

II-301 - AVALIAÇÃO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTE POR LODO ATIVADO DE UMA INDÚSTRIA DE PEÇAS AUTOMOTIVAS NA REGIÃO METROPOLITANA DO GRANDE RECIFE-PE ATRAVÉS DE ANÁLISE DE IMAGENS DOS MICRO-ORGANISMOS

Luiz Carlos Zoby Júnior⁽¹⁾

Engenheira Químico pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Mestre em Engenharia Química pela Universidade Federal de Pernambuco. Especialista em Especialista em Fluidos de Perfuração, Completação e Estimulação pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Doutor em Engenharia Química pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

Luiz Martins Pereira Neto

Mestrando em Engenharia Ambiental pela UFRPE, Pós-Graduando em Engenharia de Segurança do Trabalho pela UNINASSAU, Graduando em Licenciatura em química pela Faculdade Campos Elísios, especialista em Perícia e Auditoria pela Faculdade Alfa América, Graduado em Engenharia Ambiental e Sanitária pela UNINASSAU (2017), Técnico em Agropecuária pelo IFPE (2012), Técnico em Segurança do Trabalho pelo ETEPE (em Andamento).

Maria Monize Moraes

Doutora em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Engenheira Agrícola e Ambiental pela UFRPE, Tecnóloga em Gestão Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE). Professora Assistente da Associação Caruaruense de Ensino Superior.

Maurício Alves da Motta Sobrinho

Engenheiro Químico pela Universidade Católica de Pernambuco (UNICAP); Mestre em Engenharia Química pela UFPB campus II (atual UFCG). Doutor em Engenharia de Processos pelo Institut National Polytechnique de Lorraine (França); Professor Associado da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Pesquisador 1D CNPq.

António Luís Pereira do Amaral

Licenciou-se em 1996 em Engenharia Biológica pela Universidade do Minho. Concluiu o Mestrado em Engenharia Biológica em 1999 e o Doutoramento em Engenharia Química e Biológica no tema “Análise de Imagem em Processos Biotecnológicos” em 2003. De 2002 a 2007 foi professor no Instituto Politécnico de Bragança. Desde 2007 é Professor Adjunto no Instituto Politécnico de Coimbra e pesquisador do Centro de Engenharia Biológica (CEB) da Universidade do Minho (Portugal).

Endereço⁽¹⁾: Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Av. Prof. Moraes Rego, 1235, Recife, PE, Brasil, CEP: 50670-901. e-mail: lczoby@yahoo.com.br

RESUMO

A identificação dos micro-organismos presentes no lodo ativado tem sido uma ferramenta útil na identificação da qualidade do efluente tratado e para o controle operacional, através das espécies de protozoários e metazoários que ocorrem nesses ecossistemas. As amostras de efluentes foram coletadas na entrada e na saída da estação para se verificar a eficiência das mesmas. Já as amostras de lodo ativado, coletadas no tanque de aeração, foram utilizadas para observar a população de protozoários e metazoários. A caracterização dos efluentes foi realizada de acordo com o *Standard Methods*. A identificação dos micro-organismos foi realizada através de árvore de decisões (DT) utilizando o *Matlab*, com validação visual.

PALAVRAS-CHAVE: Análise de Imagem, Árvore de Decisões, Eficiência, Lodo Ativado, Efluente Industrial.

INTRODUÇÃO

O lodo ativado consiste em uma complexa associação de micro-organismos composta por bactérias, protozoários, fungos e micrometazoários que oxidam os compostos orgânicos e inorgânicos presentes nos efluentes (BENTO *et al.*, 2005; DAVIES, 2005). A comunidade estabelecida nesse sistema é dinâmica e

fundamental ao tratamento, sendo que cada espécie tem sua importância para o bom funcionamento do sistema de tratamento (AMMAN *et al.*, 1997).

Um critério utilizado na avaliação do funcionamento de uma ETE em função da densidade e variedade da microfauna é o Índice Biótico de Lodo (do inglês *Sludge Biotic Index* - SBI) desenvolvido por Madoni (1994). Esse índice se baseia nas diferentes sensibilidades reveladas por cada grupo da microfauna em relação aos parâmetros físico-químicos e operacionais preponderantes no sistema, bem como na abundância e diversidade da microfauna. Madoni (1994) determinou que os protozoários eram bons indicadores da qualidade do tratamento dos sistemas por lodo ativado, porém sensíveis aos processos físicos, químicos e operacionais, tendo correlacionado as espécies ou grupos de micro-organismos presentes com vários parâmetros operacionais. De fato, os microrganismos *Carchesium*, *Zoothamnium* e *Vorticella aquadulcis* estavam relacionados com um efluente de boa qualidade e uma boa aeração no sistema. Já a *Opercularia* e *Vorticella microstoma* apresentaram um efluente de uma qualidade ruim e uma aeração deficiente. Vários outros trabalhos, apresentados em seguida, envolveram ainda o estudo dos protozoários.

Mesquita *et al.* (2016) utilizaram a análise quantitativa de imagem microscópica para caracterizar a comunidade microbiana e avaliar o funcionamento da Estação de Tratamento de Efluente (ETE) por lodo ativado, sendo este um método rápido para avaliação da estação quando comparado com os métodos tradicionais (avaliação microscópica manual, com especialista e com uso de reagentes) que requerem mais trabalho, tempo e geram resíduos para o meio ambiente. As comunidades bacterianas e a identificação de protozoários por análise microscópica já é rotineiramente empregada em um número considerável de casos, como para avaliação dos agregados e propriedades filamentosas das bactérias. Estes procedimentos são capazes de fornecer uma quantidade cada vez maior de dados para realizar uma análise dos processos de tratamento de efluentes (MESQUITA *et al.*, 2013).

Adicionalmente, o procedimento de análise de imagem associado a técnicas quimiométricas para avaliar o funcionamento da ETE, pode fornecer uma identificação precoce e uma prevenção de problemas operacionais (AMARAL *et al.*, 2013).

Nesse sentido, o objetivo desse trabalho é a identificação dos micro-organismos através de técnicas de análise de imagens para avaliar estações de tratamento de efluente por lodo ativado; avaliar seus parâmetros físico-químicos; reconhecer e identificar espécies de protozoários e metazoários presentes no lodo ativado; utilizar técnicas estatísticas de análise multivariada: árvores de decisões e estudar a correlação dos micro-organismos com os parâmetros físico-químicos.

MATERIAIS E MÉTODOS

As amostras de efluentes foram coletadas na estação de tratamento de efluentes por lodo ativado de uma indústria de peças automotivas na Região Metropolitana do Recife-PE.

As amostras foram coletadas na entrada da caixa de areia, na saída do decantador secundário e no tanque de aeração, e foram acondicionadas em recipientes limpos e adequados (frasco de polietileno). O transporte das amostras até o laboratório foi realizado em ambiente refrigerado (isopor com gelo) com a finalidade de retardar a decomposição do conteúdo orgânico pelos micro-organismos, preservando assim ao máximo as características originais das amostras.

A análise de DQO foi realizada através do método colorimétrico e a DBO₅ foi analisada pelo método manométrico através da variação de pressão. As demais análises foram realizadas de acordo com os procedimentos do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1995). As análises das ETEs foram obedeceram à Resolução CONAMA 430/2011 para lançamentos de efluentes domésticos (BRASIL, 2011) e os efluentes industriais à Norma Técnica para Controle de Carga Orgânica em Efluentes Líquidos Industriais da Companhia Pernambucana de Recursos Hídricos (CPRH, 2003). Para a Norma do CPRH as fontes poluidoras com a carga orgânica igual ou superior a 100 kg.dia⁻¹, deverão remover no mínimo 90% de DBO₅ e com carga orgânica inferior a 100 kg.dia⁻¹, deverão remover no mínimo 70% de DBO₅.

Para o sistema de aquisição de imagem foi utilizado um microscópio óptico *Axiostar Plus* (Zeiss, Göttingen, Germany), sobre o qual foi conectada uma câmara modelo SDC-312 (Samsung, Korea). Em seguida a imagem foi digitalizada para o computador através de uma placa de aquisição *Pinnacle Studio Movie Box HD*.

As imagens foram tratadas no programa *Matlab* versão R2016b para obtenção dos parâmetros morfológicos dos protozoários e metazoários. Os micro-organismos foram identificados através de árvores de decisões e confirmados com validação visual.

RESULTADOS

Caracterização dos Efluentes

A Tabela 1 apresenta os resultados dos parâmetros de caracterização do efluente analisado.

Tabela 1 – Caracterização físico-química do efluente da estação de tratamento da indústria de peças
Caracterização dos Efluentes.

Parâmetros analisados	PEÇA 1		PEÇA 2		PEÇA 3	
	Entrada	Saída	Entrada	Saída	Entrada	Saída
DQO (mg O₂.L⁻¹)	1393	61	1362	105	10692	130
DBO₅ (mg O₂.L⁻¹)	475	19	225	43	2500	5
ST (mg.L⁻¹)	52336	2232	70024	3078	6289	2469
SF (mg.L⁻¹)	5893	1503	7876	2109	3217	1823
SV (mg.L⁻¹)	46444	729	62148	969	3072	646
SST (mg.L⁻¹)	41632	103	55782	89	3350	118
SSF (mg.L⁻¹)	4580	13	6136	22	450	31
SSV (mg.L⁻¹)	37052	90	49646	67	2900	87
N-NH₃ (mg.L⁻¹)	0,92	3,63	0,53	0,19	66,00	0,82
N-NO₃ (mg.L⁻¹)	3,00	42,10	3,70	42,90	340,00	28,10
Condutividade (µS.cm⁻¹)	0,21	4,31	0,26	3,26	6581,00	4818,00
Cor (mg Pt Co.L⁻¹)	466	33	634	52	7200	88
pH	5,5	6,8	5,5	5,5	7,0	7,5
Turbidez (NTU)	487,00	9,13	613,00	9,35	546,00	47,60

Para os parâmetros de pH, remoção de DBO₅ e nitrogênio amoniacal as três coletas da indústria de peças automotivas estavam de acordo com as exigências para lançamento de efluente recomendada pela Resolução CONAMA 430/2011. A remoção em termos de DQO para as coletas foi de 96% para a coleta PEÇA 1, de 92% para a PEÇA 2 e de 99% para a PEÇA 3. As três coletas apresentaram altas concentrações de material particulado apresentando remoções de ST de 96% para as PEÇAS 1 e 2, e de 61% para a PEÇA 3, e remoções de SST de 99,75% para a PEÇA 1, 99,84% de a PEÇA 2 e de 96,48% para a PEÇA 3. Para os compostos nitrogenados da coleta PEÇA 1 e PEÇA 2 foi observado um aumento do nitrato devido à provável ocorrência de nitrificação. Para a coleta PEÇA 3 foi observada a redução do nitrogênio amoniacal e do nitrato, podendo implicar processos de nitrificação parcial e desnitrificação (possivelmente em zonas distintas da estação), ou mesmo mineralização e *Anammox* (oxidação anaeróbia da amônia). Uma possível relação entre cor e turbidez com os sólidos suspensos para esta estação não foi verificada, isto porque, as coletas que apresentaram maiores valores para cor e turbidez não foram as que apresentaram maiores valores para a série dos sólidos suspensos. Saliente-se, contudo, que a cor pode estar relacionada com a matéria dissolvida e não necessariamente suspensa. De facto, uma análise de componentes principais efetuada permitiu verificar que o parâmetro cor se encontrava próximo dos parâmetros DBO₅ e DQO. As remoções de cor e turbidez para as três coletas, seguindo a ordem PEÇA 1, PEÇA 2 e PEÇA 3; foram de 92,92%, 91,80% e 98,78% para a cor e 98,13%, 98,47% e 91,28% para a turbidez, respectivamente. Pelo fato de ser uma indústria de peças automotivas existem grandes chances de possuir óleos e graxas no efluente.

Micro-organismos

Na Figura 1 estão contidos os percentuais dos micro-organismos identificados nas estações de efluentes domésticos de pequeno e grande porte.

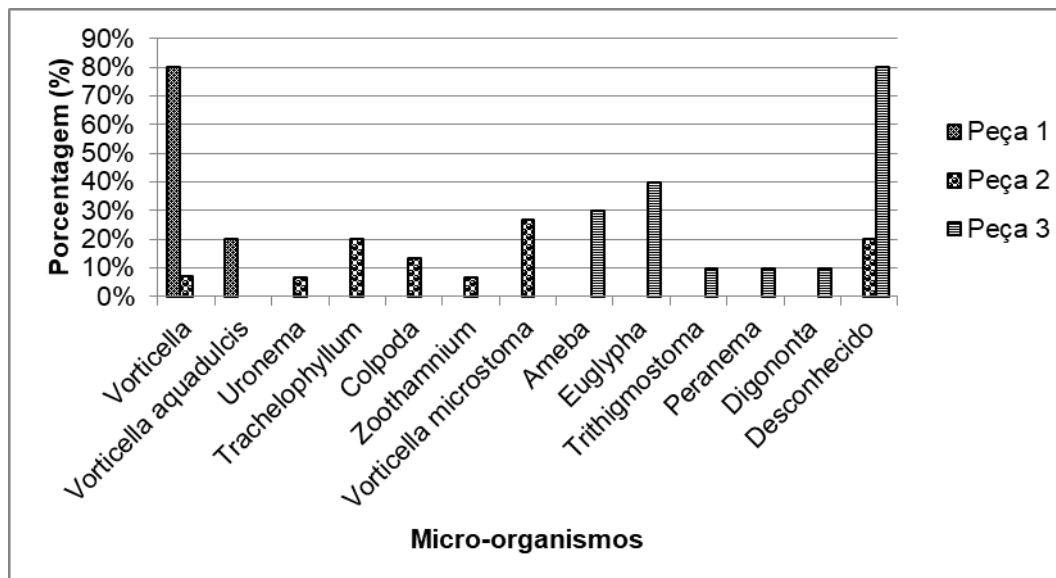


Figura 1 – Micro-organismos identificados para as estações de tratamento da indústria de peças automotivas.

Na coleta PEÇA 1, o micro-organismo predominante foi a *Vorticella*, tendo-se também verificado a presença de *Vorticella aquadulcis*. Mas, para esta coleta uma baixa diversidade de micro-organismos foi identificada. Segundo Canler *et al.* (1999), as *Vorticella* são razoavelmente sensíveis a substâncias tóxicas e a falta de oxigênio. Saliente-se, contudo, que a presença das *Vorticella*, por si só, não providencia uma correta aferição do sistema, embora a presença de *Vorticella aquadulcis* esteja ligada a baixas cargas orgânicas, bom arejamento e um efluente final de boa qualidade. De acordo com a caracterização físico-química, esta estação apresentou uma boa remoção de DQO e DBO₅, assim como um processo de nitrificação (aeróbio), o que se enquadra em condições de bom arejamento.

Para a coleta PEÇA 2 foram identificadas 6 espécies de micro-organismos diferentes, predominando a *Vorticella microstoma*, *Trachelophyllum* e *Colpoda*. Segundo Madoni (1994), Madoni *et al.* (1993) e Ginoris *et al.* (2007) a presença de *Vorticella microstoma* está relacionada com um efluente de baixa qualidade, condições de sub-aeração e elevado valor de DQO e DBO₅ no efluente tratado. Segundo Ginoris *et al.* (2007) a presença de *Trachelophyllum* indica também uma elevada carga orgânica e um efluente de baixa qualidade. Contudo, esta indicação não pode ser inteiramente comprovada pela caracterização desta coleta, embora tenha apresentado valores relevantes de DBO₅ e DQO na saída.

Na coleta PEÇA 3 foram identificadas 5 espécies de micro-organismos diferentes, predominando a *Euglypha* (ameba com teca), amebas nuas, *Trithigmostoma* e *Peranema*. Segundo Nicolau *et al.* (1997) e Ginoris *et al.* (2007) as amebas nuas representam uma baixa eficiência do tratamento, mas a *Euglypha*, *Trithigmostoma* e *Peranema* são indicadores de uma baixa carga orgânica e boa qualidade do efluente tratado. Deste modo, o sistema pode ser considerado como funcionando adequadamente, o que é confirmado pela alta remoção de DQO e DBO₅.

Na Figura 2 estão contidas as imagens dos micro-organismos encontrados e suas ampliações que foram utilizadas na captura.

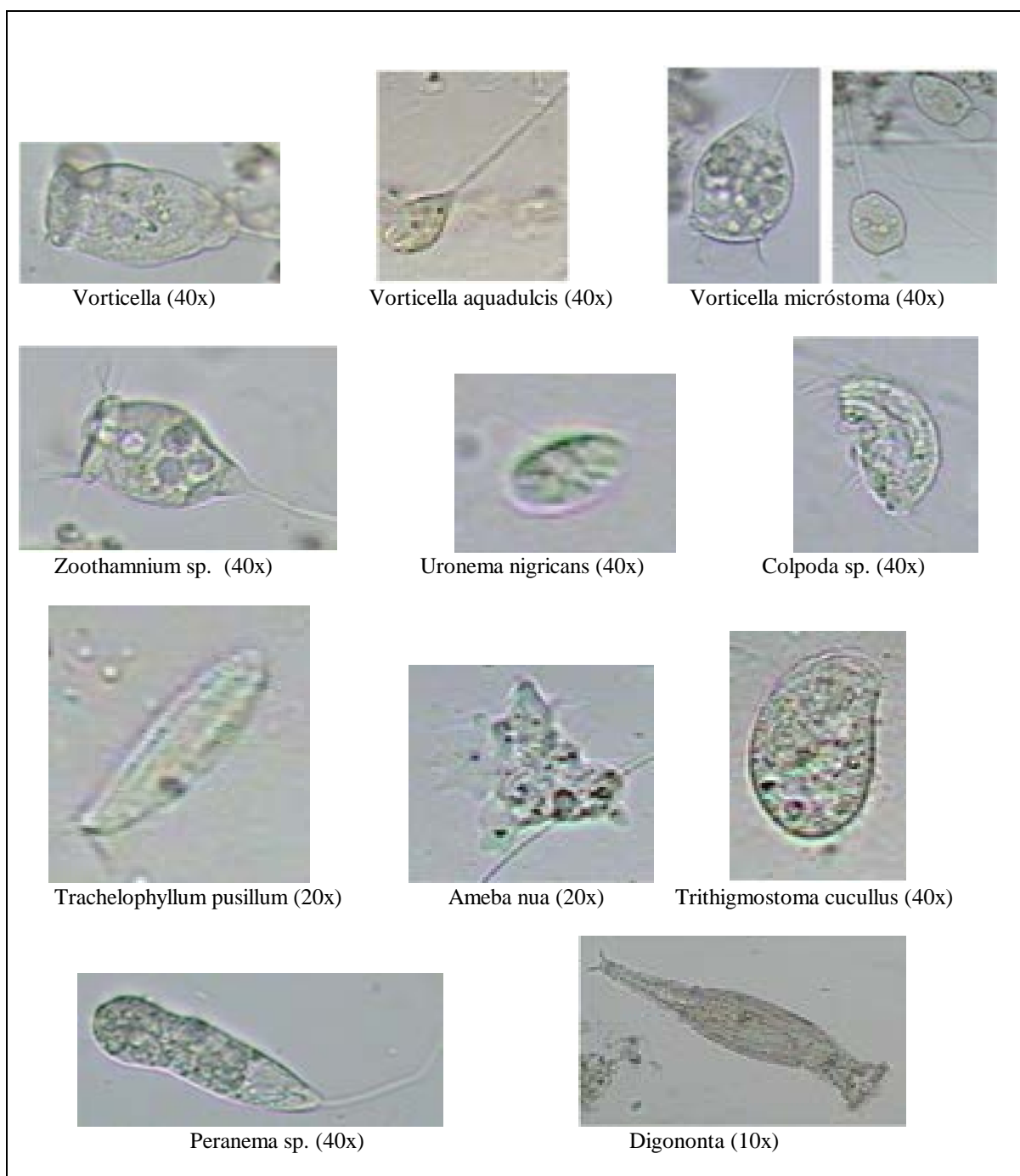


Figura 2 – microfotografias de protozoários e metazoários encontrados nas estações estudadas

CONCLUSÕES

Para a caracterização da estação as análises de pH, nitrogênio amoniacal e a remoção de DBO₅ estão de acordo com os parâmetros recomendados pela Resolução CONAMA 430/2011 para lançamento dos efluentes, assim como com a norma do CPRH.

A coleta 1 da indústria de peças automotivas apresentou um predomínio de ciliados sésseis relacionados com as remoções de DBO₅ e DQO apresentadas e valores de saída baixos. Por outro lado, para as coletas 2 e 3, a presença de ciliados nadadores, no primeiro caso, e de amebas nuas, no segundo, espelharam valores de saída de DBO₅ e de DQO mais elevados, pese embora as altas percentagens de remoção obtidas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMARAL, A. L.; MESQUITA, D. P.; FERREIRA, E. C. Automatic identification of activated sludge disturbances and assessment of operational parameters. *Chemosphere*, v.91, p.705-710, 2013.
2. AMMAN, R.; GLÖCKNER, F. O.; NEEF, A. Modern methods in subsurface microbiology: in situ identification of microorganisms with nucleic acid probes. *FEMS Microbiology Reviews*, v. 20, n. 3-4, p. 191-200, 1997.
3. APHA. Standard methods. 19th Edition. American Public Health Association, Washington, DC, 1995.
4. BENTO, A. P.; SEZERINO, P. H.; PHILIPPI, L. S.; REGINATTO, V.; LAPOLLI, F. R. Caracterização da microfauna em estação de tratamento de esgotos do tipo lodos ativados: um instrumento de avaliação e controle do processo. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 10, n. 4, p. 329-338, 2005.
5. BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução nº 430, de 16 de maio de 2011. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), Brasília, DF, 2011.
6. CANLER, J. P.; PERRET, J. M.; DUCHENE, F.; COTTEAUX, E. Aide au Diagnostic des Stations d'Épuration par l'Observation Microscopique des Boues Activées, Cemagref Editions, Lyon, 1999.
7. CPRH; Norma Técnica – Controle de Carga Orgânica em Efluentes Líquidos Industriais, 2003.
8. DAVIES, P.S. The biological basis of wastewater treatment. Glasgow, UK: Strathkelvin Instrument Ltd., 2005.
9. GINORIS, Y. P.; AMARAL, A. L.; NICOLAU, A.; COELHO, M. A. Z.; FERREIRA, E. C. Recognition of protozoa and metazoa using image analysis tools, discriminant analysis, neural networks and decision trees. *Analytica Chimica Acta*, v.595, p.160–169, 2007.
10. MADONI, P. A sludge biotic index (SBI) for the evaluation of the biological performance of activated sludge plants based on the microfauna analysis. *Water Research*, v.28, n.1, p.67-75, 1994.
11. MADONI, P.; DAVOLI, D.; CHIERICI, E. Comparative analysis of the activated sludge microfauna in several sewage treatment works. *Water Research*, v.27, n.9, p.1485-1491, 1993.
12. MESQUITA, D. P.; AMARAL, A. L.; FERREIRA, E. C. Activated sludge characterization through microscopy: A review on quantitative image analysis and chemometric techniques. *Analytica Chimica Acta*, v.802, p.14-28, 2013.
13. MESQUITA, D. P.; AMARAL, A. L.; FERREIRA, E. C. Estimation of effluent quality parameters from an activated sludge system using quantitative image analysis. *Chemical Engineering Journal*, v.285, p.349–357, 2016.
14. NICOLAU, A.; LIMA, N.; MOTA, M.; MADONI, P. Os Protozoários como Indicadores da Qualidade Biológica das Lamas Activadas, *Boletim de Biotecnologia*, 1997.