

**Tabela 1:** Substratos utilizados para os testes respirométrico.

Grupo de bactérias	Substratos específicos	Fórmula Molecular	Massa Molar (g/mol)
Bactérias Autotróficas Nitrificantes	Cloreto de Amônio	$\text{NH}_4\text{Cl}$	53.49
Bactérias Heterotróficas	Acetato de Sódio	$\text{CH}_3\text{COONa}$	82.04

Para os testes respirométricos com cada grupo de bactéria, foram tomadas alíquotas do licor misto coletadas do reator. O procedimento utilizado durante os testes respirométricos era:

- Inicialmente ligava-se o respirômetro e esperava-se 10 minutos para então se calibrar o eletrodo de oxigênio com o valor do oxigênio de saturação em função da temperatura ambiente e altitude local;
- Uma amostra de 1 litro do licor misto era submetida à agitação e aeração controladas pelo respirômetro, a fim de que todo substrato extracelular disponível no licor misto fosse utilizado, estabelecendo-se uma TCO contínua e mínima (TCO endógena), correspondente à respiração endógena;
- Quando era estabelecida a respiração endógena, era então adicionado o substrato específico para determinação das constantes cinéticas do grupo de bactérias testadas (**Tabela 1**). Adicionava-se quantidade suficiente de substrato para que o mesmo não fosse limitante do processo (concentração de substrato >> constante de meia saturação);
- Em planilha eletrônica Excel eram armazenados os dados de temperatura a cada 30 segundos, de OD a cada 5 segundos e os da TCO, calculados pelo respirômetro a cada 5 minutos, podendo esse tempo para a TCO ser menor, caso a referência inferior estabelecida de OD fosse atingida antes dos 5 minutos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após o início da operação e transcorridos 20 dias, sistematicamente eram retiradas alíquotas do lodo do SLA em batelada e submetidas aos testes respirométricos. A **Tabela 2** expressa esses dados em termos de TCO (mg/L/h), mostrando também o progresso do sistema em relação à magnitude desse parâmetro, que aumentava ao decorrer do tempo.

**Tabela 2:** Valores da TCO endógena, máxima e exógena em relação ao metabolismo dos dois substratos-teste utilizados.

Dias	Bactérias Heterotróficas			Bactérias Autotróficas Nitrificantes		
	TCOend	TCOmax	TCOexo	TCOend	TCOmax	TCOexo
1	10	80	70	10	10	0
2	10	110	100	10	10	0
6	10	120	110	10	10	0
7	11	138	127	11	11	0
10	14	160	146	14	14	0
11	15	145	130	15	15	0
15*	10	80	70	10	10	0
17	13	110	97	13	13	0
20	12	135	123	12	12	0
21*	12	57	45	12	12	0
24	14	70	56	14	20	6
26	15	95	80	15	35	20
28	13	110	97	13	60	47
33	12	135	123	12	65	53
42	11	112	101	11	38	27
46*	10	97	87	10	44	34
48	12	113	101	12	20	8
49	16	134	118	16	49	33
51	10	137	127	10	58	48
54*	11	85	84	11	45	44
57	7	107	100	7	52	45
59*	7	63	56	7	31	24
61	12	78	66	12	46	34

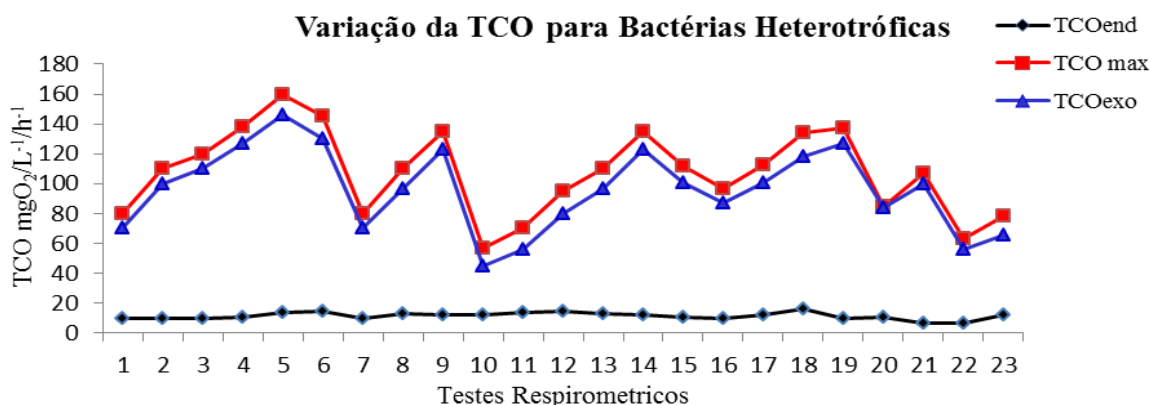
**15\*, 21\*:** Esses dias representam falhas na operação do sistema onde não foi feita a alimentação do sistema com esgoto, processo em que o efluente tratado é substituído pelo esgoto bruto, rico em DQO que é essencial para as Bactérias, assim explica-se a queda da TCO.

**46\*, 54\*, 59\*:** Nesses respectivos dias houve um atraso no descarte do sobrenadante do SLA e um considerável acúmulo de subprodutos da nitrificação, resultando em queda do pH e consequentemente redução brusca da TCO.

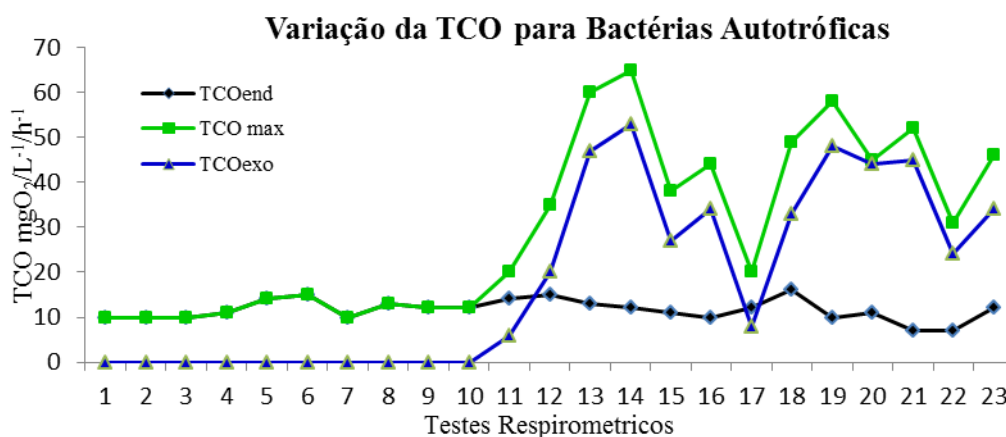
Através da **Figura 3** e da **Figura 4** é possível observar que existe uma tendência à ascensão do valor de TCO à medida que o tempo transcorre, caracterizando o início da atividade do sistema. A **Figura 4** evidencia que somente no dia 24 é que tivemos início efetivo da nitrificação ao ponto de tivéssemos um incremento na TCO. Considerando que os testes respirométricos foram iniciados após 20 dias de operação do sistema, pode-se afirmar que se fizeram necessários 43 dias para que a comunidade nitrificante se estabeleça no sistema, o que de fato é coerente quando consideramos as recomendações da literatura na manutenção de altas idades de lodo com vistas ao surgimento da nitrificação (SILVA FILHO, 2009).

Entende-se que essas bactérias possuem elevados tempos de duplicação (7 a 12 horas), o que dificulta seu estabelecimento em sistemas biológicos de tratamento, principalmente quando operados inadequadamente. Essa operação inadequada fica evidente quando observamos nos testes 7, 10, 16, 20 e 21 da **Figura 3**, onde é notória a queda significativa da TCO. Para esses testes foram registrados valores de pH abaixo de 6 e escarces de DQO o que por sua vez resultou no rebaixamento da TCO. Observando a **Figura 5** onde está representado à endógena e a TCO máxima das bactérias heterotróficas e as autotróficas nota-se que os problemas operacionais prejudica os dois grupos causando redução da TCO.

Dessa forma, pode-se afirmar que o processo de nitrificação iniciou-se nesses dias de queda de TCO, porém o tempo destinado a desnitrificação foi insuficiente para total reposição da alcalinidade, o que resultou na redução do pH.

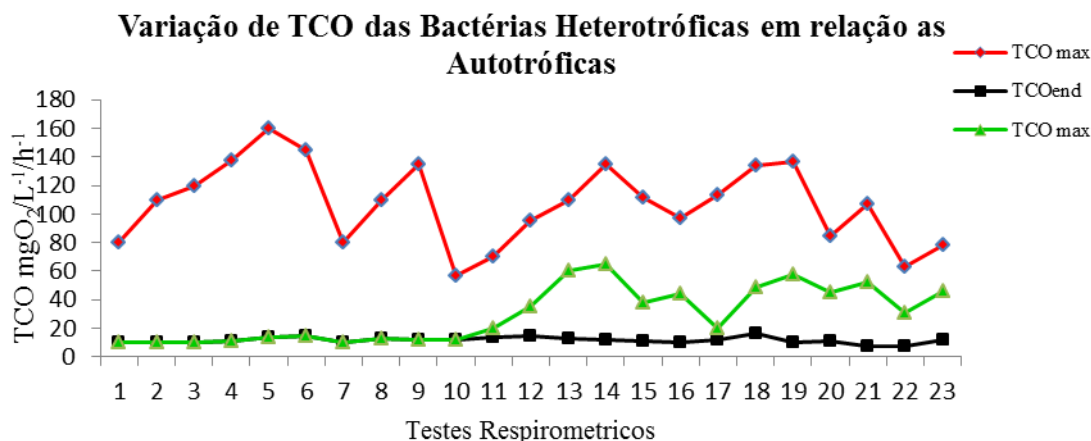


**Figura 3:** Variação temporal da TCO endógena, máxima e exógena para bactérias heterotróficas.



**Figura 4:** Variação temporal da TCO endógena, máxima e exógena para bactérias autotróficas.





**Figura 5:** Variação temporal da TCO endógena, máxima para bactérias heterotróficas e autotróficas.

## CONCLUSÕES

A partir da montagem e operação do sistema de lodo ativado em batelada, e consequente estabilização do lodo de teste, processo este acompanhado via respirometria, observou-se a fixação e manutenção de lodo autotrófico nitrificante e heterotrófico.

O acompanhamento do crescimento e estabilização dessas populações microbianas mostrou-se essencial à operação de sistemas de lodo ativado. Indica-se o uso de parâmetros confiáveis para monitoramento de sistemas quando subsidiados por uma ferramenta confiável e prática como a respirometria.

O uso dessa ferramenta garantiu que houve crescimento de lodo autotrófico nitrificante e heterotrófico, pois a taxa de consumo de oxigênio foi crescendo conforme o transcorrer dos dias, confirmando que essa metodologia também se faz viável para acompanhamento de partida e estabilização de sistemas de tratamento de esgotos aeróbios e com crescimento disperso.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CATUNDA, S. Y. C.; DEEP, G. S.; VAN HAANDEL, A. C.; FREIRE, R. C. S (1996). **Fast on-line measurement of the respiration rate in activated sludge systems**. IEEE Instrumentation and measurement technology conference Bruxelas, Bélgica, Junho 4-6.
2. DERKS, Y. M. **Uso da respirometria para avaliar a influência de fatores operacionais e ambientais sobre a cinética de nitrificação**. 103 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande. 2007
3. HENZE, M., GRADY, C. P. L., GUJER, W., MARAIS, G. v. R., e MATSUO, T. **Activated Sludge Model No. 1. IAWPRC Scientific and Technical Report No. 1**. IAWPRC, London. 1987
4. MARAIS, G. V. R e EKAMA, G. A. The activated sludge process part: steady state behaviour. Water S. A, 1976.
5. SILVA FILHO, H. A.. **Uso da respirometria para avaliar a cinética de nitrificação em sistemas de lodo ativado**. Dissertação de mestrado. Campina Grande-PB: UFCG; 112 p. 2009.
6. VAN HAANDEL, A.C. e MARAIS, G. **O comportamento do sistema de lodo ativado: teoria e aplicação para projetos e operações**. Campina Grande – PB: Epgraf. 5, 1999.