

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CENTRO DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS PESQUEIROS E
ENGENHARIA DE PESCA

WIVIANY RIEDIGER

Composição e estrutura da comunidade fitoplanctônica em lagoas de
estabilização da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), Cascavel, Paraná,
Brasil.

Toledo
2013

WIVIANY RIEDIGER

Composição e estrutura da comunidade fitoplanctônica em lagoas de estabilização da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), Cascavel, Paraná, Brasil.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca – Nível de Mestrado, do Centro de Engenharias e Ciências Exatas, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca.

Área de concentração: Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca.

Orientador: Prof. Dra. Norma Catarina Bueno

Co-orientador: Prof. Dr. Nyamien Yahaut Sebastien

Toledo

2013

Catálogo na Publicação elaborada pela Biblioteca Universitária
UNIOESTE/Campus de Toledo.
Bibliotecária: Marilene de Fátima Donadel - CRB – 9/924

R552c Riediger, Wiviany
Composição e estrutura da comunidade fitoplanctônica em lagoas de
estabilização da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), Cascavel, Paraná,
Brasil / Wiviany Riediger. -- Toledo, PR : [s. n.], 2013.
39 f. : il. (algumas color.); figs. tabs.

Orientadora: Prof. Dra. Norma Catarina Bueno
Coorientador: Prof. Dr. Nyamien Yahaut Sebastien
Dissertação (Mestrado em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca)
- Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Campus de Toledo. Centro de
Engenharias e Ciências Exatas.

1. Fitoplâncton de água doce - Comunidades - Eutrofização 2.
Ecossistema lêntico 3. Lagoas estabilização - Tratamento 4. Estação de
Tratamento de Esgoto - Antas, Rio das - Cascavel - Pr I. Bueno, Norma
Catarina, Orient. II. Sebastien, Nyamien Yahaut, Orient. III. T

CDD 20. ed. 574.52632

FOLHA DE APROVAÇÃO

WIVIANY RIEDIGER

“COMPOSIÇÃO E ESTRUTURA DA COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA EM
LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS
(ETE), CASCAVEL, PARANÁ, BRASIL”

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca – Nível de Mestrado, do Centro de Engenharias e Ciências Exatas, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca, pela Comissão Examinadora composta pelos membros:

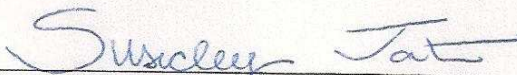
COMISSÃO EXAMINADORA



Profª Drª Norma Catarina Bueno
Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Presidente)



Prof. Dr. Pitágoras Augusto Piana
Universidade Estadual do Oeste do Paraná



Profª Drª Susicley Jati
Universidade Estadual de Maringá

Aprovada em: 20 de março de 2013.

Local de defesa: auditório da Unioeste/Campus de Toledo.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais Nair e Valmir Riediger e ao meu esposo Vanoegma João Nicolau.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca.
À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior),
pela concessão de bolsa.

À SANEPAR (Companhia de Saneamento do Paraná) pela permissão de realizar
esta pesquisa.

À Professora Dra Norma Catarina Bueno pela oportunidade e incentivo na
pesquisa.

Ao Professor Dr Nyamien Yahaut Sebastien pela enorme paciência e apoio no
desenvolvimento do trabalho.

Ao Professor Dr. Pitágoras Augusto Piana (Unioeste) e Dra Susicley Jati (UEM)
por aceitarem o convite para compor a banca.

À Dra. Sandra Maria Alves da Silva, à Susicley Jati e Iraúza Arroteia Fonseca
pelo auxílio durante as identificações.

À querida Jascieli Carla Bortolini pela auxílio na parte estatística do trabalho,
mas principalmente pela amizade, determinação e força que serve de exemplo
para meu desenvolvimento profissional.

Ao pessoal do GERPEL (Grupo de Estudos em Recursos Pesqueiros e
Limnologia) pela permissão do uso do laboratório de Limnologia para a
realização das análises físico-químicas e por todos os estagiários que auxiliaram.

Às amigas do laboratório Margaret, Dayane, Liliane, Viviane, Elaine e Camila
pelos momentos de alegria, carinho e compreensão.

Aos amigos Lucas, Reginaldo, Felipe e Leandro pela força nos momentos
difícies.

Às queridas amigas Ariane e Micheli que fiz desde o início do mestrado e que
ficarão pra sempre em meu coração...vocês são muito especiais.

Aos colegas Gerson, Inês, Luis e Ivone pelo auxílio durante as coletas.

Ao meu esposo Vanoegma pelo intenso incentivo, compreensão e paciência
durante esta jornada. Eu te amoVano!

À minha família, pai (Valmir), mãe (Nair) e irmãos (Wolney e Woldiney) pelo
amor, carinho e incentivo em todos os momentos.

Meus sinceros agradecimentos....muito obrigada!

Composição e estrutura da comunidade fitoplanctônica em lagoas de estabilização da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), Cascavel, Paraná, Brasil.

RESUMO

Este trabalho objetivou analisar a variação sazonal da composição e estrutura da comunidade fitoplanctônica em lagoas de estabilização da Estação de Tratamento de Esgotos Rio das Antas do município de Cascavel, observando a influência das variáveis ambientais sobre esta comunidade. As coletas do material fitoplanctônico foram realizadas em dois pontos de amostragem entre março de 2011 e fevereiro de 2012. No total foram identificados 39 táxons, sendo a classe Cianobactéria a mais representativa tanto na riqueza como na densidade. Observou-se uma baixa variabilidade espacial e temporal na composição do fitoplâncton no período de estudo. A comunidade fitoplanctônica apresentou-se com baixa riqueza, porém alta densidade das espécies e esteve representado principalmente pelas classes Cyanobacteria, Chlorophyceae. A diversidade de Shannon foi classificada como muito baixa à baixa e a equitabilidade, de uma maneira geral, foi alta. A análise de permutação dos dados multivariados mostrou que estatisticamente os dados de riqueza e densidade fitoplanctônica entre os períodos e locais amostrados, comporto-se de forma semelhante. A variação de distribuição verificada em todo o período de estudo, é caracterizado com a substituição, das cianobactérias por clorofíceas. A homogeneidade da distribuição das espécies em todo o período de estudo entre os locais amostrados deve-se, provavelmente pelas características similares dos locais, sendo composto por altas concentrações de matéria orgânica, baixa energia hidrodinâmica, baixa profundidade e restrita circulação da água.

Palavras-chave: Ecossistema lântico; fitoplâncton; eutrofização.

Composition and structure of the phytoplankton community in stabilization ponds of Sewage Treatment Station (ETE), Cascavel, Parana, Brazil.

ABSTRACT

This work aimed to analyze the composition variation seasonal and structure of phytoplankton community in stabilization ponds in Sewage Treatment Station Rio das Antas in the city of Cascavel, noting the influence of environmental variables on this community. The collections of phytoplankton were carried in two points collection between March 2011 and February 2012. A total of 39 taxa were identified, being the most representative class Cyanobacteria both in richness and density. There was a low spatial and temporal variability in phytoplankton composition during the study period. The phytoplankton community showed up with low wealth but high density of species and was represented mainly by classes Cyanobacteria, Chlorophyceae. The Shannon diversity was classified as very low to low, and the equitability, in general, was high. The analysis of permutation of multivariate data showed that statistically the data density of affluence and phytoplankton between periods and sampling sites, to behave similarly. The variation distribution observed throughout the period of study, characterized by replacing, in proportions of Cyanobacteria by Chlorophyceae. The homogeneity of the distribution this species throughout the period of study between sampling sites, probably due to the similar characteristics of sites, comprising high concentration of organic matter, low energy hydrodynamic shallow and restricted circulation of water.

Keywords: Lentic ecosystem; phytoplankton; eutrophication.

Dissertação elaborada e formatada conforme as normas da publicação científica *Brazilian Journal of Biology*. Disponível em: <http://www.scielo.br/revistas/bjb/pinstruc.htm>

SUMÁRIO

RESUMO.....	07
ABSTRACT.....	08
1. INTRODUÇÃO.....	09
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	11
2.1 <i>Área de estudo</i>	11
2.2 <i>Metodologia de campo</i>	13
2.3 <i>Metodologia de laboratório</i>	13
2.4 <i>Tratamento estatístico dos dados</i>	14
3. RESULTADOS.....	15
3.1 <i>Variáveis abióticas</i>	15
3.2 <i>Comunidade fitoplanctônica</i>	20
4. DISCUSSÃO.....	25
5. REFERÊNCIAS.....	30

1 Introdução

A água é um bem natural de importância vital não só para a natureza como também para o desenvolvimento das múltiplas atividades humanas (Tundisi, 2008) e é um recurso hídrico escasso em quantidade e qualidade adequadas. O reconhecimento da água como bem natural dotado de valor econômico é um avanço importante para a sua conservação, evoluindo para normas e leis relacionadas ao gerenciamento dos recursos hídricos que tem sido adotado em diversos países (Burden et al., 2004).

Por este fato, observa-se uma crescente preocupação em relação ao grau de tratamento e ao destino final dos esgotos e seu impacto sobre o meio ambiente e, conseqüentemente, a manutenção da qualidade dos corpos receptores (Von Sperling, 1996).

De acordo com Mendonça (2000), devido à temperatura ambiente, a maioria dos países de clima tropical oferece condições ideais para o tratamento de esgotos por meio de processos naturais, como as lagoas de estabilização. As lagoas de estabilização são sistemas de tratamento biológico em que a estabilização da matéria orgânica é realizada pela oxidação bacteriológica (oxidação aeróbia ou fermentação anaeróbia) e/ou redução fotossintética pelas algas (Jordão e Pessôa, 2005).

Conforme Barthel et al. (2008), a presença de microorganismos é primordial nos sistemas de tratamento biológico de águas residuais. A comunidade biótica é um conjunto de populações que vivem em uma determinada área ou habitat físico (Odum, 2001), sendo que a comunidade fitoplanctônica constitui uma assembléia de organismos fotossintetizantes que vivem suspensos na coluna d'água (Kleerekoper, 1990; Parra e Bicudo, 1995; Esteves, 2011).

As águas residuárias possuem alta capacidade de eutrofização em função do acúmulo de nutrientes como o nitrogênio e o fósforo (Marques et al., 2003), estes podem interferir nas características físicas e químicas da água possibilitando modificações qualitativas e quantitativas nas comunidades aquáticas (Ferreira et al., 2005).

Este aumento da concentração de nutrientes tem efeito sobre a densidade fitoplanctônica e, conseqüentemente, sobre a produtividade primária (Di-Bernardo et al., 2010) alterando o equilíbrio do ecossistema. Adicionalmente, este fato pode levar a um desenvolvimento excessivo de algas, conhecido por florações (Calijuri et al., 2006).

As mudanças que ocorrem na comunidade fitoplanctônica podem descrever as reais condições do meio (Marinho e Huszar, 2002). Sendo que, as alterações na dinâmica e estrutura das populações são de grande relevância não somente para a própria comunidade,

como também, são amplamente úteis para avaliar a integridade dos ecossistemas (Almeida et al., 2005; Ferrareze e Nogueira, 2006).

Além disso, o curto tempo de geração das algas (horas a dias) permite que sejam melhor compreendidos alguns processos, como a sucessão ecológica, e isto torna a comunidade fitoplanctônica útil como modelo para o entendimento de outras comunidades (Sommer, 1989). Dessa maneira, o conceito de sucessão ecológica é amplamente utilizado em ecologia de comunidades e é caracterizado como o acréscimo ou substituição seqüencial de espécies em uma comunidade (Odum, 2001), sendo que essas modificações criam condições favoráveis para outras populações, favorecendo ou não o equilíbrio no ecossistema.

No entanto, estudos a respeito da comunidade fitoplanctônica em ambientes lênticos e eutróficos, como as lagoas de estabilização, são inusitados e singulares devido às condições peculiares do ambiente, principalmente o excesso de matéria orgânica (Braga e Hespanhol, 2003). Os estudos mais importantes neste ambiente iniciaram-se com Palmer (1969), Mara et al. (1983) e Pearson et al. (1987) e possuíam enfoque voltado a operação e manutenção das lagoas. Posteriormente, em diversas partes do mundo, destacavam-se os trabalhos de enfoque taxonômico realizados por Moreno et al. (1988) na Espanha; Lai e Lam (1997) na Austrália; Arauzo et al. (2000) na Espanha; Massaret et al. (2000) na França; Alam et al. (2001) no Japão; e por Vasconcelos e Pereira (2001) realizados em Portugal. E mais recentemente, trabalhos desenvolvidos por Shanthala et al. (2009) na Índia; Kantachote e Songklanakarin (2009) na Tailândia; El-Kamah et al. (2011) no Egito; e por Amengual-Morro et al. (2012) na Espanha.

Para o Brasil desatacam-se os estudos realizados na região nordeste por Ceballos et al. (1998) no estado da Paraíba; Cavalcanti et al. (2010) em Petrolina (PE); Aquino et al. (2010) em Juazeiro do Norte (CE) e Aquino et al. (2011) no município de Barbalha também no estado do Ceará. Para a região sudeste os trabalhos de Barroso et al. (1997) em Vitória (ES); Delazari-Barroso (2009) Venda Nova do Imigrante (ES); Furtado et al. (2009) em Cajati (SP); Bastos et al. (2010) em Viçosa (MG) e por Von Sperling e Oliveira (2010) em Belo Horizonte (MG). Já para a região sul, destacam-se os trabalhos de Barthel et al. (2008), em Concórdia (SC) e Soldatelli e Schwarzbald (2010) em Caxias do Sul, Rio Grande do Sul.

Logo, estudos limnológicos de ambientes lênticos, tanto em escala espacial como temporal devem ser ampliados, visto que os mesmos constituem importantes instrumentos para o reconhecimento das variações de distribuição da comunidade fitoplanctônica em função das condições ambientais nestes ecossistemas. Deste modo, o objetivo do presente estudo foi analisar espacial e sazonalmente a composição, riqueza e densidade da comunidade

fitoplanctônica em duas lagoas de estabilização e sua relação com fatores abióticos locais. Nós testamos as hipóteses de que (i) a grande quantidade de despejos eutróficos de esgotos proporciona uma alta densidade da comunidade fitoplanctônica tanto espacial como sazonalmente; (ii) e que há uma similaridade espacial e sazonal da densidade e riqueza fitoplanctônica nas lagoas de estabilização.

2 Materiais e Métodos

2.1 Área de estudo

O município de Cascavel, localizado na região oeste do Estado do Paraná, possui clima subtropical úmido, mesotérmico e sem estação seca definida (ITCF, 1990). O abastecimento de água e a coleta de esgoto de Cascavel são realizados por meio de concessão à Companhia de Saneamento do Paraná – SANEPAR, estando a Estação de Tratamento de Esgotos Rio das Antas situada na região norte deste município (Figura 1).

A Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) Rio das Antas iniciou suas atividades em 1998 e atualmente são tratados aproximadamente 188 l/seg atendendo em torno de 120.000 habitantes. Sendo que, o sistema de tratamento de esgoto é constituído por tratamento preliminar (gradeamento, desarenador, medidor de vazão); tratamento primário (Reator Anaeróbio de Leito Fluidizado (RALF/ UASB); seguidamente o material passa para o tratamento secundário realizado nas lagoas de estabilização anaeróbias e facultativas e após o tratamento o efluente tratado segue para o corpo receptor (Figura 2).

O corpo receptor da estação é o córrego Bezerra, um afluente do Rio das Antas que localiza-se na bacia do Paraná III e que deságua no reservatório da usina hidrelétrica Itaipu Binacional (Orssatto, 2008). O córrego Bezerra, é um rio perene, considerado pelo Instituto Ambiental do Paraná (IAP) como classe II conforme classificação da Resolução CONAMA 357 (Brasil, 2005) e apresenta características lóticis.

Esta estação atua com uma eficiência operacional de remoção da matéria orgânica em torno de 85%, sendo que o efluente lançado nas águas do rio das Antas está de acordo com as condicionantes da sua licença de operação e com a Resolução CONAMA N°430/2011 (Zilotti, 2012).

Para o presente estudo foram definidos dois pontos de coleta:

Ponto 1: Saída da lagoa anaeróbia (S 24°55'11" e W 53°29'09"). Comprimento: 208 metros, largura: 112 metros, profundidade: 2,2 metros e tempo de residência da água: 3,2 horas.

Ponto 2: Saída da lagoa facultativa (S 24°55'05" e W 53°29'14"). Comprimento: 208 metros, largura: 112 metros, profundidade: 2 metros, e tempo de residência da água: 3 horas.

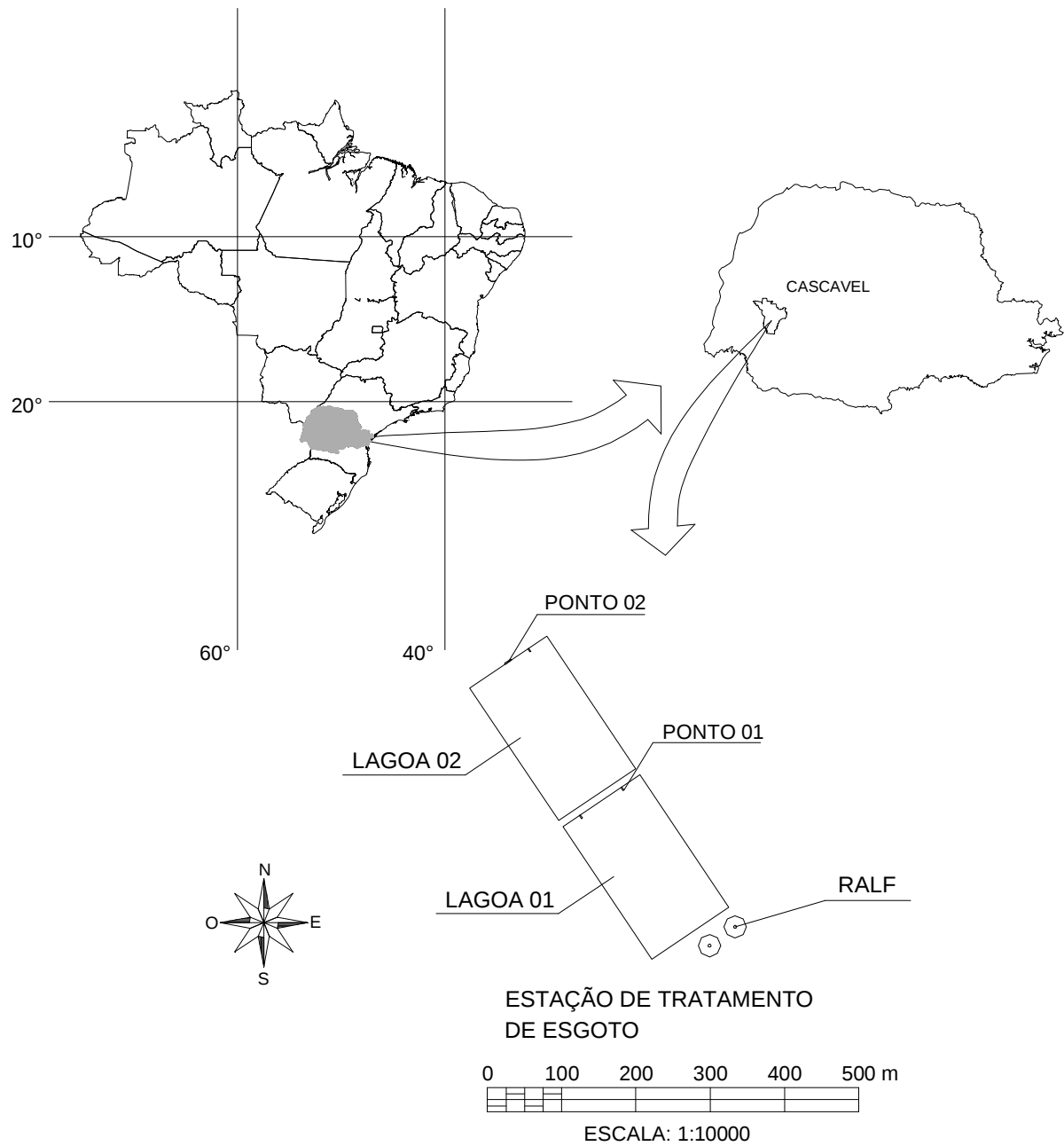


Figura 1. Mapa e localização dos pontos de amostragem P1 (saída da lagoa anaeróbia) e P2 (saída da lagoa facultativa) da Estação de Tratamento de Esgoto Rio das Antas, Cascavel, PR, Brasil.



Figura 2. Imagem de satélite da Estação de Tratamento de Esgotos Rio das Antas. Fonte: Google Earth 2011.

2.2 Metodologia de campo

As coletas de água para a análise das variáveis abióticas e do material fitoplânctônico foram realizadas mensalmente, de março de 2011 a fevereiro de 2012. Para o estudo da estrutura da comunidade fitoplânctônica foram obtidas amostras à subsuperfície (20 cm de profundidade), as quais foram acondicionadas em frascos de polietileno com capacidade de 350 mL e fixadas com solução de lugol acético 1%. Com o objetivo de concentrar o material para auxiliar no estudo taxonômico, foram coletadas amostras em réplicas do fitoplâncton, com auxílio da rede de plâncton de 25 μ m de abertura de malha por meio de arrasto horizontal na superfície da coluna d'água. As amostras foram acondicionadas em frascos de polietileno de 350 mL, e preservadas em solução Transeau na proporção 1:1, de acordo com Bicudo e Menezes (2006) e encontram-se depositadas no Herbário da Universidade Estadual do Oeste do Paraná - (UNOP), *campus* Cascavel.

2.3 Metodologia de laboratório

O estudo qualitativo do fitoplâncton foi realizado com auxílio de microscópio binocular com câmera de captura de imagem SC 30 acoplada, em aumentos de 400 e 1000x. O enquadramento sistemático das classes taxonômicas seguiu-se Round (1965, 1971)

proposto em Bicudo e Menezes (2006), em exceção a classe Cyanobactéria, onde seguiu-se o enquadramento proposto por Komárek e Anagnostidis (1989, 1998, 2005). E para a identificação em nível específico utilizou-se bibliografias especializadas para as classes.

Para a contagem do fitoplâncton utilizou-se microscópio invertido modelo Olympus CK2 e seguiu a metodologia descrita por Utermöhl (1958). O volume sedimentado foi definido de acordo com a concentração de algas e/ou detritos presentes na amostra, sendo o tempo de sedimentação equivalente à altura da câmara utilizada (Margalef, 1983).

A contagem foi realizada aleatoriamente, por campos, até a obtenção de 100 campos, sendo que os indivíduos foram contados na forma em que ocorrem na natureza: células, colônias, cenóbios ou filamentos. O cálculo da densidade fitoplanctônica foi realizado de acordo com a American Public Health Association - APHA (1995) e os resultados foram expressos em indivíduos por mililitros (ind.mL^{-1}).

Foram considerados os atributos: riqueza de espécies (número de táxons por amostra quantitativa), densidade (ind.mL^{-1}), diversidade (bits.ind^{-1}) e equitabilidade (E) para expressar a estrutura da comunidade fitoplanctônica.

O oxigênio dissolvido – OD (mg.L^{-1}) e temperatura da água – T água ($^{\circ}\text{C}$) foram obtidos *in situ* com auxílio de oxímetro microprocessado modelo AT 150 e termômetro digital respectivamente. As medidas de pH foram obtidas com o pHmetro AT 300, a condutividade elétrica – Cond. ($\mu\text{S.cm}^{-1}$) com condutivímetro manual modelo AT 230, turbidez- NTU (turbidímetro modelo TB1000), condutividade elétrica (condutivímetro manual modelo CD-820), as concentrações de amônio – NH_4^+ (mg.L^{-1}), nitrogênio total – NT (mg.L^{-1}), nitrato – NO_3^- (mg.L^{-1}), nitrito – NO_2^- (mg.L^{-1}), fósforo total – PT (mg.L^{-1}), ortofosfato – PO_4^{3-} (mg.L^{-1}), sólidos totais – ST (mg.L^{-1}), foram realizados no Laboratório de Limnologia do GERPEL (Grupo de Estudos em Recursos Pesqueiros e Limnologia) conforme metodologia descrita no American Public Health Association - APHA (1995).

Os dados de precipitação (mm) e velocidade do vento (m.s^{-1}) do município de Cascavel foram fornecidos pelo Instituto Meteorológico do Paraná (Simepar, 2012). Quanto a precipitação, foram considerados os valores do dia anterior da coleta somados ao dia da coleta, e os valores médios mensais de velocidade do vento, levou-se em conta o dia de realização da coleta.

2.4 Tratamento estatístico dos dados

As variáveis abióticas foram sintetizadas utilizando-se uma Análise de Componentes Principais - PCA, sendo os eixos significativos selecionados de acordo com o critério de

Broken Stick (Jackson, 1993). E a similaridade entre os pontos de amostragem e a variação de densidade fitoplanctônica foi avaliada temporal e espacialmente, através de uma Análise de Correspondência Destendenciada – DCA (Hill e Gauch, 1980), sendo os dados previamente log-transformados ($\log(\text{biovolume}+1)$) para obter maior linearidade dos dados.

Para averiguar se as unidades amostrais são posicionadas (ordenadas) de acordo com a covariação e associação entre as espécies, os dois eixos da PCA e da DCA foram correlacionados através de uma Análise de Gradientes Indireta (XL Stat, 2012).

E para verificar o efeito dos fatores abióticos e a interação dos mesmos sobre os atributos da comunidade fitoplanctônica durante o período amostrado nos dois pontos de amostragem foi utilizada uma Análise de Variância Permutacional Multivariada – PERMANOVA (Anderson, 2001; 2005). Para isso foram feitas 999 permutações, utilizando 1% como nível de significância (Anderson, 2001).

O índice de diversidade específica (H') – Índice de Shannon – da comunidade fitoplanctônica foi estimado segundo Shannon e Wiener (1963) e a equitabilidade (E), como uma medida de quão homogeneamente a densidade está distribuída entre as espécies, segundo Pielou (1966). A categorização para os valores de densidade fitoplanctônica e de equitabilidade foram considerados valores médios.

Para realizar os índices de diversidade, a PCA e a DCA foi utilizado o programa estatístico Pc-Ord, versão 4.0 (McCune e Mefford, 1999). A análise PERMANOVA foi realizada por meio do programa R (R Development Core Team, 2012), enquanto que, para a Análise de Gradientes Indireta foi utilizado o programa XL Stat, versão 1.01 (Addinsoft, 2012).

3 Resultados

3.1 Variáveis abióticas

Os dois primeiros eixos da PCA foram significativos com autovalores iguais a 5,7 e 2,2 e explicaram juntos 57,1% da variabilidade total dos dados. O eixo 1 evidenciou uma tendência de separação dos meses nos períodos frio e quente, estando associado positivamente com os valores de condutividade (0,29) e de sólidos totais (0,29) e negativamente com a temperatura (-0,38), PT (-0,36) e PO_4^{-3} (-0,34). Já o eixo 2 da PCA foi influenciado positivamente pela velocidade do vento (0,40) e negativamente pelo pH (-0,46) (Figura 3).

Os índices pluviométricos registrados foram muito baixos durante todo o período de estudo, em função deste fato não foi possível diferenciar os locais de estudo em relação a período seco e chuvoso. Como a variabilidade sazonal não esteve relacionada aos índices

pluviométricos, utilizamos os valores de temperatura da água para diferenciar os locais em frio e quente. Sendo que, os menores valores de temperatura da água foram registrados para o período de março de 2011 a agosto de 2011, em ambos os pontos de amostragem, variaram entre 19 a 22°C. Já os maiores valores de temperatura da água foram observados entre o período de setembro de 2011 a fevereiro de 2012, nos dois pontos de amostragem e variaram entre 22 a 26°C (Figura 3).

Os valores de fósforo total foram menores em julho e agosto de 2011 (entre 0,27 a 0,35 mg/L), no período frio e maiores valores foram registrados em outubro de 2011 (4,21 mg/L) para o período quente. E os valores de ortofosfato foram menores no período frio em agosto de 2011 (1,34 mg/L) e os maiores no período quente, em outubro de 2011 (5,45 mg/L).

Em relação aos sólidos totais, os maiores valores foram registrados para o mês de maio de 2011 (739 mg/L), e os menores valores para outubro de 2011 (212 mg/L). E os valores de condutividade foram menores em dezembro de 2011 (109 $\mu\text{S}/\text{cm}$) e os maiores em julho de 2011 (810 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

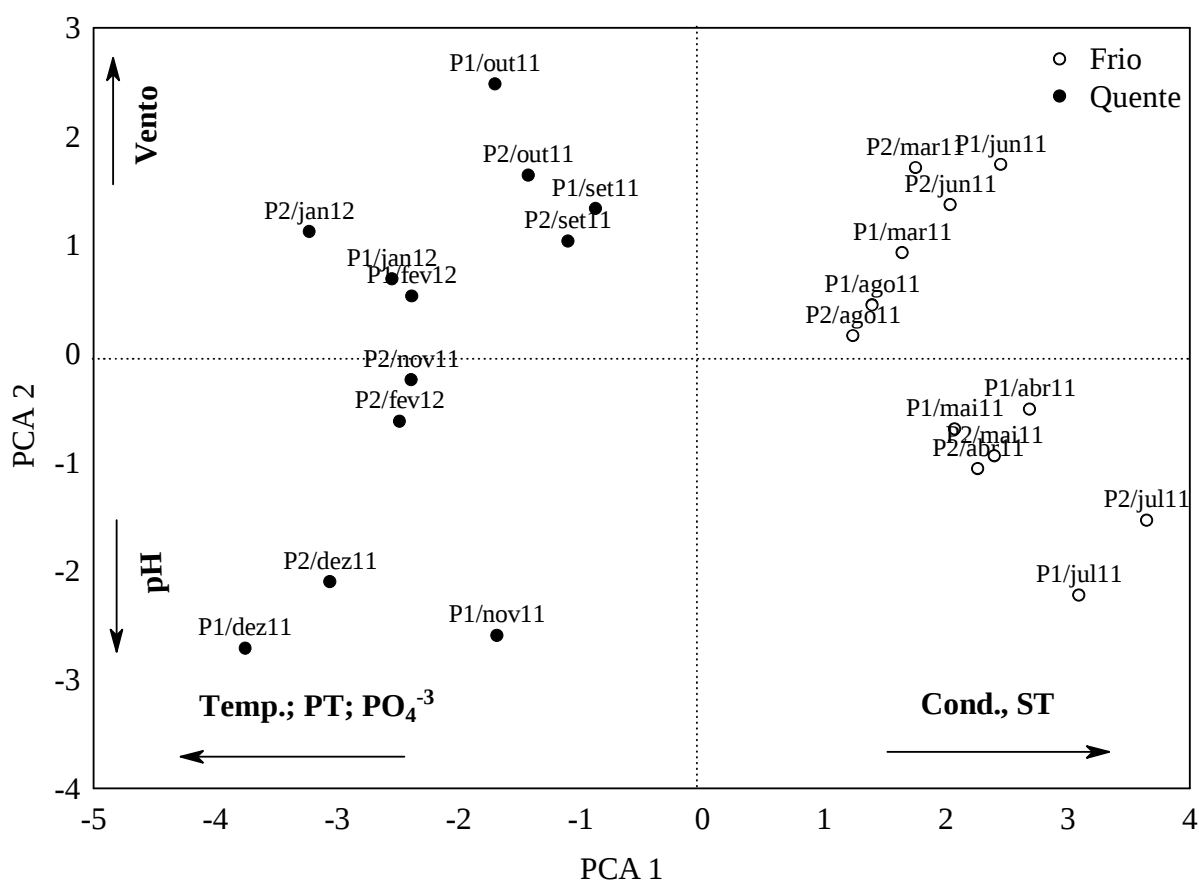


Figura 3. Ordenação dos meses e pontos de coleta P1(saída da lagoa secundária) e P2 (saída da lagoa terciária), da Estação de Tratamento de Esgotos Rio das Antas, em relação aos dois primeiros eixos da PCA e aos períodos frio e quente.

Em ambas as estações de coleta, os valores de pH estiveram próximos da neutralidade na maioria dos meses amostrados, atingindo valores máximos nos meses de novembro de 2011 e dezembro, e valores levemente ácidos em setembro de 2011, janeiro e fevereiro de 2012. Já os maiores valores de velocidade do vento foram registrados no mês de junho de 2011 ($6,6 \text{ m.s}^{-1}$) no período frio e os menores no mês de novembro de 2011 ($2,7 \text{ m.s}^{-1}$) no período quente.

Para o NH_4^+ , os menores valores foram registrados em julho de 2011 ($2,72 \text{ mg/L}$) no período frio, sendo os maiores valores deste nutriente observados em outubro de 2011 ($39,72 \text{ mg/L}$), no período quente. Os maiores valores tanto de NT quanto de NO_3^- foram registrados para o Ponto 2, onde registrou-se altos valores NT no mês de março de 2011 ($8,68 \text{ mg/L}$) e de NO_3^- em dezembro de 2011 ($7,12 \text{ mg/L}$). As demais variáveis apresentaram baixa variação espacial (Tabela 1).

Tabela 1. Valores de temperatura da água – T° (°C), condutividade elétrica – Cond. ($\mu\text{S.cm}^{-1}$), pH, turbidez – (NTU), oxigênio dissolvido – OD (mg.L^{-1}), nitrogênio total – NT (mg.L^{-1}), amônio – NH_4^+ (mg.L^{-1}), nitrito – NO_2^- (mg.L^{-1}), nitrato – NO_3^- (mg.L^{-1}), fósforo total – PT (mg.L^{-1}), ortofosfato – $\text{PO}_4\text{-3}$ (mg.L^{-1}), sólidos totais – ST (mg.L^{-1}), precipitação dos últimos dois dias – Prec. (mm), velocidade do vento o dia da coleta – Vent. (m.s^{-1}) nos pontos P1 (saída da lagoa anaeróbia) e P2 (saída da lagoa facultativa) e meses de coleta (março de 2011 a fevereiro de 2012).

Ponto/Mês	T°	Cond.	pH	Turb.	OD	NT	NH_4^+	NO_2^-	NO_3^-	PT	$\text{PO}_4\text{-3}$	ST	Prec.	Vent.
P1/mar11	20	651	7,02	26,9	4,67	1,40	4,40	0,08	0,32	2,77	4,30	516	1,6	6,3
P2/mar11	19	397	7,14	40,7	2,49	8,68	5,25	0,08	1,17	2,68	3,94	477	1,6	6,3
P1/abr11	21	583	6,88	19,2	5,06	3,36	10,61	0,14	0,97	0,47	1,72	813	1,4	4,4
P2/abr11	21	544	7,07	37,9	3,59	0,56	6,07	0,12	1,12	0,47	1,68	734	1,4	4,4
P1/mai11	19	639	7,22	67,1	5,54	0,84	4,80	0,12	0,32	0,68	1,86	633	0	3,1
P2/mai11	19	578	7,25	51,3	4,09	1,68	4,80	0,13	0,22	0,60	1,78	739	0	3,1
P1/jun11	19	715	7,13	86,7	1,39	5,04	14,45	0,17	0,47	0,67	1,89	460	0	6,6
P2/jun11	20	678	7,21	93,9	0,98	4,20	14,11	0,15	1,22	0,56	1,83	443	0	6,6
P1/jul11	20	775	8,98	27,3	4,43	0,67	2,72	0,12	1,37	0,32	1,56	687	16,6	4,2
P2/jul11	19	810	7,26	39,8	0,89	2,24	4,72	0,15	1,17	0,35	1,55	738	16,6	4,2
P1/ago11	21	621	7,29	36	8,28	2,07	20,42	0,06	1,12	0,30	1,37	379	1	5,1
P2/ago11	22	572	7,55	58,2	2,38	1,40	20,76	0,09	0,57	0,27	1,34	384	1	5,1
P1/set11	22	638	6,83	40,5	4,74	1,40	30,45	0,12	1,07	4,13	5,02	355	0	4,3
P2/set11	22	388	6,97	82,9	9,11	1,68	27,07	0,14	0,92	3,42	3,94	376	0	4,3
P1/out11	21	701	6,73	64,7	13,77	1,40	39,72	0,12	0,72	4,21	5,45	212	0	4,5
P2/out11	22	623	7,2	106	14,06	1,68	24,80	0,16	1,17	3,42	4,59	291	0	4,5
P1/nov11	24	290	14	65,7	4,38	1,12	14,68	0,11	4,62	2,77	2,30	324	0,2	2,7
P2/nov11	24	239	7,26	111	5,26	1,12	24,68	0,14	2,12	3,24	4,46	373	0,2	2,7
P1/dez11	26	109	14	116	4,43	1,40	22,84	0,09	7,12	3,37	4,62	404	3,4	3,3
P2/dez11	25	210	12,2	84,5	8,46	1,12	23,68	0,16	6,82	3,12	4,44	396	3,4	3,3
P1/jan12	25	612	7,06	103	25,2	2,24	23,88	0,06	5,07	3,39	4,64	494	0,2	4,1
P2/jan12	25	294	5,81	104	29,5	2,52	25,11	0,17	4,72	3,83	5,01	442	0,2	4,1
P1/fev12	25	408	4,65	118	9,96	0,45	26,72	0,10	0,92	4,12	5,12	388	7,8	3,2
P2/fev12	25	533	6,93	76,6	7,68	0,39	25,15	0,07	4,72	4,12	5,22	383	7,8	3,2

A Análise de Correspondência Destendenciada (DCA) realizada para os dados de densidade fitoplanctônica da Estação de Tratamento de Esgotos Rio das Antas explicou 38% da variabilidade total dos dados, e discriminou claramente uma variação temporal entre o período frio e quente.

Observou-se uma nítida separação de dois grupos pela DCA, onde o primeiro grupo está localizado na porção inferior direita do diagrama, associado com baixas temperaturas da água e com a alta densidade de Euglenophyceae, Cyanobacteria e Chlorophyceae. Já o segundo grupo está separado na porção superior esquerda, correlacionado ao fator altas temperaturas da água das lagoas, bem como com a alta densidade das classes Chlorophyceae e Cyanobacteria.

Porém, a baixa variabilidade espacial em relação a densidade dos táxons fitoplanctônicos foi observada durante todo o período de amostragem, sendo que no mês de novembro de 2011 foi obtida a maior heterogeneidade espacial. Tal fato é evidenciado pela discriminação da estação 2, na porção superior esquerda do diagrama, correlacionado com a ocorrência de *Oscillatoria subbrevis*, e da estação 1, na porção inferior direita associado pela ocorrência de *Leptolyngbya* cf. *margaretheana*. Nos demais meses verificou-se uma homogeneidade espacial, com a ocorrência de altas densidades de *Chroococcus minutus*, *Chroococcus minimus*, *Euglena polymorpha*, *Aphanocapsa* cf. *delicatissima*, *Chlamydomonas* sp. 1, *Chlamydomonas* sp. 2, *Leptolyngbya* cf. *margaretheana*, *Synechococcus nidulans*, *Oscillatoria subbrevis* em ambas as estações (Figura 4A).

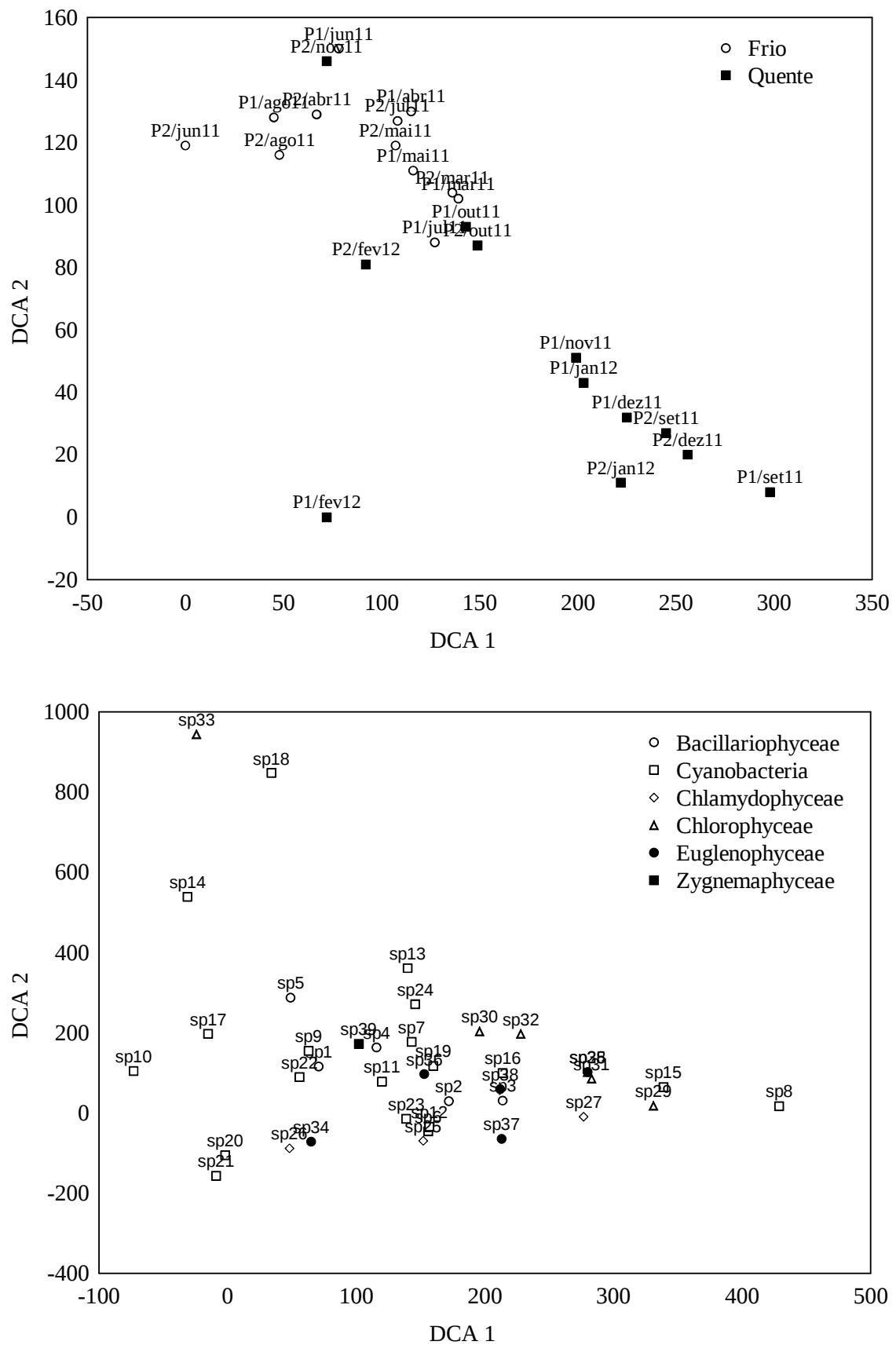


Figura 4. (A) Dispersão dos escores por período frio e quente/ pontos de coleta e da (B) Densidade dos táxons fitoplancônicos ao longo dos dois primeiros eixos da DCA.

Através da Análise de Gradientes Indireta foi possível observar que 41% dos dados abióticos do primeiro eixo da PCA explicaram 49% da distribuição das espécies, sendo influenciado principalmente pelos fatores: temperatura da água, condutividade, turbidez, oxigênio dissolvido, amônio, fósforo total, ortofosfato e sólidos totais. Ainda, 16% da variabilidade de dados abióticos do segundo eixo da PCA explicaram 25 % da distribuição das espécies, sendo os principais fatores abióticos que influenciaram foram: pH, nitrato e velocidade do vento. No total 57 % do dois eixo da PCA explicaram 74% da distribuição da espécies (dois eixos da DCA) nos dois pontos de coleta, ao longo do período de estudo. Como foram 14 variáveis aferidas durante o estudo, demais variações devem-se, provavelmente, a outros fatores abióticos que não foram aferidos durante o período de estudo, de fatores externos e de agentes antrópicos que podem interferir na distribuição das espécies.

A PERMANOVA não evidenciou diferenças significativas entre os locais e períodos amostrados para os dados de riqueza e densidade fitoplanctônica ($p > 0,05$ = não significativo) (Tabela 2).

Tabela 2. PERMANOVA realizada para densidade e riqueza fitoplanctônica com dois níveis de observação (Período – feio e quente; Local – lagoa secundária e terciária).

		df	MeanSquare	F-statistic	P- value (Permutational)
Densidade	Período	1	0.065159	0.30435	0.926
	Local	1	0.086869	0.40575	0.823
	Período*Local	1	0.099111	0.46293	0.807
	Resíduos	20	0.214094		
	Total	23			
Riqueza	Período	1	0.064931	0.68381	0.692
	Local	1	0.102479	1.07924	0.392
	Período*Local	1	0.108326	1.14081	0.344
	Resíduos	20	0.094955		
	Total	23			

3.2 Comunidade fitoplanctônica

A análise das amostras qualitativas e quantitativas da comunidade fitoplanctônica das lagoas de estabilização da Estação de Tratamento de Esgotos Rio das Antas, foi representada por baixa riqueza de espécies, sendo registrados 39 táxons (Tabela 3). Dentre os grupos taxonômicos registrados, Cyanobacteria (48,72%) foi a classe que contribuiu com maior número de táxons. Os demais grupos tiveram contribuições menos significativas,

Chlorophyceae (17,95%), Bacillariophyceae (12,82%), Euglenophyceae (12,82%), Chlamydomphyceae (5,13%) e Zygnemaphyceae (2,56%). Os gêneros *Euglena* (Euglenophyceae), *Pseudanabaena*, *Oscillatoria* e *Chroococcus* (Cyanobacteria) foram os que apresentaram maior número de táxons.

O ponto 1 apresentou 35 táxons e o ponto 2 esteve constituído por 36 táxons. Deste total, 32 táxons foram comuns aos dois pontos amostrados, três foram exclusivos para o Ponto 1, e quatro foram exclusivos no Ponto 2.

Com relação aos valores de densidade fitoplanctônica foram extremamente altos em ambos os pontos de amostragem (Figura 5A), com média mensal de 138.242 ind.mL⁻¹ no ponto 1 (lagoa secundária) e 138.893 ind.mL⁻¹ no ponto 2. Sendo que, a densidade esteve representada principalmente pelas classes Cyanobacteria e Chlorophyceae, para ambos os pontos de amostragem.

As maiores densidades fitoplanctônicas foram registradas em novembro de 2011, no Ponto 1 (122.842 ind.mL⁻¹), pela espécie *Chlamydomonas* sp. 2 e em outubro de 2011 (105.569 ind.mL⁻¹), com a espécie *Chroococcus minimus*. Já para o Ponto 2, os maiores valores de densidade foram registrados em outubro de 2011 (127.062 ind.mL⁻¹), pela espécie *Chroococcus minimus*, e em julho de 2011 (117.332 ind.mL⁻¹), com a mesma espécie.

Os maiores valores de densidade para a classe Cyanobacteria, foram registrados no mês de fevereiro de 2012 no Ponto 1. Já os menores valores de densidade desta classe incidiram no mês de janeiro de 2012 no Ponto 2.

Em relação à riqueza de espécies fitoplanctônicas nos pontos de amostragem, a classe Cyanobacteria apresentou a maior contribuição (Figura 5B). Os maiores valores de riqueza de cianobactéria para ambas as estações, ocorreram nos meses de fevereiro de 2012 para o Ponto 1 e junho de 2011 para o Ponto 2. Os menores valores de riqueza foram registrados para os meses de abril e maio de 2011 para o Ponto 1 e de maio e junho de 2011 para o Ponto 2. As cianobactérias predominaram no período do verão, onde ocorreram temperaturas mais elevadas (Figura 5B). A classe com menor contribuição tanto em relação à densidade como riqueza foi a classe Zygnemaphyceae.

Tabela 3. Relação das espécies fitoplanctônicas registradas nos dois pontos de coleta, P1 (lagoa anaeróbia) e P2 (lagoa facultativa) da Estação de Tratamento de Esgotos Rio das Antas, Cascavel - PR, no período de março de 2011 a fevereiro de 2012.

BACILLARIOPHYCEAE		P1	P2
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen	sp.1		x
<i>Gomphonema parvulum</i> (Kützing) Heurck	sp.2	x	x
<i>Navicula</i> sp.	sp.3	x	x
<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) Smith	sp.4	x	x
<i>Pinnularia gibba</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	sp.5	x	x
CYANOBACTERIA			
<i>Aphanocapsa</i> cf. <i>delicatissima</i> West e West	sp.6	x	x
<i>Aphanothece</i> sp.	sp.7	x	x
<i>Artrosphira</i> sp.	sp.8	x	x
<i>Chroococcus minimus</i> (Keissler) Lemmermann	sp.9	x	x
<i>C. minutus</i> (Kützing) Nägeli	sp.10	x	x
<i>Geitlerinema unigranulatum</i> (S.N.Singh) J.Komárek & M.T.P.Azevedo	sp.11	x	x
<i>Heteroleibleinia kuetzingii</i> (Schmidle) Compère	sp.12	x	x
<i>Jaaginema quadripunctulatum</i> (Brühl & Biswas) Anagnostidis & Komárek	sp.13	x	x
<i>Komvophoron minutum</i> (Skuja) Anagnostidis & Komárek	sp.14		x
<i>Leibleinia epiphytica</i> Komárek	sp.15		x
<i>Leptolyngbya</i> cf. <i>margaretheana</i> (G. Schmid) Anagnostidis & Komárek	sp.16	x	x
<i>Microcystis aeruginosa</i> (Kützing) Kützing	sp.17	x	x
<i>Oscillatoria subbrevis</i> Schmidle	sp.18	x	x
<i>O. sancta</i> Kützing ex Gomont	sp.19	x	x
<i>Planktolynghya limnetica</i> (Lemmermann) Komarková-Legnerová & G. Cronberg	sp.20	x	x
<i>Pseudanabaena mucicola</i> (Naumann e Huber-Pestalozzi) Schwabe	sp.21	x	x
<i>P. galeata</i> Böcher	sp.22	x	x
<i>Spirulina subtilissima</i> Kützing ex Gomont	sp.23	x	x
<i>Synechococcus nidulans</i> (Pringsheim) Komárek	sp.24	x	x
CHLAMYDOPHYCEAE			
<i>Chlamydomonas</i> sp.1	sp.25	x	x
<i>Pyrobotrys elongata</i> Korshikov	sp.26	x	x
<i>Chlamydomonas</i> sp. 2	sp.27	x	x
CHLOROPHYCEAE			
<i>Crucigenia tetrapedia</i> (Kirchner) Kuntze	sp.28	x	
<i>Dictyosphaerium ehrenbergianum</i> Nägeli	sp.29	x	x
<i>Golenkinia radiata</i> Chodat	sp.30	x	x
<i>Golenkiniopsis solitaria</i> (Korshikov) Korshikov	sp.31	x	x
<i>Micractinium pusillum</i> Fresenius	sp.32	x	x
<i>Phytherios viridis</i> Frenzel	sp.33		x
EUGLENOPHYCEAE			
<i>Euglena agilis</i> Carter	sp.34	x	x
<i>E. clara</i> Skuja	sp.35	x	
<i>E. polymorpha</i> Dangeard	sp.36	x	x
<i>E. geniculata</i> Dujardin emend. Schmitz	sp.37	x	x
<i>Lepocinclis salina</i> Fritsch	sp.38	x	x
ZIGNEMAPHYCEAE			
<i>Closterium lunula</i> Ehrenberg & Hemprich ex Ralfs	sp.39	x	

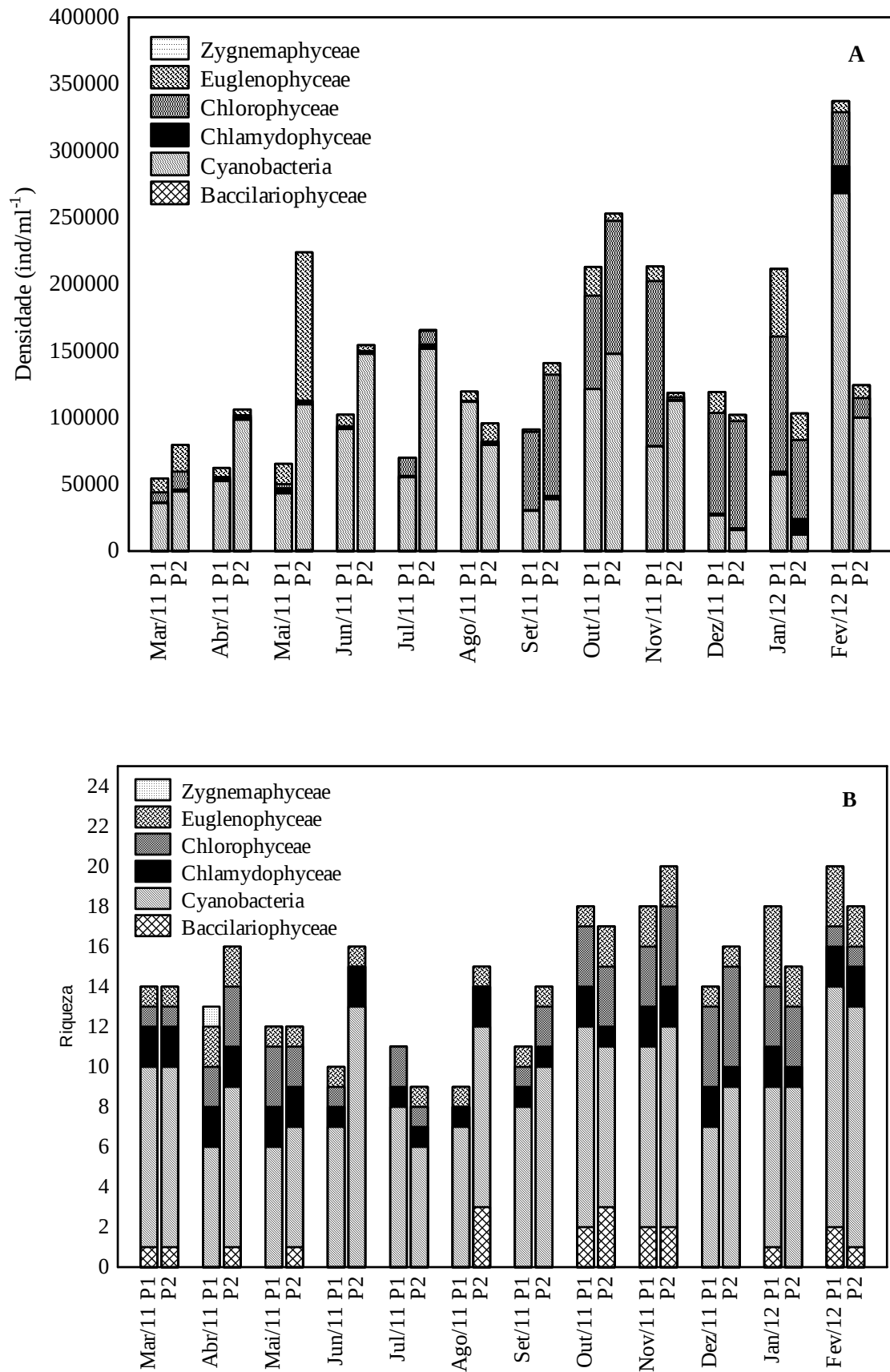


Figura 5. Variação mensal da densidade (A) e riqueza (B) fitoplancônica nos pontos de coleta P1 (saída da lagoa anaeróbia) e P2 (saída da lagoa facultativa), da Estação de Tratamento de Esgotos Rio das Antas, Cascavel - PR, no período de março de 2011 a fevereiro de 2012.

Foram observados valores médios variando de muito baixo a baixo para o índice de diversidade de Shannon (H') no Ponto 1 (1,37 bits.mm⁻³) e no Ponto 2 (1,23 bits.mm⁻³) da Estação de Tratamento de Esgotos Rio das Antas (Figura 6). Os maiores valores deste atributo foram registrados em fevereiro de 2012 no ponto 1 (1,76 bits.mm⁻³) e em agosto de 2011 no ponto 2 (1,71 bits.mm⁻³), enquanto que os menores índices de diversidade de Shannon foram observados nos meses de junho (0,84 bits.mm⁻³) e abril de 2011 (0,79 bits.mm⁻³), nos respectivos pontos.

A comunidade fitoplancônica dos pontos amostrados na Estação de Tratamento de Esgotos Rio das Antas, apresentou uma alta equitabilidade com valores médios de 0,52 % no Ponto 1 e 0,45 % no Ponto 2. Os mais altos valores de equitabilidade foram registrados para o mês de março de 2011 (0,63 %) nos dois pontos de amostragem. Estes valores indicam que as espécies se distribuíram de forma homogênea em todo o período amostrado, com algumas espécies dominante em alguns períodos de coleta como em junho de 2011 no Ponto 1 com *Chlamydomonas* sp. 2 ($E = 0,36$ %) e julho de 2011 no Ponto 2 com *Chroococcus minimus* ($E = 0,42$ %) (Figura 6).

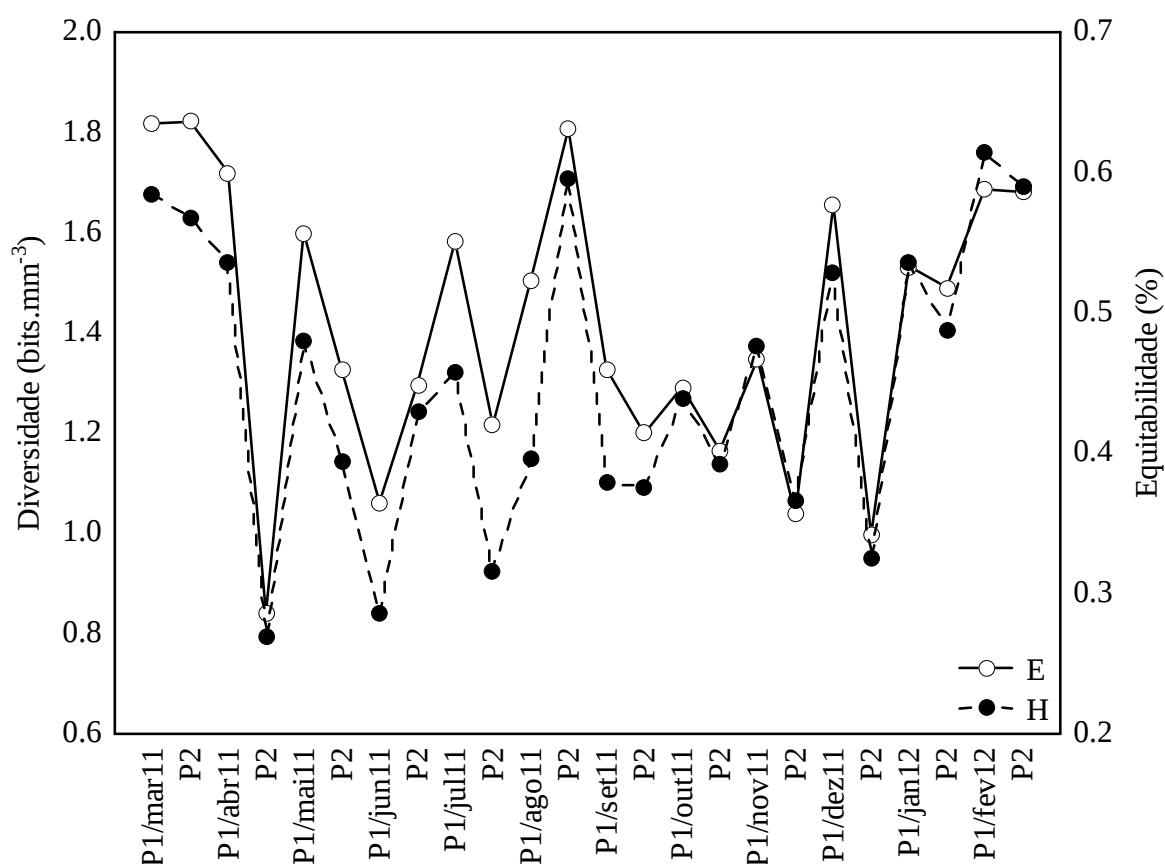


Figura 6. Variação mensal da Diversidade de Shannon e Equitabilidade da comunidade fitoplancônica nas estações de amostragem, no período de maio de 2010 a maio de 2011.

4 Discussão

A ordenação dos dados abióticos realizada pela PCA evidenciou uma tendência de separação sazonal (período de frio e quente), sendo influenciada principalmente por altos valores de condutividade e sólidos totais no período frio.

Os elevados valores de condutividade devem-se, provavelmente, à ação de decompositores da matéria orgânica que liberam para a água o amônio, elevando a concentração iônica o que reflete na condutividade (Wetzel, 1993). Os valores de sólidos, suspensos e dissolvidos, podem estar relacionados a ventos fortes e precipitação intensa, ocasionando assim, uma mistura na coluna d' água. Tal evento, conseqüentemente, causa diminuição na penetrância de raios solares na coluna d' água, dificultando a atividade fotossintética e podendo se tornar um fator limitante para a comunidade fitoplanctônica.

No período quente foram registrados altos valores de temperatura da água nas lagoas de estabilização. Este dado abiótico, de acordo com Mendonça (2000), está relacionado com a radiação solar e afeta a velocidade de fotossíntese influenciando, conseqüentemente, a abundância, a distribuição e o crescimento dos organismos fitoplanctônicos. No período quente do ano, nota-se um aumento no aporte de nitrogênio e fósforo nas lagoas devido, provavelmente, ao aumento no aporte de material orgânico de origem antrópica.

Além destes fatores, as lagoas de estabilização são influenciadas também pela chuva, vento e aquecimento solar, os quais podem contribuir para a heterogeneidade espacial e a variabilidade temporal dos fatores abióticos e biótico.

A Análise de Correspondência Destendenciada (DCA) realizada para os dados de densidade fitoplanctônica da Estação de Tratamento de Esgotos Rio das Antas explicou 38% da variabilidade total dos dados, e discriminou claramente uma variação temporal entre o período frio e quente.

Observou-se uma nítida separação de dois grupos pela DCA, onde o primeiro grupo está localizado na porção inferior direita do diagrama, associado com baixas temperaturas da água e com a alta densidade de Euglenophyceae, Cyanobacteria e Chlorophyceae. Já o segundo grupo está separado na porção superior esquerda, correlacionado ao fator altas temperaturas da água das lagoas, bem como com a alta densidade das classes Chlorophyceae e Cyanobacteria.

Porém, a baixa variabilidade espacial em relação a densidade dos táxons fitoplanctônicos foi observada durante todo o período de amostragem, sendo que no mês de novembro de 2011 foi obtida a maior heterogeneidade espacial. Os dados da DCA discriminaram uma variação temporal entre o período frio do período quente, sendo

significativamente influentes na composição da comunidade fitoplanctônica nos meses estudados.

Em relação à diversidade de Shannon, a mesma pode ser avaliada como muito baixa (valores inferiores a 1,0 bits.ind.⁻¹), baixa (entre 2,0 e 1,0), média (entre 3,0 e 2,0) e alta (acima de 3,0) (Cavalcanti e Larrazábal, 2004). Dessa forma, a diversidade da comunidade fitoplanctônica registrada nos pontos de coleta variou entre 0,79- 1,7 bits.ind.⁻¹ e, portanto, pode ser classificada entre muito baixa a baixa. As observações efetuadas neste estudo concordam com o apontado por Margalef (1983), em que “a diversidade específica das comunidades pode retratar a estabilidade do sistema, sendo que índices de diversidade baixos refletem, em geral, condições extremas de poluição ou pureza das águas”.

A baixa riqueza e diversidade de espécies e a alta densidade específica no ambiente estudado, deve-se, provavelmente às condições limnológicas extremas observadas em lagoas de estabilização, possibilitando que poucas espécies consigam desenvolver populações nestes ambientes, porém esta baixa diversidade é considerada normal para estações de tratamento de esgotos. Segundo Tundisi e Matsumara-Tundisi (2008), o comportamento das espécies em selecionar habitats, a interação com outras espécies e a tolerância de cada população aos fatores físicos e químicos do ambiente, são fundamentais para caracterizar um ecossistema aquático.

A escassez de táxons fitoplanctônicos em lagoas de estabilização também foi registrada por Cruz (2005), onde foram relacionados 22 táxons encontrados nas lagoas de polimento em Vitória no Espírito Santo e 38 táxons foram documentados por Delazarri-Barroso et al. (2009), em lagoas de polimento da ETE Biossistemas Integrados em Venda Nova do Imigrante, também no estado do Espírito Santo. Já na região nordeste do país os estudos de Oliveira (2010) identificaram 37 táxons na lagoa facultativa da Estação de Tratamento de Esgoto de Mangabeira no município de João Pessoa na Paraíba, e ainda, Aquino et al. (2011) registraram a ocorrência de 22 táxons fitoplanctônicos na lagoa facultativa da ETE Barbalha no estado do Ceará.

A comunidade fitoplanctônica presente em lagoas de estabilização apresenta pouca variabilidade quanto a diversidade de espécies, sendo que as cianobactérias, clorofíceas, euglenofíceas e as diatomáceas são os grupos mais comumente encontrados (Von Sperling, 1996). Por possuírem características especiais às algas verdes e cianobactérias são os grupos que mais se destacam quanto a densidade nestes ambientes (Di-Bernardo, 1995).

No presente estudo, a composição da comunidade fitoplanctônica esteve representada principalmente pelas cianobactérias (48,72 %), que predominaram em relação aos demais

grupos fitoplanctônicos, em ambientes como as lagoas de tratamento de esgotos (Vasconcelos e Pereira, 2001; Furtado et al., 2009; Shanthala et al., 2009). Tal fato se deve, provavelmente, a capacidade de possuírem diversas estratégias adaptativas (Sant'Anna e Azevedo, 2006); como por exemplo, a habilidade em armazenar fósforo e fixar nitrogênio atmosférico (Dokulil e Teubner, 2000; Sant'Anna et al., 2006) que está presente em grande quantidade no ambiente em estudo, além da presença de aerótopos e intensa divisão celular nos meses mais quentes, conferindo-lhes vantagens competitivas sobre os demais grupos fitoplanctônicos (Reynolds, 1984).

Ainda, o aumento da densidade destas algas tem sido associado a vários fatores ambientais, como por exemplo, a elevada temperatura da água e a baixa concentração de CO₂ (Dokulil e Teubner, 2000). Registrou-se a ocorrência de cianobactérias em períodos com temperaturas mais elevadas, sendo que no mês de maior densidade e riqueza (fevereiro de 2012) a temperatura registrada foi de 25°C, condição ideal para o desenvolvimento das cianobactérias (Dokulil e Teubner, 2000; Sant'Anna et al., 2008).

Tal fato já havia sido anteriormente registrado por Huszar et al. (2000), onde a abundância relativa de Cyanobacteria foi correlacionada positivamente com a temperatura, e no trabalho de Tilman et al. (1986) no qual ocorreu dominância de espécies dessa classe em períodos de elevadas temperaturas.

Outro fator condicionante à dominância das cianobactérias é o pH alcalino (Huszar et al., 2000; Branco et al., 2001), observado no presente estudo onde, em ambas as estações de coleta, os valores de pH estiveram próximos a neutralidade na maioria dos meses amostrados, atingindo características alcalinas nos meses de novembro e dezembro de 2011.

A preferência das cianobactérias por ambientes neutros a alcalinos é decorrente de sua capacidade em utilizar bicarbonato como forma de assimilação de carbono inorgânico e de sua limitada habilidade em regular e manter o pH interno neutro em ecossistemas ácidos, sendo que, seu crescimento máximo ocorre em habitats com pH variando de 7,5 a 10 (Giraldez-Ruiz et al., 1999).

Além das cianobactérias, as clorofíceas destacam-se quanto à riqueza de táxons em ambientes eutrofizados e rasos (Tucci et al., 2006; Sant'Anna et al., 2006). Sendo assim, as cianobactérias atuam como “espécies pioneiras” pela sua pequena exigência nutricional e capacidade de utilizar oxigênio atmosférico (Vidotti e Rollemberg, 2004). Já as clorofíceas, são consideradas oportunistas pelo fato de apresentarem pequeno tamanho e crescimento rápido, favorecendo sua presença em qualquer época do ano (Haphey-Wood, 1988).

As clorofíceas são características de variados tipos de ambientes, desde águas oligotróficas até ambientes fortemente poluídos, possuindo várias estratégias de sobrevivência devido a sua alta diversidade (Peres e Senna, 2000). Adicionalmente, segundo Uehara e Vidal (1989), as mesmas estão associados a altos valores de pH, como o observado no presente estudo, onde houve um predomínio de clorofíceas nos meses de novembro (P1) com valores de pH alto (14) e em dezembro de 2011 com o pH registrado para os pontos sendo de 14 e 12,2 respectivamente.

A variação de distribuição observada em todo o período de estudo, demonstrou a substituição, em proporções, das cianobactérias por clorofíceas. As cianofíceas apresentam maior densidade nos meses mais frios e as clorofíceas nos meses mais quentes. Outro fator importante observado no presente estudo é que no mês de maio de 2011 foram verificados valores de nutrientes baixos (NT, NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , PT, PO_4^{3-}), e co-dominância de cianobactérias e euglenofíceas.

A explicação para as substituições de espécies têm levado em conta o equilíbrio das espécies que prevê a competição e a coexistência em determinados habitats (Tilman, 1982), bem como a abordagem do não equilíbrio onde a variabilidade ambiental permite a coexistência de espécies competindo pelos mesmos recursos (Richerson et al., 1970).

A colonização sucessiva e contínua de um local por certas populações de espécies, acompanhada da extinção de outras é entendida como sucessão ecológica (Townsend et al., 2010). O processo referido como sucessão é caracterizado por espécies que foram originalmente bem adaptadas em um habitat e que podem perder sua habilidade e serem substituídas por outras espécies melhor adaptadas às novas condições (Lampert e Sommer, 2007). Tal fato foi observado em relação a densidade dos grupos fitoplanctônicos, sendo que a colonização inicial deste ciclo anual de estudos é marcada com a presença de cianobactérias, sendo substituídas pelas clorofíceas e assim consecutivamente no decorrer do período de estudo.

Também foi observada uma distribuição espacial similar durante todo o período de estudo, provavelmente devido a presença de táxons com abundância equitativa. Nota-se uma baixa variabilidade espacial entre os locais de coleta, sendo que, no mês de novembro de 2011 foi obtida a maior heterogeneidade espacial, evidenciado pela discriminação da estação 2, na porção superior esquerda do diagrama, influenciada pela ocorrência de *Oscillatoria subbrevis*, e da estação 1, na porção inferior direita, influenciada pela ocorrência de *Leptolyngbya* cf. *margaretheana*.

Esta similaridade espacial pode ser confirmada pelo fato das condições abióticas se comportarem de forma semelhante durante todo o período de estudo (ambiente estável), sendo que a composição química do meio exerce influência sobre a distribuição espacial do fitoplâncton (Esteves, 2011). Em especial para lagoas de estabilização, o fitoplâncton apresenta pouca variabilidade e a seleção de espécies é influenciada principalmente pela matéria orgânica, temperatura e intensidade luminosa (Palmer, 1969; Tundisi e Matsumara-Tundisi, 2008).

Conclui-se que não foram observadas diferenças acentuadas na composição do fitoplâncton entre os locais amostrados (baixa variabilidade espacial), sendo observada uma distribuição homogênea das espécies em todo o período amostrado. E ainda, a variabilidade temporal (frio e quente) exerce sim influência significativa sobre a composição e estrutura da comunidade fitoplanctônica desse ecossistema lântico, apresentando altos valores de densidade em todo o período de estudo. Deste modo, as hipóteses propostas foram aceitas pelo fato de que a composição de táxons presente nas duas lagoas é semelhante e de que a grande quantidade de despejos domésticos carregados de matéria orgânica influencia positivamente no desenvolvimento da comunidade fitoplanctônica.

5 Referências

- ADDINSOFT, T. M. 2012. *XL STAT Your Data Analysis Solution, version 1.01*. New York - United States.
- ALAM, M.G.M., JAHAN, N., THALIB, L., WEI, B. and MAEKAWA, T. 2001. Effects of environmental factors on the seasonally change of phytoplankton populations in a closed freshwater pond. *Environment International*, vol. 27, p. 363–371.
- ALMEIDA, I.C.S., FERREIRA-CORREIRA, M.M., DOURADO, E.C.S. and CARIDADE, E.O. 2005. Comunidade fitoplanctônica do Lago Cajari, Baixada Maranhense, no período de cheia. *Boletim do Laboratório de Hidrobiologia*, vol. 18, p. 1-9.
- AMENGUAL-MORRO, C., NIELL, G.M. and MARTÍNEZ-TABERNER, A. 2012. Phytoplankton as bioindicator for waste stabilization ponds. *Journal of Environmental Management*, vol. 95, p. S71-S76.
- ANDERSON, M.J. 2001. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecology*, vol. 26, p. 32-46.
- ANDERSON, M.J. 2005. PERMANOVA a Fortran Computer Program for Permutational Multivariate Analysis of Variance. New Zealand: Department of Statistics - University of Auckland, 24 p.
- APHA - American Public Health Association. 1995. *Standart methods for the examination of water and wasterwater*. 19th edn. Washington: APHA.
- AQUINO, E.P., LACERDA, S.R. and FREITAS, A.I.G. 2010. Cianobactérias das lagoas de tratamento de esgoto no semi-árido nordestino (Ceará, Brasil). *Revista de Botânica = Journal of Botany*, no. 39, p. 34-46.
- AQUINO, E.P., OLIVEIRA, E.C.C., FERNANDES, U.L. and LACERDA, S.R. 2011. Fitoplâncton de uma lagoa de estabilização no nordeste do Brasil. *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology*, vol. 15, no. 1, p. 71-77.

ARAUZO, M., COOLMENAREJO, M.F., MARTINEZ, E. and GARCIA, M.G. 2000. The role of algae in a deep wastewater self-regeneration pond. *Water Research*, vol. 34, no. 14, p. 3666-3674.

BARROSO, G.F., DIAS-JR, C. and GÜNTZEL, A. 1997. Preliminary assessment of the eutrophication potential of sewage effluents of four wastewater treatment plants in Espírito Santo State (Brazil). *Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie*, vol. 26, p. 666-670.

BARTHEL, L., OLIVEIRA, P.A.V. and COSTA, R.H.R. 2008. Plankton Biomass in Secondary Ponds Treating Piggery Waste. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, vol. 51, no. 6, p. 1287-1298.

BASTOS, R.K.X., DORNELAS, F.L., RIOS, E.N. and OKANO, W.Y. 2010. Dinâmica da qualidade da água e da comunidade planctônica em lagoas de polimento: Estudo de caso no sudeste brasileiro. *Revista Aidis de Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigación, desarrollo y práctica*, vol. 3, no. 1, p. 97–107.

BICUDO, C.E.M. and MENEZES, M. 2006. *Gênero de algas de águas continentais do Brasil: Chave para identificação e descrição*. São Carlos: Editora RiMa, 489 p.

BRAGA, B. and HESPANHOL, I. 2003. *Introdução à Engenharia Ambiental*. 2 ed. São Paulo: Prentice Hall.

BRANCO, L.H.Z., NECCHI, O.J. and BRANCO, C.C.Z. 2001. Ecological distribution of Cyanophyceae in lotic ecosystems of São Paulo State. *Revista Brasileira de Botânica*, vol. 24, p. 99-108.

BRASIL - Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário oficial da União, 18 de março de 2005.

BURDEN, F.R., DONNERT, D., GODISH, T. and McKELVIE, I. 2004. *Environmental monitoring handbook*. McGraw-Hill, 1100 p.

CALIJURI, M.C., ALVES, M.S.A. and SANTOS, A.C.A. 2006. *Cianobactérias e cianotoxinas em águas continentais*. São Carlos: Editora RiMa, 118 p.

CAVALCANTI, A.L.A., CAMPELO, M.J.A and GAMA, T.C.C. 2010. Microalgas em lagoas de estabilização do semiárido pernambucano e suas implicações na saúde: um estudo de caso em Petrolina – PE. *Enciclopédia Biosfera: Centro Científico Conhecer*, vol. 6, no. 10, p. 1-10.

CAVALCANTI, E.A.H. and LARRAZÁBAL, M.E.L. 2004. Macrozooplâncton da zona econômica exclusiva do nordeste do Brasil (segunda expedição oceanográfica – REVIZEE/NE II) com ênfase em Copepoda (Crustacea). *Revista Brasileira de Zoologia*, vol. 21, no. 3, p. 467-475.

CEBALLOS, B.S.O., DINIZ, C.R. and KONIG, A. 1998. Algas como bioindicadores do nível trófico de ecossistemas lênticos do semi-árido paraibano. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, vol. 3, no. 3, p. 137-145.

CRUZ, L.S. 2005. Variação temporal das comunidades fitoplanctônicas em uma lagoa de polimento de efluente de um reator anaeróbio compartimentado tratando esgoto sanitário. Vitória, ES: Universidade Federal do Espírito Santo. 173 p. *Dissertação de mestrado em Engenharia Ambiental*.

DELAZARI-BARROSO, A., OLIVEIRA, F.F., MARQUES, M.A. M. and SANTOS, S.M. 2009. 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. *Revista Científica Faesa*, vol. 5, p. 7-16.

DI-BERNARDO, L. 1995. *Algas e suas influências na qualidade das águas e nas tecnologias de tratamento*. Rio de Janeiro: ABES.

DI-BERNARDO, L., MINILLO, A. and DANTAS, A. 2010. *Floração de algas e de cianobactérias: suas influências na qualidade da água e nas tecnologias de tratamento*. São Carlos: LDiBe Ltda.

DOKULIL, M.T. and TEUBNER, K. 2000. Cyanobacterial dominance in lakes. *Hydrobiologia*, vol. 438, p. 1-12.

DUFRENE, M. and LEGENDRE, P. 1997. Species assemblages and indicator species: the need for flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs*, vol. 67, no. 3, p. 345-366.

EL-KAMAH, H.M., BADR, S.A. and MOGHAZY, R.M. 2011. Reuse of Wastewater Treated Effluent by Lagoon for Agriculture and Aquaculture Purposes. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, vol. 5, no. 10, p. 9-17.

ESTEVES, F.A. 2011. *Fundamentos de limnologia*. 3 ed. Rio de Janeiro: Interciência, 826 p.

FERREIRA, R.A.R., CAVENAGHI, A.L., VELINI, E.D., CORRÊA, M.R., NEGRISOLI, E., BRAVIN, L.F.N., TRINDADE, M.L.B. and PADILHA, F.S. 2005. Monitoring phytoplankton and microcystin at the Americana reservoir. *Planta Daninha*, vol. 23, no. 2, p. 203-214.

FERRAREZE, M. and NOGUEIRA, M.G. 2006. Phytoplankton assemblages in lotic systems of the Paranapanema Basin (Southeast Brazil). *Acta Limnologica Brasiliensia*, vol. 18, no. 4, p. 389-405.

FURTADO, A.L.F.F., CALIJURI, M.C., LORENZI, A.S., HONDA, R.Y., GENUÁRIO, D.B. and FIORE, M.F. 2009. Morphological and molecular characterization of cyanobacteria from a Brazilian facultative wastewater stabilization pond and evaluation of microcystin production. *Hydrobiologia*, vol. 627, no. 1, p. 195-209.

GIRALDEZ-RUIZ, N., BONILLA, I. and FERNANDEZ-PIÑAS, F. 1999. Role of external calcium in homeostasis of intracellular pH in the cyanobacterium *Anabaena* sp. Strain PCC7120 exposed to low pH. *New Phytologist*, vol. 141, p. 225-230.

HAPPEY-WOOD, C. 1988. Ecology freshwater planktonic green algae. In: SANDGREN, C.D. (ed.) *Growth and reproductive strategies of freshwater phytoplankton*. Cambridge University Press, p. 175-226.

HILL, M.O. and GAUCH, H.G. 1980. Detrend correspondence analysis, an improved ordination technique. *Vegetation*, vol. 42, p. 47-58.

HUSZAR, V.L.M., SILVA, L.H.S., DOMINGOS, P. and SANT'ANNA, C.L. 2000. Cyanoprokaryote assemblages in eight productive tropical Brazilian water. *Hydrobiologia*, vol. 424, no. 1-3, p. 67-77.

ITCF - Instituto de Terras Cartografia e Florestas. 1990. *Atlas do Estado do Paraná*. Curitiba: ITCF/SEAB.

JACKSON, D.A 1993. Stopping rules in principal component analysis. *Ecology*, vol. 74, p. 2204-2214.

JORDÃO, E.P. and PESSÔA, C.A. 2005. *Tratamento de esgotos domésticos*. 4 ed. Rio de Janeiro: ABES, 932 p.

KANTACHOTE, D. and SONGKLANAKARIN, C.S. 2009. Treatment efficiency in wastewater treatment plant of Hat Yai Municipality by quantitative removal of microbial indicators. *Songklanakarín Journal of Science and Technology*, vol. 31, no. 5, p. 567-576.

KLEEREKOPER, H. 1990. *Introdução ao estudo da limnologia*. 2 ed. Porto Alegre: Editora da Universidade/ UFRGS, 329 p.

KOMÁREK, J. and ANAGNOSTIDIS, K. 1989. Modern approach to the classification system of Cyanophytes 4 – Nostocales. *Algological Studies*, vol. 56, p. 247-345.

KOMÁREK, J. and ANAGNOSTIDIS, K. 1998. Cyanoprokaryota.1. Teil Chroococcales. In: ETTL, H. et al. *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Gustav Fischer Verlag: Jena, p. 1-548.

- KOMÁREK, J. and ANAGNOSTIDIS, K. 2005. Cyanoprokaryota. 2. Teil Oscillatoriales. In: BÜDEL, B. et al. *Sübwasserflora von Mitteleuropa*. Elsevier GmbH: München, p. 1-759.
- LAI, P.C.C. and LAM, P.K.S. 1997. Major pathways for nitrogen removal in waste water stabilization ponds. *Water Air and Soil Pollution*, vol. 94, p. 125-136.
- LAMPERT, W. and SOMMER, U. 2007. *Limnoecology: The Ecology of Lakes and Streams*. 2 ed. Oxford: Oxford University Press, 324 p.
- MARA, D.D., PEARSON, H.W. and SILVA, S.A. 1983. Brazilian stabilization pond research suggest low-cost urban application. *World Water*, vol. 6, no.7, p. 20-24.
- MARGALEF, R. 1983. *Limnologia*. Barcelona: Omega, 1010 p.
- MARINHO, M.M. and HUSZAR, V.L.M. 2002. Nutrient availability and physical conditions as controlling factors of phytoplankton composition and biomass in a tropical reservoir (Southeastern Brazil). *Archiv für Hydrobiologie*, vol. 153, p. 443-468.
- MARQUES, P.H.C., OLIVEIRA, H.T. and MACHADO, E.C. 2003. Limnological study of Piraquara river (Upper Iguaçu basin): spatio temporal variation of physical and chemical variables and watershed zoning. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, vol. 46, no. 3, p. 383-394.
- MASSARET, E., AMBLARD, C., BOURDIER, G. and SARGOS, D. 2000. Effects of a waste stabilization lagoon discharge on bacterial and phytoplanktonic communities of a stream. *Water Environmental Research*, vol. 72, no. 3, p. 285-294.
- MENDONÇA, S. R. 2000. *Sistemas de Lagunas de Estabilización*. Colômbia: Editora Mc Graw Hill, 370 p.
- MCCUNE, B. and MEFFORD, M.J. 1999. *PC-ORD - Multivariate analysis of ecological data, version 4.0*. Oregon: MjM Software Design, Gleneden Blach.

MORENO, M.D., MEDINA, M.A., MORENO, J., SOLER, A. and SAEZ, J. 1988. Modeling the performance of deep waste stabilization ponds. *Water Resources Bulletin*. v. 24, no. 2, p. 377-387.

ODUM, E. *Fundamentos de Ecologia*. 6 ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2001.

OLIVEIRA, M.S.R. 2010. Avaliação da comunidade fitoplanctônica da lagoa facultativa do módulo III da estação de tratamento de esgoto de Mangabeira (João Pessoa – PB). São Carlos, SP: Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos. 125 p. *Dissertação de mestrado em Engenharia em Hidráulica e Saneamento*.

ORSSATTO, F. 2008. Avaliação do oxigênio dissolvido do córrego Bezerra a montante e jusante de uma estação de tratamento de esgoto sanitário, Cascavel, Paraná. *Revista Brasileira de Biociências*, vol. 6, supl. 1, p. 27-28.

PALMER, C.M. 1969. A composite rating of algae tolerating organic pollution. *Journal of Phycology*, no. 5, p. 78-82.

PARRA, O.O. and BICUDO, C.E.M. 1995. *Introduccion a la Biologia y Sistemática de las Algas de Aguas Continentales*. Barcelona: Omega, 628 p.

PEARSON, H.W., MARA, D.D., KÖNIG, A., OLIVEIRA, R., MILLS, S.W., SMALLMAN, D.J. and SILVA, S.A. 1987. Water column sampling as a rapid and efficient method of determining effluent quality and the performance of waste stabilization pond system. *Water Science & Technology*, vol. 19, no. 12, p. 109-113.

PERES, A. C. and SENNA, P. A. C. 2000. Chlorophyta da Lagoa do Diogo. In: SANTOS, J. E.; PIRES, J. S. R. (eds). *Estudos Integrados em Ecossistemas: Estação Ecológica de Jataí*. vol. 2. RiMa: São Carlos, p. 469-481.

PIELOU, E.C. 1966. The measurement of diversity in different types of biological collection. *Journal of Theoretical Biology*, no. 13, p. 131-144.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R. 2012. *A language and environment for statistical computing*. Austria: R Foundation for Statistical Computing. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>

REYNOLDS, C.S. 1984. Phytoplankton periodicity: the interactions of form, function and environmental variability. *Freshwater Biology*, vol. 14, p. 111-142.

REYNOLDS, C.S. 1997. Vegetation process in the pelagic: a model for ecosystem theory. In: KINNE, O. (ed.). *Excellence in Ecology*. ECI: Oldendorf, Germany.

RICHERSON, P., ARMSTRONG, R. and GOLDMAN, C.R. 1970. Contemporaneous disequilibrium, a new hypothesis to explain the "Paradox of Plankton". *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 67, p. 1710-1714.

ROUND, F.E. 1965. *The biology of the algae*. London: Edward Arnold (Publishers) Ltda.

ROUND, F.E. 1971. The taxonomy of the Chlorophyta, 2. *British Phycological Journal*, vol. 6, p. 235-264.

SANT'ANNA, C.L. and AZEVEDO, M.T.P. 2006. Morfologia e Reprodução. In: SANT'ANNA, C.L., AZEVEDO, M.T.P., AGUIJARO, L.F., CARVALHO, M.C., CARVALHO, L.R. and SOUZA, R.C.R. (Orgs.). *Manual Ilustrado para Identificação e Contagem de Cianobactérias Planctônicas de Águas Continentais Brasileiras*. Rio de Janeiro: Interciência.

SANT'ANNA, C.L., GENTIL, R.C. and SILVA, D. 2006. Comunidade fitoplanctônica de pesqueiros da região metropolitana de São Paulo. In: ESTEVES, K.E. and SANT'ANNA, C.L. *Pesqueiros sob uma visão integrada de Meio Ambiente, Saúde Pública e Manejo*. São Carlos: RiMa, p. 49-62.

SANT'ANNA, C.L., AZEVEDO, M.T.P., WERNER, V.R., DOGO, C.R., RIOS, F.R. and CARVALHO, L.R. 2008. Review of toxic species of cyanobacteria in Brazil. *Algological Studies*, vol. 126, p. 251-265.

SHANNON, C.E. and WEAVER, W. 1963. *The mathematical theory of communication*. Illinois: University Press, Urbana.

SHANTHALA, M., HOSMANI, S.P. and HOSETTI, B.B. 2009. Diversity of phytoplankton in a waste stabilization pond at Shimoga Town, Karnataka State, India. *Environmental Monitoring and Assessment*, vol. 151, p. 437–443.

SIMEPAR – Instituto Tecnológico Simepar. Disponível em: <http://www.simepar.br/tempo/clima/clima.jsp> (Acesso em 16/06/ 2012).

SOLDATELLI, V.F. and SCHWARZBOLD, A. 2010. Comunidade fitoplanctônica em lagoas de maturação, Caxias do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil. *Iheringia: Série Botânica*, vol. 65, no. 1, p. 75-86.

SOMMER, U. 1989. *Plankton ecology, succession in plankton communities*. Springer Verlag: Berlin, 369 p.

STATSOFT INC. 2005. Statistica (data analysis software system) version 7.1. Available at: www.statsoft.inc.

TILMAN, D. 1982. *Resource competition and community structure*. Princeton: Princeton University Press, 269 p.

TILMAN, D., KIESLING, R., STERNER, R., KILHAM, S.S. and JOHNSON, F.A. 1986. Green, blue-green and diatom algae: Taxonomic differences in competitive ability for phosphorus, silicon and nitrogen. *Archiv für Hydrobiologie*, vol. 106, no. 4, p. 473-485.

TOWNSEND, C.R., BEGON, M. and HARPER, J.P. 2010. *Fundamentos em ecologia*. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 576 p.

TUCCI, A., SANT'ANNA, C.L., GENTIL, R.C. and AZEVEDO, M.T.P. 2006. Fitoplâncton do Lago das Garças, São Paulo, Brasil: um reservatório urbano eutrófico. *Hoehnea*, vol. 33, no. 2, p. 147-175.

TUNDISI, J.G. 2008. Água para o futuro numa perspectiva global. Dossiê: água potável. *Scientific American*, no. 70, p. 32-47.

TUNDISI, J.G. and MATSUMARA-TUNDISI, T.M. 2008. *Limnologia*. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 631 p.

UEHARA, V. and VIDAL, W.L. 1989. *Operação e manutenção de lagoas anaeróbias e facultativas*. São Paulo: CETESB, 91 p.

UTERMÖHL, H. 1958. Zur Vervollkommung der quantitativen Phytoplankton-Methodic. *Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie*, vol. 9, p. 1-38.

VASCONCELOS, V.M. and PEREIRA, E. 2001. Cyanobacteria diversity and toxicity in a Wastewater Treatment Plant. *Water Research*, vol. 35, no. 5, p. 1354-1357.

VIDOTTI, E.C. and ROLLEMBERG, M.C. E. 2004. Algas: da economia nos ambientes aquáticos à bioremediação e à química analítica. *Química Nova*, vol. 27, no. 1, p. 139-145.

VON SPERLING, M. 1996b. *Princípios do tratamento biológico de águas residuárias – Princípios básicos do tratamento de esgotos*. Volume 2. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - Universidade Federal de Minas Gerais, 211 p.

VON SPERLING, M. and OLIVEIRA, C.M. 2010. Avaliação da influência do tempo de detenção hidráulica e da taxa de aplicação superficial na composição da comunidade fitoplanctônica presente em lagoas de polimento e a influência dessa comunidade nas condições ambientais (pH, OD e amônia) das lagoas. *Revista Aidis de Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigación, desarrollo y práctica*, vol. 3, no. 1, p. 11-21.

WETZEL, R.G. 1993. *Limnologia*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 919 p.

ZILOTTI, H.A.R. 2012. Potencial de produção de biogás em uma estação de tratamento de esgoto de Cascavel para a geração de energia elétrica. Cascavel, PR: Universidade Estadual do Oeste do Paraná. 52 p. *Dissertação de Mestrado em Energia na Agricultura*.