
**AVALIAÇÃO TEMPORAL DO FITOPLÂNCTON NA LAGOA DE
POLIMENTO DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO DO TIPO
BIOSSISTEMAS INTEGRADOS, EM ALTO CAXIXE, VENDA NOVA DO
IMIGRANTE, ES, BRASIL**

**TEMPORAL PHYTOPLANKTON ASSESSMENT IN A POLISHING POND
FROM AN INTEGRATED BIOSYSTEM WASTEWATER TREATMENT
PLANT, AT ALTO CAXIXE, VENDA NOVA DO IMIGRANTE, ESPÍRITO
SANTO STATE, BRAZIL**

ALESSANDRA DELAZARI-BARROSO

Bióloga, doutora em Biofísica Ambiental – Faculdades Integradas São Pedro – FAESA

FABRÍCIA FAFÁ DE OLIVEIRA

Engenheira civil, mestre em Engenharia Ambiental – Terra Consult

MARIA ALICE MORENO MARQUES

Química, mestre em Engenharia Ambiental, Faculdades Integradas São Pedro – FAESA

SAMANTHA MIRANDA DOS SANTOS

Bióloga

FERNANDA BRÊDA

Bióloga

CARLOS ANTÔNIO BALDOTTO PERIM

Engenheiro Ambiental

ISSUE DOI: 10.5008/1809.7367.021

RESUMO

Este estudo faz parte de um projeto intitulado “Resgate da qualidade de vida em uma comunidade rural: sub-bacia do córrego Caxixe, ES”. Um dos subprojetos é o monitoramento dos mananciais que abastecem a Vila Dordenone, em Venda Nova do Imigrante, ES, e das etapas do tratamento biológico de esgotos da ETE Biossistemas Integrados. O objetivo deste trabalho foi monitorar o fitoplâncton da lagoa de polimento, uma das instalações da ETE. Foram realizadas, no período de novembro de 2007 a janeiro de 2009, coletas mensais na subsuperfície da coluna d’água com arrasto de rede de malha de 20 µm. As variáveis analisadas em campo foram: temperatura (ar e água), pH e oxigênio dissolvido. Foram encontrados 37 táxons das Classes Chlorophyceae, Cyanophyceae, Euglenophyceae, Bacillariophyceae e Zignemaphyceae, com predomínio quali-quantitativo de clorofíceas e cianobactérias. A maior densidade foi registrada em março de 2008 ($5,6 \times 10^5$ ind/mL), associada à alta temperatura da água e maior pluviosidade. A predominância de clorofíceas na lagoa indica que é um ambiente favorável à criação de peixes. Porém, a ocorrência de quatro gêneros de

cianobactérias já registrados como tóxicos em outros Estados do Brasil reflete o potencial de contaminação por cianotoxinas, no caso de usos da água para piscicultura.

Palavras-chave: Fitoplâncton. Lagoa de Polimento. Biosistema integrado.

ABSTRACT

This study is a subproject of the Project “Restoring life quality of a rural community: Caxixe watershed, Espírito Santo State, Brazil”. One of the goals is the assessment of the water resources that supply the Dordenone Village at Venda Nova do Imigrante, Espírito Santo State. It also aims at assessing the efficiency of the Integrated Biosystems Wastewater Treatment Plant (IBWTP). This paper presents the results of phytoplankton community in the polishing pond, which is one of the IBWTP stages. Monthly water samples were taken at subsurface from November 2007 to January 2008, with a 20 µm-mesh size plankton net. The variables water temperature, pH and dissolved oxygen were measured in situ. Thirty-seven phytoplankton taxa were found, belonging to the Chlorophyceae, Cyanophyceae, Euglenophyceae, Bacillariophyceae and Zignemaphyceae classes, with qualitative and quantitative predominance of chlorophytes and cyanobacteria. The higher microalgae density was registered on March 2008 (5.6×10^5 ind/mL), associated with the higher water temperature and precipitation. The predominance of chlorophytes indicates that the polishing pond is suitable for fish farming. However, the occurrence of four cyanobacteria genera already registered as toxic in other states of Brazil reflects the potential of contamination by cyanotoxins, in the case of water use for fish farming.

Keywords: Phytoplankton. Polishing pond. Integrated biosystem.

INTRODUÇÃO

O fitoplâncton de águas continentais é extremamente diverso e a maioria das espécies tem uma distribuição ampla. A seleção das espécies está diretamente relacionada com a disponibilidade de recursos (REYNOLDS, 2006). Em lagoas de estabilização, o fitoplâncton varia muito pouco e a seleção de espécies é mais influenciada pela matéria orgânica presente, além da intensidade luminosa, temperatura e características morfométricas (PALMER, 1969). Os grupos mais tolerantes à poluição orgânica são clorofíceas, cianobactérias, euglenofíceas e diatomáceas e os principais gêneros são *Euglena*, *Oscillatoria*, *Chlamydomonas*, *Scenedesmus*, *Chlorella*, *Nitzschia*, *Navicula* e *Stigeoclonium* (PALMER, 1969).

As algas são fundamentais em qualquer lagoa de estabilização. Sua densidade pode ser superior à de bactérias, tornando sua cor verde, e constituindo a principal fração dos sólidos em suspensão (ARCEIVALA, 1981). O mecanismo de estabilização consiste na atividade metabólica de bactérias aeróbias, que decompõem a matéria orgânica presente liberando nutrientes dissolvidos. As microalgas fitoplanctônicas utilizam esses nutrientes para o seu crescimento liberando oxigênio pelo processo fotossintético, o que mantém as condições aeróbias do meio (BRANCO, 1986). Em ambientes eutrofizados, com elevadas concentrações de nutrientes, como as lagoas de estabilização, deve-se monitorar a ocorrência de cianobactérias potencialmente tóxicas quando se consideram os usos do corpo receptor do efluente, principalmente consumo humano, irrigação e aquicultura.

O Biosistema Integrado (BSI) pode ser entendido como um sistema sustentável que aplica técnicas de tratamento biológico para eliminar os resíduos, transformando-os em matérias-primas úteis geradas num sistema em etapas em que as saídas de um subsistema são as entradas de outros (CASAGRANDE, 2003).

O uso de BSIs para tratamento de efluentes tem sido adotado como alternativa economicamente viável para populações pequenas e vem ao encontro da temática do desenvolvimento sustentável, atuando de forma a considerar os resíduos como recursos e buscar soluções baseadas nos ciclos naturais de degradação da matéria orgânica (RODRIGUES *et al.*, 2006). Os BSIs têm sido utilizados não só para o tratamento biológico de efluentes domésticos, mas também para tratar efluentes provenientes de criações intensivas de animais (CASAGRANDE, 2003; KUMAR; SIERP, 2003).

O presente trabalho faz parte do Projeto “Resgate da qualidade de vida em uma comunidade rural: sub-bacia do Córrego Caxixe, ES” (Projeto Caxixe), desenvolvido no município de Venda Nova do Imigrante, ES. Está inserido no subprojeto de monitoramento dos córregos que abastecem a Vila Dordenone e da eficiência das etapas de tratamento da ETE Biosistemas Integrados “Ronald Sposito”, que trata biologicamente o esgoto doméstico produzido por cerca de 400 habitantes da vila. Neste estudo, a lagoa de polimento da ETE, que é uma das etapas do tratamento, foi avaliada quanto à comunidade fitoplanctônica (qualitativa e quantitativamente) e aos aspectos físico-químicos, ao longo de 15 meses.

METODOLOGIA

A ETE Biosistemas Integrados localiza-se no município de Venda Nova do Imigrante – ES (20° 24’ S e 41° 04’ W) e possui uma vazão média de 58 L/s (OLIVEIRA *et al.*, 2009). Contempla um tratamento preliminar, digestores, biofiltros e outras instalações necessárias ao tratamento biológico do esgoto gerado por cerca de 400 habitantes da Vila Dordenone (Figura 1). A lagoa de polimento, uma das etapas do tratamento, possui características de lagoas de estabilização facultativas, quanto à sua profundidade (2,0m) e ao tempo de retenção hidráulica (10,5 dias). Possui uma área superficial de 750m², totalizando volume de 525m³ (OLIVEIRA *et al.*, no prelo). A lagoa é utilizada para criação de peixes com a finalidade de obter renda para a população local.

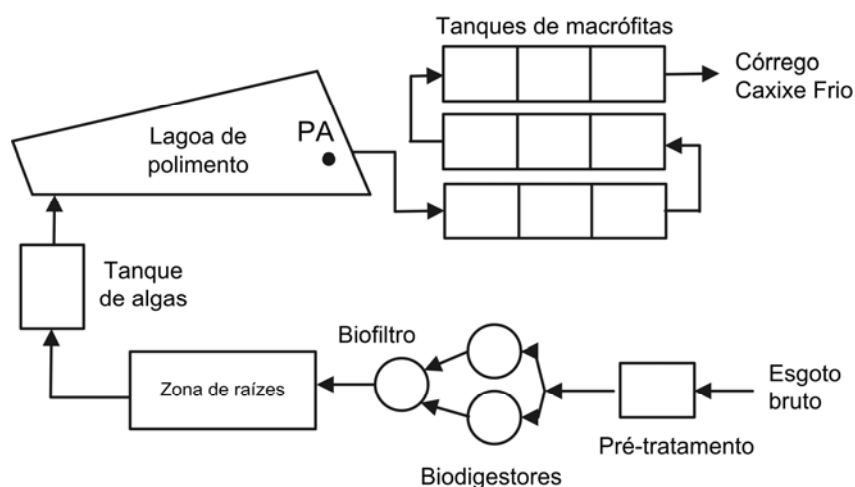


FIGURA 1: Esquema da Estação de Tratamento de Esgotos Biosistemas Integrados, evidenciando o ponto amostral (PA) na lagoa de polimento

Obs: As setas indicam o sentido do fluxo do esgoto afluente

Foi determinada uma estação amostral na lagoa de polimento, próxima à saída do efluente. Amostras simples na subsuperfície da água foram coletadas com periodicidade mensal, no período de novembro de 2007 a janeiro de 2009. Foram medidas em campo a temperatura do ar e da água e a concentração de oxigênio dissolvido (Multiparâmetro YSI), além do pH (Potenciômetro Quimis) e coletadas amostras para análise qualitativa do fitoplâncton (Tabela 1).

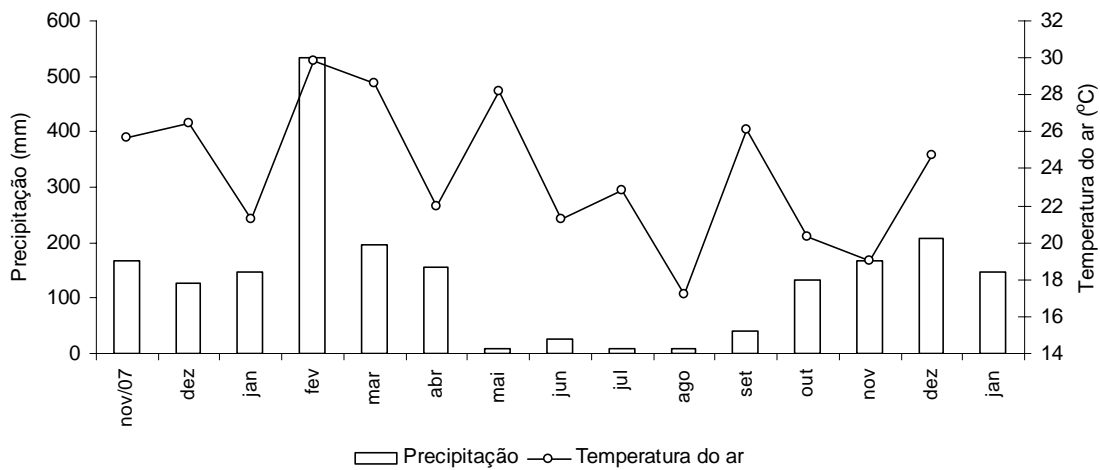
Foi aplicado o teste não paramétrico de Mann-Whitney ($\alpha = 0,05$) para avaliar diferenças significativas entre os períodos seco e chuvoso para as densidades das principais classes fitoplantônicas. Também foram realizadas regressões lineares entre as densidades das principais classes fitoplantônicas e as variáveis limnológicas para testar a influência dessas variáveis no crescimento do fitoplâncton.

TABELA 1: Metodologias utilizadas para as variáveis monitoradas na lagoa de estabilização da ETE Biosistemas Integrados

Variável	Equipamento/Método/ Referência
Pluviosidade mensal (mm)	SIAG-Incaper (http://siag.incaper.es.gov.br)
Temperatura do ar (°C)	Multiparâmetro (Sonda) YSI
Temperatura da água (°C)	Multiparâmetro (Sonda) YSI
Oxigênio dissolvido (mg/L)	Multiparâmetro (Sonda) YSI
pH	Potenciômetro Quimis
Amostragem do fitoplâncton	Arrasto superficial, rede de malha de 20 μ m
Taxonomia do fitoplâncton	Análise populacional em microscópio NIKON Eclipse E-200
Densidade do fitoplâncton	Sedimentação em câmaras (UTERMÖHL, 1958) e contagem em campos aleatórios (UHELINGER, 1964) microscópio invertido Nikon TS-100F (LUND <i>et al.</i> , 1958)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados climáticos evidenciaram um período chuvoso de novembro de 2007 a abril de 2008, sendo fevereiro o mês mais chuvoso. O período seco iniciou-se em maio, com pluviosidade mensal inferior a 20mm, e foi até agosto, coincidindo com os meses mais frios (Figura 2).



Estação Meteorológica do Incaper, em Venda Nova do Imigrante-ES
 Fonte: <http://siag.incaper.es.gov.br>

Embora seja reconhecida a importância das microalgas em lagoas de tratamento de esgotos, poucos são os estudos de levantamento taxonômico do fitoplâncton e estrutura da comunidade nesses ambientes. Neste estudo, a comunidade fitoplanctônica da lagoa de polimento da ETE Biossistemas Integrados esteve composta por 38 táxons, com predomínio florístico de clorófitas (*Chlorophyceae* – 44 %), cianobactérias (*Cyanophyceae* – 24 %) e euglenófitas (*Euglenophyceae* – 21 %), além de diatomáceas (*Bacillariophyceae* – 1 %) (Figura 3). O predomínio florístico de clorófitas e cianobactérias já foi registrado em lagoas de estabilização no Espírito Santo (BARROSO *et al.*, 1997; CRUZ *et al.*, 2003, 2005) e no Brasil (VON SPERLING, 1996b; FANASARO, 2002; GRANADO, 2004). As espécies encontradas neste estudo são listadas abaixo.

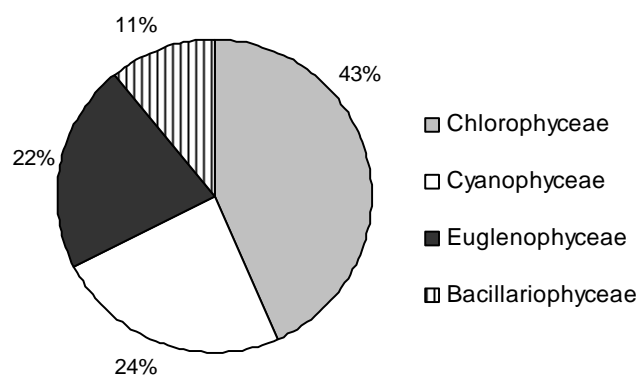


FIGURA 3: Contribuição das classes fitoplanctônicas no total de táxons encontradas na lagoa de polimento da ETE Biossistemas Integrados, ao longo do período amostral

CHLOROPHYCEAE

Chlamydomonas sp.

Chlorella vulgaris Beijing

Chlorococcum sp.

Closteriopsis acicularis (G. M. Smith) Belcher et Swale

Desmodesmus quadricauda (Turpin) Hegewald

Golenkinia radiata Chodat emend. Korshikov

Micractinium pusillum Fresenius

Monoraphidium sp.

Oocystis lacustris Chodat

Pachycladella cf. *zatoriensis*

Scenedesmus acuminatus (Lagerheim) Chodat

S. linearis Komárek

S. acutus Meyen

S. disciformis (Chodat) Fott et Komárek

S. dimorphus (Turpin) Kützing

Tetraedron longispinum (Perty) Hansgirg sensu Gucunski

T. trigonum (Nägeli) Hansgirg

CYANOPHYCEAE

Aphanocapsa delicatissima West et West

Aphanocapsa incerta Lemmermann (Cronberg et Komárek)

Chroococcus cf. *aphanocapsoides*

Geitlerinema sp.

Nostoc sp.

Pseudanabaena sp.

Rhabdoderma cf. *lineare*

Synechococcus nidulans (Pringsheim) Komárek in Burrell

Synechocystis aquatilis Sauvageau

EUGLENOPHYCEAE

Euglena gracilis Klebs

E. limnophila Lemmermann

E. splendens Dangeard

E. minuta Prescott

Phacus sp.

Strombomonas ovalis (Playfair) Deflandre

Trachelomonas volvocina Ehrenberg

T. armata (Ehrenberg) F. Stein

BACILLARIOPHYCEAE

Brachysira sp.

Navicula sp.1

Navicula sp.2

Navicula sp.3

As análises quantitativas evidenciaram o predomínio de clorofíceas e cianobactérias em todo o período estudado, embora tenham sido registradas florações de euglenofíceas no período seco. Segundo Von Sperling (1996), dentre os principais gêneros de algas de importância nas lagoas de estabilização, estão *Chlamydomonas*, *Euglena* e *Chlorella*, com os dois primeiros tendendo a ser dominantes nos períodos frios, como encontrado nesta pesquisa .

A densidade do fitoplâncton não apresentou diferença significativa entre os períodos seco e chuvoso para as classes com maiores densidades (clorofíceas, cianobactérias e euglenofíceas). A densidade total variou entre $0,8 \times 10^5$ ind/mL (maio de 2008) e $5,6 \times 10^5$ ind/mL (março de 2008). Foi observada uma tendência de aumento da densidade nos meses mais quentes e de maior pluviosidade, evidenciada por uma relação positiva, embora pouco representativa, da densidade total ($r^2 = 0,19$) e de cianobactérias ($r^2 = 0,24$) com a temperatura da água. As temperaturas elevadas são responsáveis, em certo grau, pelos aumentos da densidade fitoplanctônica e, principalmente, das cianobactérias. Essa relação pouco representativa com a temperatura da água evidencia que outras variáveis importantes atuam no crescimento do fitoplâncton.

Ocorreram florações (densidades acima de 10^4 ind/mL) de cianobactérias e/ou clorofíceas durante praticamente todo o estudo, com exceção dos meses de maio e agosto (Figura 4), períodos de temperaturas mais amenas. Densidades na faixa de 10^4 a 10^6 indivíduos são comuns em lagoas de estabilização (ARCEIVALA, 1981), tornando a água caracteristicamente verde.

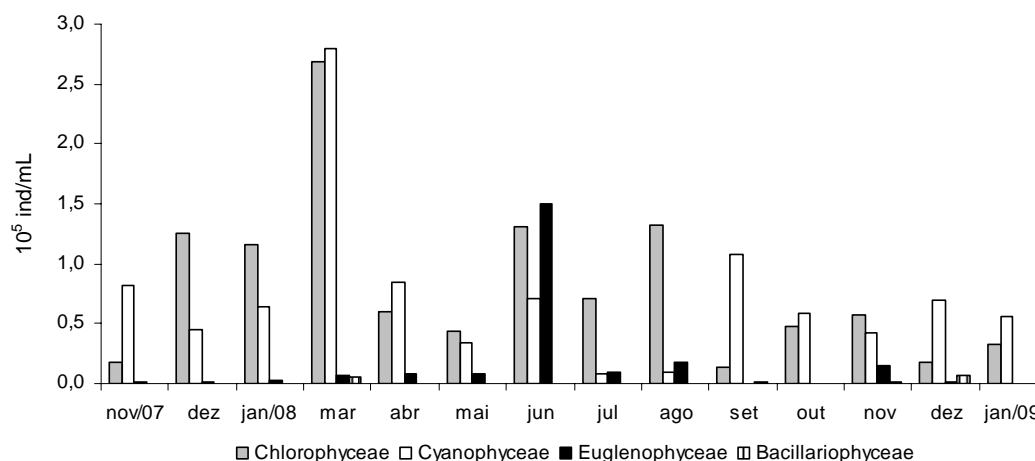
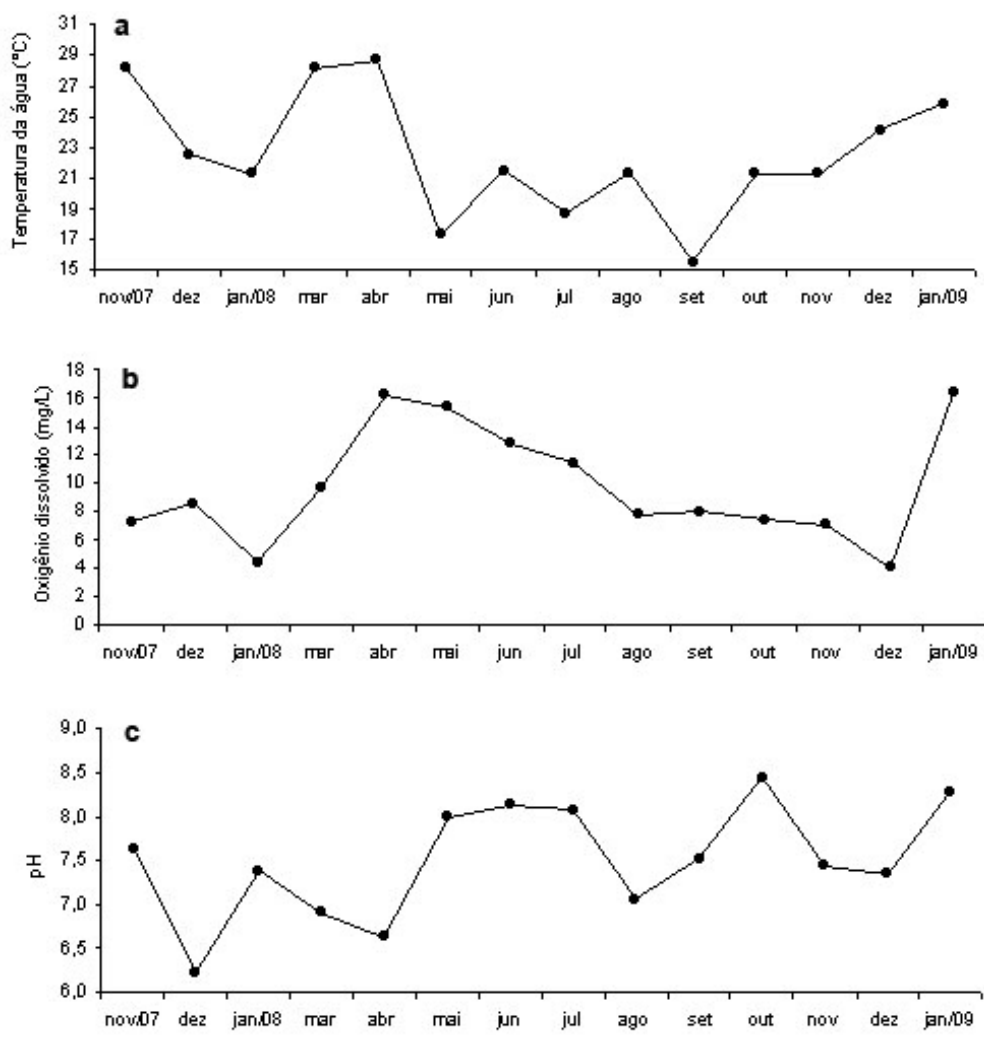


FIGURA 4: Densidade das classes fitoplanctônicas na lagoa de polimento da ETE Biosistemas Integrados, durante o período estudado

A elevada densidade fitoplanctônica registrada no mês de março de 2008 foi relacionada com a temperatura da água mais elevada e com a maior concentração de oxigênio dissolvido (Figura 5a, b). A faixa ótima de crescimento das algas, principalmente para as cianobactérias, situa-se entre 25 e 28° C (REYNOLDS, 2006). Nessa condição, a taxa de reprodução das espécies é acelerada, principalmente se houver grande disponibilidade de nutrientes oriundos da decomposição da matéria orgânica, como é o caso das lagoas de estabilização.

A atividade fotossintética do fitoplâncton está diretamente relacionada com as condições físico-químicas que direcionam o processo de autodepuração das lagoas de estabilização. Durante o dia, a fotossíntese libera oxigênio e consome o gás carbônico livre, elevando o pH da água. Nessas condições, podem ocorrer: a) conversão da amônia ionizada (NH_4^+) a amônia livre (NH_3), a qual é tóxica, mas tende a ser liberada na atmosfera; b) precipitação de fosfatos; c) conversão do sulfeto (H_2) causador de mau cheiro a bissulfeto (HS^-) inodoro (CHERNICHARO, 1997). As concentrações de oxigênio dissolvido encontradas neste estudo foram sempre acima de 4mg/L, com uma média de 9,7mg/L, semelhante à média encontrada por Gonçalves *et al.* (2005) em uma

lagoa de polimento. Concentrações acima de 10mg/L são comuns em águas eutrofizadas, como registrado em alguns meses deste estudo (Figura 5b). Concentrações de até 19,2mg/L foram encontradas por Granado (2004) numa lagoa de estabilização facultativa em São Paulo. Os valores de pH neste estudo foram alcalinos na maioria dos meses estudados (Figura 5c), como esperado, mas a tendência de pH mais elevado em maiores densidades de microalgas não foi observada.



A predominância de clorófitas na lagoa de polimento da ETE indica que esse é um ambiente favorável à criação de peixes, que servem de alimento a várias espécies. O uso da lagoa para fins de piscicultura pode ser uma fonte de renda para a população local, porém a ocorrência de quatro gêneros de cianobactérias, já registrados como tóxicos em outros locais do Brasil (*Aphanocapsa*, *Geitlerinema*, *Pseudanabaena* e *Synechococcus* – SANT'ANNA *et al.*, 2008), reflete o potencial de contaminação por cianotoxinas, no caso de usos da água para piscicultura. Adicionalmente, estudos mais detalhados no córrego Caxixe podem ser necessários, no caso de uso da água para abastecimento ou irrigação, pois este é o corpo receptor do efluente da ETE.

Apoio financeiro: Petrobras ambiental

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa Petrobras Ambiental pelo apoio financeiro, à Prefeitura Municipal de Venda Nova do Imigrante e ao O Instituto Ambiental (OIA) pelo apoio logístico.

REFERÊNCIAS

ARCEIVALA, S. J. **Wastewater treatment and disposal, engineering and ecology in pollution control**. New York: Marcel Dekker, 1981.

BARROSO, G. F.; DIAS JR., C.; GÜNTZEL, A. Preliminary assessment of the eutrophication potential of sewage effluents of four wastewater treatment plants in Espírito Santo State (Brazil). **Rer. Internat. Verein. Limnol.**, v. 26, p. 666-670, 1997.

BRANCO, S.M. **Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária**. São Paulo: CETESB, 1986.

CASAGRANDE, L.F. **Avaliação descritiva de desempenho e sustentabilidade entre uma granja suinícola convencional e outra dotada de Biossistema Integrado (B.S.I.)**. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

CHERNICHARO, C.A.L. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: reatores anaeróbios**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental/UFMG, 1997.

CRUZ, L.F. et al. Cianobactérias e cianotoxinas em lagoas de estabilização facultativas In: SEMINÁRIO ESTADUAL SOBRE SANEAMENTO E MEIO AMBIENTE, 5., 2003, Vitória. **Anais...** Vitória: SESMA, 2003. v. 1, p. 1-9.

CRUZ, L.S. et al. Variação temporal quali-quantitativa das comunidades fitoplanctônicas em uma lagoa de polimento de efluente anaeróbio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23., 2005, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: ABES, 2005. v. 1, p. 1-9.

FASANARO, R. **Tratamento biológico e físico-químico dos esgotos domésticos do município de Balneário Camburiú/SC**. 2002. 137 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2002.

GONÇALVES, R.F. et al. Variação temporal quali-quantitativa da comunidade fitoplanctônica em uma lagoa de polimento de efluente anaeróbio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23., 2005, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: ABES, 2005.

GRANADO, D.C. **Variações nictemerais e sazonais na estrutura da comunidade fitoplanctônica num sistema de lagoas de estabilização (Novo Horizonte, SP)**. 2004. 130 f. Dissertação. (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2004.

KUMAR, M.S.; SIERP, M. **Integrated wastewater treatment and aquaculture production**. Kingston: Rural Industries Research and Development Corporation, 2003.

LUND, J.W.G.; KIPLING, C.; LECREN, E.D. The inverted microscope method of estimating algal number and the statistical basis of estimating by counting. **Hydrobiologia**, v. 11, p. 143-170, 1958.

OLIVEIRA, F.F. et al. Efficiency evaluation of polishing ponds operating as wastewater biological treatment process and rearing fish tank in an Integrated Biosystems Wastewater Treatment Plant. In: INTERNATIONAL WATER ASSOCIATION SPECIALIST GROUP CONFERENCE ON WASTE STABILIZATION PONDS, 8., Belo Horizonte. **Proceedings...** Belo Horizonte: IWA. 1 CD-ROM.

PALMER, C. M. A composite rating of algae tolerating organic pollution. **J. Phycol.**, v. 5, p. 78-82, 1969.

REYNOLDS, C.S. **The ecology of phytoplankton (ecology, biodiversity and conservation)**. Cambridge: Cambridge University Press, 2006.

RODRIGUES, R.K; GOMES, H.V.; SELVAM, P.V.P. Biosistemas integrados (B.S.I.): modelo de produção e viabilidade preliminar para reaproveitamento dos *outputs* gerados no agronegócio. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 12., 2006, Bauru. **Anais...** Bauru: UNESP, 2006.

SANT'ANNA, C.L. et al. Review of toxic species of Cyanobacteria in Brazil. **Algological Studies**, v. 126, p. 251-265, 2008.

UHELINGER, V. Étude statistique des méthodes de dénombrement planctonique. **Archiv des Sciences**, v. 17, p. 121-123, 1964.

UTERMÖHL H. Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton: methodik. **Mitt. Int. Verein. Theor. Angew. Limnol.**, v. 9, p. 1-38, 1958.

VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental/UFMG, 1996a. v. 1.

VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: lagoas de estabilização**. 2. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental/UFMG, 1996. v. 2.

DR^a. Alessandra Delazari-Barroso

Núcleo de Pesquisas Ambientais – FAESA – Campus II

Rod. Serafim Derenzi, 3115, Conduca

Vitória – ES, CEP: 29048-450

E-mail: delazaribarroso@gmail.com