

SIMONE ALVES DE OLIVEIRA

**Comparação da biodiversidade e da
distribuição das diatomáceas planctônicas,
perifíticas e de sedimentos superficiais nos
reservatórios Cabuçu e Tanque Grande,
Região Metropolitana de São Paulo**

SÃO PAULO

2015

SIMONE ALVES DE OLIVEIRA

**Comparação da biodiversidade e da
distribuição das diatomáceas planctônicas,
perifíticas e de sedimentos superficiais nos
reservatórios Cabuçu e Tanque Grande,
Região Metropolitana de São Paulo**

Dissertação apresentada ao Instituto de Botânica da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo como parte dos requisitos para obtenção do título de MESTRE em BIODIVERSIDADE VEGETAL E MEIO AMBIENTE, Área de Concentração Plantas Avasculares em Análises Ambientais.

ORIENTADOR: Dr. CARLOS EDUARDO DE MATTOS BICUDO

Ficha Catalográfica elaborada pelo **NÚCLEO DE BIBLIOTECA E MEMÓRIA**

Oliveira, Simone Alves de

O48c Comparação da biodiversidade e distribuição das diatomáceas planctônicas, perifíticas e de sedimentos superficiais nos reservatórios Cabuçu e Tanque Grande, região metropolitana de São Paulo / Simone Alves de Oliveira -- São Paulo, 2015.

134 p. il.

Dissertação (Mestrado) -- Instituto de Botânica da Secretaria de Estado do Meio Ambiente, 2015

Bibliografia.

1. Algas. 2. Oligotrofia. 3. Represas. I. Título.

CDU: 582.26

“Deus tem consciência do teu limite: Ele só quer o que você pode.

Porém, se quiseres superar-te, Ele te dará mais força”.

Walter Grando

Ao meu pai Hailton e a minha mãe Aidê

por todo amor.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Em especial a **Deus**, Pai de infinita bondade que colocou em meus caminhos, em cada situação deste trabalho, pessoas maravilhosas que me ajudaram e torceram para que tudo se encaminhasse. Nada seria possível sem a Sua vontade.

Ao meu querido orientador, **Dr. Carlos Eduardo de Mattos Bicudo**, pela oportunidade concedida, pela confiança em mim depositada, pelo conhecimento compartilhado, pelo grande exemplo de sabedoria, convívio, paciência e compreensão; e por ser um exemplo de ser humano. Agradeço pelo apoio e amparo nos momentos científicos e pessoais e por me mostrar quão lindo é o mundo da limnologia. É uma honra ser sua orientanda.

À **Dr^a Denise de Campos Bicudo**, por todas as contribuições durante a realização da dissertação, pelo acesso irrestrito à sua biblioteca, pelos ensinamentos durante as coletas e por compartilhar seu conhecimento e sua experiência. Agradeço ainda pela amizade e carinho, por sua constante preocupação e por me agasalhar no frio de São Paulo.

À **Dr^a Carla Ferragut**, pelos ensinamentos, pela prontidão em sempre ajudar, por acompanhar todas as análises no laboratório, orientando e sanando dúvidas, por compartilhar sua sabedoria e, principalmente, pela amizade. Seu amor pela ecologia me contagiou.

Ao **Corpo de Bombeiros do Município de Guarulhos** pela ajuda irrestrita nas coletas, em especial ao **Comandante Godoi**, ao **Sargento Baqueiro** e aos **Soldados Lagos, Paulo André, Nascimento e Rubens**. A colaboração da Corporação como um todo foi de fundamental importância.

Ao **Parque Estadual da Cantareira**, em especial ao **Núcleo Cabuçu**, por todo auxílio nas coletas e pelas conversas extremamente importantes para o conhecimento da área de estudo. Muito obrigada à **Elisângela Vicario** por ser a mentora de tudo e ao **Clayton Vitor** por ser nosso barqueiro.

Ao **Núcleo de Pesquisa em Ecologia**, em especial ao **“Povo das Águas”** que tanto contribuiu para a realização deste trabalho. Nossa união e nosso empenho são um

diferencial no laboratório. Por todo auxílio nas análises laboratoriais e nas coletas, agradeço: Ana Margarita, Elaine Bartozek, Gabrielle Araújo, Gisele Marquardt, Jennifer Moyon, Karine Rivelino, Krysna Morais, Livia Costa, Lucineide Santana, Maria Carolina, Mariane Souza, Mayara Casartelli, Priscilla Denise, Samantha Faustino, Simone Wengrat, Stefania Biolo, Stéfano Zorzal e Thiago Rodrigues.

Um obrigado especial aos **Stéfano Zorzal, Dorinha, Luiz** (Instituto de Pesca), **Elaine Bartozek**, e aos motoristas **Renato** e **Anderson**, que ajudaram com a coleta e fizeram do trabalho árduo, um momento de descontração.

Aos queridos **Stefano Zorzal, Simone Wengrat, Lucineide Santana, Priscilla Denise, Gisele Marquardt, Elaine Bartozek, Thiago Rodrigues** e **Livia Costa** por compartilharem conhecimentos e estarem sempre dispostos a ajudar, mesmo com a agenda atribulada do dia a dia. Nossas conversas, indagações e discussões muito contribuíram para meu crescimento.

À **Priscilla Denise** pela colaboração com as fotos de MEV. Obrigada pela disposição.

À Diretoria do Núcleo de Pesquisa em Ecologia, **Dr^a Maria Tereza Grombone Guaratini**, por disponibilizar as facilidades necessárias para o desenvolvimento da pesquisa.

Aos meus **colegas pós-graduandos** que dividiram comigo angústias, alegrias e conquistas na salinha de estudos. Aos **pesquisadores** do Núcleo de Pesquisa em Ecologia. Também deixo o meu muito obrigada a **Dorinha, Amariles** e **Marli**.

Agradeço em especial a **Dorinha**, sempre tão carinhosa e pronta a ajudar. Nossas atividades no campo e no laboratório não seriam tão divertidas sem ela. Obrigada pelo carinho maternal.

Ao **Yukio Hayashi da Silva** por sempre ajudar a solucionar os problemas técnicos computacionais.

À **Dinorah Evangelista** pelos cuidados e pela dedicação com o alojamento, lugar que se tornou minha casa nesses dois anos. Aos moradores do alojamento, aos que já se foram e aos que lá ainda estão e, em especial, às meninas que comigo dividem o

quarto **Laura Benitez, Livia Costa e Amanda Leite**. Adorei conhecê-las e passar este tempo com vocês.

À **FAPESP**, Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo, pelo financiamento do projeto temático (Processo nº 2009/53898-9) que abrangeu este trabalho.

Ao **CNPq**, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pela bolsa de mestrado a mim concedida (Processo nº 134695/2013-5).

Aos meus amados pais, **Hailton e Aidê** pelo amor incondicional devotado, por me amparar nas dificuldades do caminho, me dando força e apoio, e principalmente por acreditarem em mim, muitas vezes mais do que eu mesma.

Agradeço as minhas primas **Aleone e Fábria** que mesmo distante torceram e torcem pelo meu crescimento profissional. O carinho de vocês e o incentivo me faz querer ainda mais trilhar na vida acadêmica.

À **Mayara Reis**, amiga que a vida permitiu que eu chamasse de irmã que sempre esteve comigo mesmo que só de coração. Obrigada pelos conselhos e por me apoiar sempre. À **Débora Paes**, pela amizade e por sempre se preocupar com meu bem estar. Seu carinho e desejo de sempre ajudar é contagiante. À **Leilyane Coelho** que apesar da convivência relâmpago deixou um pouco de si comigo, obrigada pelo carinho.

Ao **Juarez**, pelo amor, pela dedicação e por ter sido tão compreensível nos meus momentos de ausência. Obrigada por sempre estar pronto a me ajudar e pelo incentivo de todos os dias. Obrigada por fazer do meu sonho, que teve um começo difícil, algo tão doce e agradável. Você é o melhor presente que eu poderia ter recebido.

Agradeço à **cidade de São Paulo** por tornar possível a realização de um sonho.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

Agradeço.

RESUMO

O estudo objetivou avaliar a biodiversidade e distribuição das diatomáceas planctônicas, dos sedimentos superficiais e perifíticas das represas de abastecimento do Sistema Produtor de Guarulhos (Tanque Grande e Cabuçu) em escala espacial e sazonal. Visou também analisar a influência das características limnológicas e de hábitat na distribuição das diatomáceas, contribuindo para a caracterização ecológica destes sistemas. Foram selecionados três locais de amostragem em cada represa e as amostras de água e fitoplâncton foram coletadas ao longo do perfil vertical nos períodos de inverno e verão. O perifíton foi coletado a partir de plantas aquáticas em ambos os períodos climáticos. Os sedimentos superficiais foram coletados apenas no inverno. As análises incluíram variáveis físicas e químicas da água, bem como análise qualitativa e quantitativa das diatomáceas. Os dados foram avaliados mediante análises multivariadas, de similaridade, de espécies indicadoras além de ter sido aplicado índice de qualidade de água. As represas foram classificadas oligotróficas e permanecem em condições de baixo impacto antropogênico, consideradas neste estudo ambientes de referência para a Região Metropolitana de São Paulo. As represas foram caracterizadas por águas levemente ácidas, de baixa condutividade, baixos teores de nutrientes e clorofila-a. Foram encontrados 63 táxons específicos e infraespecíficos no plâncton, 60 nos sedimentos superficiais e 51 no perifíton. A organização da comunidade de diatomáceas planctônicas não sofreu influência da escala espacial e poucas alterações foram observadas em escala sazonal. Na Tanque Grande *Staurosira construens* foi a espécie mais abundante em ambos os períodos amostrados. Na Cabuçu, *Discostella stelligera* e *Aulacoseira tenella* foram abundantes, sendo a primeira dominante tanto no inverno quanto no verão. A distribuição das espécies dos sedimentos superficiais foi principalmente influenciada pelos tributários e pela profundidade das represas. Os sedimentos superficiais integraram elementos planctônicos de ambos os períodos climáticos avaliados e ainda espécies bentônicas, confirmando seu papel integrador e acumulador. A comunidade perifítica foi influenciada pela escala sazonal. Na Tanque Grande foi abundante as espécies *Brachysira brebissonii* e *Encyonema neomesianum*. Na Cabuçu, *Achnanthes minutissimum* foi abundante nos dois períodos amostrado e dominante no verão. As espécies indicadoras de habitats foram consideradas boas representantes nos três compartimentos estudados e estiveram na maioria associadas com ambientes oligotróficos. A comparação entre as comunidades de diatomáceas mostrou que o plâncton e os sedimentos superficiais são bastante similares entre si, uma vez que os sedimentos recentes integram elementos tanto planctônicos quanto bentônicos de ambos os períodos climáticos avaliados. Embora as represas ainda preservem condições de equilíbrio, salienta-se a necessidade de ações que permitam conter o aporte de nutrientes provenientes das cidades vizinhas das bacias dos principais tributários, a fim de manter a qualidade ecológica das referidas represas e suas condições de referência entre os mananciais da RMSP. Finalmente, destaca-se a importância de um estudo taxonômico mais minucioso da flórmula de diatomáceas das represas, para um melhor conhecimento autoecológico e melhor caracterização das espécies e sua atuação como indicadoras de qualidade ecológica da água.

Palavras-chave: biodiversidade, diatomáceas, oligotrofia, represas, RMSP.

ABSTRACT

The biodiversity and the distribution of the plankton, periphyton and surface sediments of two reservoirs, Tanque Grande and Cabuçu, both belonging to the Guarulhos Water Supply System, were evaluated. Also, the influence of the limnological characteristics and of the habitat on the distribution of the diatoms was evaluated contributing towards the ecological characterization of the two reservoirs. Three sampling sites were selected in each reservoir, and the water and the phytoplankton samples were collected along a vertical profile in each reservoir during the dry and the wet seasons. Periphyton was gathered from aquatic plants in both climatic periods. The surface sediments were collected only during the winter (the dry season). Laboratory analyses included the water physical and chemical variables, as well as the qualitative and quantitative analyses of diatoms. All abiotic and biological information was currently evaluated using multivariate, similarity and indicative species analyses, and a water quality index was calculated. The two reservoirs were classified oligotrophic, confirming that they still are under low anthropogenic pressure, and were considered reference systems for the SPMR, São Paulo Metropolitan Region. Reservoirs were characterized by having slightly acidic water, low electric conductivity and low nutrient and chlorophyll-a contents. Sixty three taxa including species and infraspecific categories were identified in the plankton, 60 in the surface sediments and 51 in the periphyton. Organization of the planktonic diatoms community was not subject to the spatial scale influence, and small modifications were observed in the seasonal scale. At the Tanque Grande reservoir, *Staurosira construens* was the most abundant species during the two climatic periods. At the Cabuçu reservoir, *Discostella stelligera* and *Aulacoseira tenella* were abundant, the first one being dominant during both the summer and the winter. The surface sediment species distribution was dependent mainly on the tributaries and the reservoir depth. The surface sediments included planktonic elements from both climatic periods studied as well as benthic species, confirming their combination and cumulative roles. The epiphytic community was affected by the seasonal scale. At the Tanque Grande reservoir, *Brachysira brebissonii* and *Encyonema neomesianum* were the abundant species. At the Cabuçu reservoir, *Achnantheidium minutissimum* was abundant during the two climatic periods and dominant during the summer. Habitat indicative species were considered good representatives in the three compartments and were mostly associated with oligotrophic environments. Comparison of the floristic composition of the three diatom communities indicated that the plankton and the surface sediments' were very similar to each other, since the recent sediments integrated elements from both the plankton and the benthos of the two climatic periods studied. Despite the two reservoirs still maintain the equilibrium conditions, the need for actions that will refrain the nutrient intake from neighboring towns through the distinct tributaries is badly needed, in order to maintain the ecological quality of the two reservoirs and their reference conditions among the SPMR water supply reservoirs. Finally, the importance for a more detailed taxonomic study of the two reservoirs is highly recommended, aiming at a better ecological knowledge of the local species and taxonomic varieties and their best characterization as water ecological quality indicative.

Key words: biodiversity, diatoms, oligotrophy, reservoir, SPMR.

ÍNDICE

1. Introdução	1
2. Objetivos	7
3. Área de Estudo	8
4. Material e Métodos	15
4.1. Variáveis climáticas	15
4.2. Delineamento amostral e coleta do material	15
4.3. Variáveis abióticas e biomassa fitoplanctônica	20
4.4. Análise das diatomáceas	21
4.4.1. Análise qualitativa	21
4.4.2. Análise quantitativa	22
4.4.3. Informações ecológicas das espécies	24
4.5. Análise numérica dos dados	24
4.5.1. Índices ecológicos	24
4.5.2. Análise de espécies indicadoras	26
4.5.3. Análise estatística	27
5. Resultados	28
5.1. Caracterização limnológica das represas Tanque Grande e Cabuçu	28
5.1.1. Variáveis climatológicas	28
5.1.2. Perfil térmico e transparência da água	29
5.1.3. Variáveis limnológicas abióticas e biomassa fitoplanctônica	31
5.1.4. Avaliação conjunta dos dados limnológicos	37
5.1.5. Índice do Estado Trófico	39
5.2. Estrutura da comunidade de diatomáceas planctônicas	40
5.2.1. Composição e diversidade de espécies	40
5.2.2. Avaliação conjunta das diatomáceas planctônicas	47
5.2.3. Avaliação integrada dos dados	50
5.3. Estrutura da comunidade de diatomáceas dos sedimentos superficiais	53
5.3.1. Composição e diversidade de espécies	53
5.3.2. Avaliação conjunta das espécies de diatomáceas dos sedimentos superficiais	58
5.4. Estrutura da comunidade de diatomáceas perifíticas	64
5.4.1. Composição e diversidade de espécies	64
5.4.2. Avaliação conjunta das diatomáceas perifíticas	70
5.4.3. Avaliação integrada dos dados	72
5.5. Análise de espécies indicadoras	75
5.6. Comparação de similaridade entre as comunidades de diatomáceas	78
6. Discussão	81
6.1. Compartimento água	81
6.2. Caracterização das diatomáceas planctônicas	84
6.3. Caracterização das diatomáceas dos sedimentos superficiais	86
6.4. Caracterização das diatomáceas perifíticas	88
6.5. Associação de espécies de diatomáceas indicadoras de hábitat	91
7. Conclusões e sugestões	93
8. Referências Bibliográficas	96
9. Anexo 1 – Análises quantitativas	109
10. Anexo 2 – Pranchas	113

INTRODUÇÃO

A água doce é um recurso natural submetido a uma pressão geometricamente crescente, a ponto de seu gerenciamento tornar-se um dos grandes desafios do momento. A atual crise da água tem interesse geral abissal, pois impõe dificuldades ao desenvolvimento e aumenta os problemas socioambientais, além de colocar em risco a manutenção da vida no planeta (Tundisi 2005). O Brasil detém ao redor de 12% do total da água doce do mundo e de 35% daquele da América Latina. Sua distribuição ao longo do território brasileiro é extremamente irregular, gerando sérios problemas de oferta para seus diferentes usos. Estes problemas surgem da elevada demanda em relação à sua disponibilidade, como também pelo comprometimento da qualidade das águas pela poluição (Braga *et al.* 2008).

Certas regiões do Brasil apresentam o estoque de água destinado ao abastecimento urbano parcialmente comprometido, especialmente nos grandes centros urbanos. Entre as várias razões que explicam esta situação, destacam-se o uso e a ocupação inadequada do solo, a gestão não sustentada dos recursos hídricos e o acentuado crescimento populacional (Tundisi 2003).

Um dos problemas ambientais mais bem documentado atualmente e que vem afetando de forma drástica os ecossistemas aquáticos em escala global é a eutrofização (Battarbee *et al.* 2005). O enriquecimento dos ecossistemas aquáticos devido ao aumento da concentração de nutrientes, especialmente de nitrogênio e fósforo, define esse processo. A resposta biológica do ecossistema representada pelo aumento da produtividade pode ser um processo natural ou o resultado da atividade humana via efluentes domésticos, agrícolas e industriais (Carpenter 2005). A eutrofização de lagos, represas e rios combinada com alterações na drenagem pode aumentar consideravelmente o índice de estado trófico desses ambientes.

O conhecimento das condições naturais de um sistema aquático reinante antes de qualquer distúrbio torna-se, conseqüentemente, fundamental e absolutamente

indispensável para a implementação de estratégias de recuperação e gerenciamento de impactos potenciais (Vilaclara *et al.* 1997). No que se refere às represas urbanas, em particular, as características limnológicas da água que mais se alteram, são procedentes da bacia hidrográfica e podem se modificar muito rápido e de maneira intensa devido à natureza e à composição dos afluentes (Räsänen 1986).

A dificuldade em manejar a qualidade da água dos reservatórios reside na natureza dinâmica desse sistema, desde que constituem importantes pontos de convergência das diferentes atividades desenvolvidas em sua bacia hidrográfica. As múltiplas atividades humanas e os impactos decorrentes dessas atividades refletem, infalivelmente, na qualidade ecológica da água dos reservatórios (Rebouças 1999).

As alterações ecológicas observadas nos reservatórios podem ser detectadas através, por exemplo, do monitoramento da água e do conhecimento do sedimento acumulado, seja o último superficial ou em camadas (Birks & Birks 2006). A avaliação das características físicas e químicas da água e das biológicas do reservatório constitui a base para a análise da qualidade ecológica do ambiente, pois permite o conhecimento instantâneo do sistema e dos efeitos prolongados sobre o mesmo (Lobo *et al.* 2002). Os sedimentos lacustres constituem verdadeiro arquivo de informação de natureza biogeoquímica, pois constituem uma amostra espacial e temporalmente integrada dos eventos que acumularam no passado recente, além de reunir organismos provenientes de vários habitats (Bennion 1995, Mozeto 2004).

Nos estudos de monitoramento ambiental, as diatomáceas destacam entre os principais indicadores biológicos por responderem prontamente às alterações ambientais, além de serem abundantes nos diferentes tipos de ambientes aquáticos (Dennys 1991). Ainda, as diatomáceas apresentam certas características como, por exemplo, ubiquidade, capacidade de responderem rapidamente a mudanças ambientais, muitas espécies apresentarem espectros específicos de tolerância ambiental, serem sensíveis às mudanças ambientais de curto e longo prazo na neo e na paleolimnologia, poderem ser facilmente coletadas em grandes quantidades com relativa rapidez em superfícies pequenas, serem passíveis de identificação quando depositadas nos sedimentos devido à constituição silícica de sua parede celular e por possuírem elevadas taxas de migração. Consequentemente, as diatomáceas são cada vez mais utilizadas nas avaliações de processos de eutrofização, acidificação, contaminação por metais e de mudanças climáticas pretéritas, entre outros (Lobo *et al.* 2002, Wehr & Sheath 2003, Smol 2008, Smol & Stoermer 2010, Bennion *et al.* 2011).

Com o objetivo de indicar condição ambiental em estudos de monitoramento da água, as diatomáceas foram usadas como organismos indicadores em estudos de sistemas de sapróbios, como descrito, por exemplo, por Kolwitz & Marsson (1909) que as utilizaram para identificar zonas de poluição a partir de preferências ecológicas e tolerâncias de certas espécies (Poulicková *et al.* 2004). Espécies bioindicadoras são as que apresentam tolerâncias estreitas e específicas aos fatores ecológicos e que, por sua presença, abundância e situação biológica caracterizam um tipo de ambiente (Johnson *et al.* 1993).

O emprego de diatomáceas como indicadores já é feito em vários países. Bigler & Hall (2003) relataram o uso de diatomáceas como indicadores quantitativos da temperatura na Suécia, para estimar mudanças pretéritas no regime de temperatura no país durante o último século. Monteith & Evans (2005) usaram diatomáceas para conhecer o impacto das emissões ácidas na Rede de Monitoramento de Águas Ácidas do Reino Unido, como também a resposta de regeneração dos sistemas aquáticos. Nos Estados Unidos da América, além do emprego no monitoramento da qualidade da água para abastecimento, Lane & Brown. (2007) relataram o uso de espécies de diatomáceas no monitoramento de condições hidrológicas de áreas alagadas. A comunidade de diatomáceas foi utilizada para avaliar o impacto causado por despejos da indústria têxtil e os efeitos na integridade biótica em corpos d'água na Suécia (Gomes *et al.* 2008). Tison *et al.* (2008) relacionaram o estresse causado pela poluição da água com a estrutura da comunidade de diatomáceas em rios e propuseram uma lista de 305 táxons e sua sensibilidade em seis contextos de poluição. Beyne *et al.* (2009) relataram o estudo comparativo da poluição causada por impactos industriais à integridade ambiental de rios na Etiópia. Em Portugal, Feio *et al.* (2009) empregaram vários índices baseados em diatomáceas e utilizados na comunidade europeia comparados a um modelo preditivo que avalia as diatomáceas de ambientes perturbados com organismos de ambientes preservados.

Os estudos realizados no Brasil sobre diatomáceas e sua relação com a qualidade ambiental tiveram início na década dos anos 70 do século passado, em ambientes lóticos da região sul do país (ex. Torgan & Aguiar 1974, Lobo & Torgan 1988, Lobo *et al.* 1995, 1996, 2002, Lobo & Ben-da-Costa 1997, Lobo & Bender 1998, Rodrigues & Lobo 2000). As diatomáceas são utilizadas em várias abordagens, tais como nas mudanças climáticas (Callegaro 1988, Dumont & Tundisi 1997), nas reconstruções pretéritas da trofia do ambiente (Moro 1998, Costa-Böddeker *et al.* 2012), na variação

de pH (Gianini 2002), nas indicações paleoambientais (Souza *et al.* 2007, Ribeiro *et al.* 2010), na alteração do nível da água (Gomes 2007) e na avaliação da trofia de diferentes ambientes (ex. Silva 2008, Silva 2009, Ferrari 2010).

Para a Bacia do Alto Tietê e outras vizinhas, existem cinco contribuições que trataram da organização e indicação das diatomáceas do plâncton e de sedimentos (Wengrat 2011, Nascimento 2012, Silva 2012, Rocha 2012, Faustino 2013). A primeira foi realizada no Complexo Billings e as demais, respectivamente, nas represas Jaguari-Jacareí, Cachoeira da Graça e Pedro Beicht e na sub-bacia do Alto Tietê (represas Taiaçupeba, Ribeirão do Campo, Ponte Nova, Rasgão e Jundiá); o último trabalho foi realizado na represa Guarapiranga.

Segundo Tundisi & Tundisi (2008), a RMSP, Região Metropolitana de São Paulo possui 23 reservatórios de abastecimento de água, mas que também são utilizados para outras finalidades. Esses sistemas são pressionados por diversos impactos, nos quais é possível observar que o quadro socioambiental brasileiro está relacionado com o crescimento urbano, a ocupação não planejada e a urbanização descontrolada das bacias hidrográficas (Almeida *et al.* 1993). As áreas que circundam os reservatórios urbanos e seus tributários vêm sofrendo de modo crescente com os fatores pontuais acarretados por essas ocupações desordenadas como, por exemplo, a produção de lixo e esgoto sanitário insuficientemente gerido e que afetam diretamente o equilíbrio dos ambientes aquáticos e, por consequência, a qualidade da água que abastece a população. Nesta situação, estão os mananciais que compõem o sistema de abastecimento de água do Município de Guarulhos, no Estado de São Paulo, onde se localizam os reservatórios Tanque Grande e Cabuçu, objetos do presente estudo.

O monitoramento dos reservatórios do Município de Guarulhos é responsabilidade do SAAE, Serviço Autônomo de Água e Esgoto que, em conjunto com a SABESP, Companhia de Saneamento Básico de São Paulo e a CETESB, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo, monitoram periodicamente, via análises físicas, químicas e biológicas, a qualidade da água do município. Concomitantemente às ações gerenciais concretizadas pelos órgãos antes citados, algumas pesquisas que avaliam a qualidade da água, dos organismos que compõem a comunidade aquática e estudos afins são realizadas com a finalidade de oferecer subsídios ao monitoramento dos reservatórios.

A UnG, Universidade de Guarulhos vem concretizando vários estudos nas áreas dos mananciais do município, desenvolvendo trabalhos de dissertação de mestrado

como os de Moutinho (2007) e Graça (2007) que examinaram a diatomoflórula do reservatório Cabuçu e do lago Estância das Águas Claras, respectivamente, visando a avaliar a qualidade ecológica de suas águas; Lacava (2007) que caracterizou o comportamento hídrico de superfície da bacia do rio Cabuçu de Cima; Oliveira (2008) que identificou taxonomicamente a flórula de diatomáceas do reservatório Tanque Grande; Piasentin (2009) que classificou os contribuintes da bacia do reservatório Tanque Grande utilizando o IQA, Índice de Qualidade de Água; Silva (2009) que avaliou o impacto causado pelo assoreamento no reservatório Tanque Grande; e Barbosa (2010) que avaliou a qualidade ecológica da água do reservatório Cabuçu baseado no conhecimento dos requisitos ecológicos das diatomáceas.

No que diz respeito ao estado trófico desses ambientes, estudos os classificaram oligotróficos, ou seja, ambientes com baixa concentração de nutrientes e baixa produtividade biológica; e até mesotróficos, isto é, ambientes com características intermediárias entre oligotrófico e eutrófico, cuja eutrofização é devida à alta concentração de nutrientes e à alta produtividade biológica.

De acordo com Oliveira (2008), nos meses de inverno predominam as diatomáceas características de ambientes oligotróficos. O contrário, ou seja, o aumento do número de espécies de ambiente eutrófico ocorre nos meses do verão, quando o aporte de nutrientes alóctones é maior. Para o reservatório Cabuçu, Moutinho (2007) relatou que os resultados obtidos estão de acordo com o monitoramento feito pelo SAAE, que classificou a água do reservatório como classe 1, isto é, água que pode ser consumida após tratamento simplificado, podendo ser utilizada para irrigação de hortaliças, recreação de contacto primário e proteção da vida aquática, de acordo com a Resolução CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente nº 357 de 2005, que classificou os corpos d'água de acordo com seu comprometimento e fins de utilização.

No rumo das pesquisas adotadas anteriormente para os mananciais da região, a presente proposta pretende contribuir pioneiramente para a melhor caracterização ecológica dos reservatórios Cabuçu e Tanque Grande segundo um gradiente longitudinal, integrando informações limnológicas abióticas e a distribuição das diatomáceas nos compartimentos água e sedimentos.

A presente proposta está inserida em uma linha de investigação relativamente nova e promissora em nível mundial, a qual foi bastante recentemente iniciada no Brasil com grande apelo para o entendimento das relações diatomácea-ambiente a partir de uma escala de tempo além da anual. Está inserida em um projeto temático mais amplo

intitulado “Reconstrução paleolimnológica da represa Guarapiranga e diagnóstico da qualidade atual da água e dos sedimentos de mananciais da RMSP com vistas ao gerenciamento do abastecimento”, que conta com a participação de uma equipe multidisciplinar formada por especialistas do Instituto de Botânica da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, da Universidade Estadual Paulista “campus” Rio Claro, da Universidade Federal do ABC, da Universidade de Guarulhos, da Universidade Federal Fluminense, do Instituto Internacional de Ecologia e do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, além da parceria logística da SABESP. Dentro desse projeto mais amplo, o presente trabalho fornecerá informação que fará parte de um banco de dados para elaboração de um modelo de função de transferência diatomáceas-fósforo.

2

OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Avaliar a biodiversidade e a distribuição das diatomáceas de dois reservatórios de abastecimento do Município de Guarulhos (reservatórios Cabuçu e Tanque Grande) visando a contribuir para a caracterização limnológica desses ecossistemas e ampliar o conhecimento autoecológico das espécies de diatomáceas de represas tropicais.

2.2. Objetivos específicos

- Conhecer e comparar a biodiversidade das diatomáceas do plâncton, do perifíton e dos sedimentos superficiais dos reservatórios Cabuçu e Tanque Grande.
- Avaliar a diversidade espacial das diatomáceas dentro dos dois reservatórios (zona de montante, zona intermediária e zona de barragem).
- Analisar a influência das características limnológicas, do hábitat e da escala temporal na distribuição das diatomáceas nos dois reservatórios.

3

ÁREA DE ESTUDO

A RMSP, Região Metropolitana de São Paulo é composta por 39 municípios, entre os quais está o de Guarulhos (Fig. 1). É o segundo maior município da RMSP em termos de população, com mais de 1.312.197 habitantes (IBGE 2014), e ocupa a área de 319 km², estando sua sede localizada a nordeste da capital paulista, nas coordenadas 23°27'49"S e 46°32'01"W.

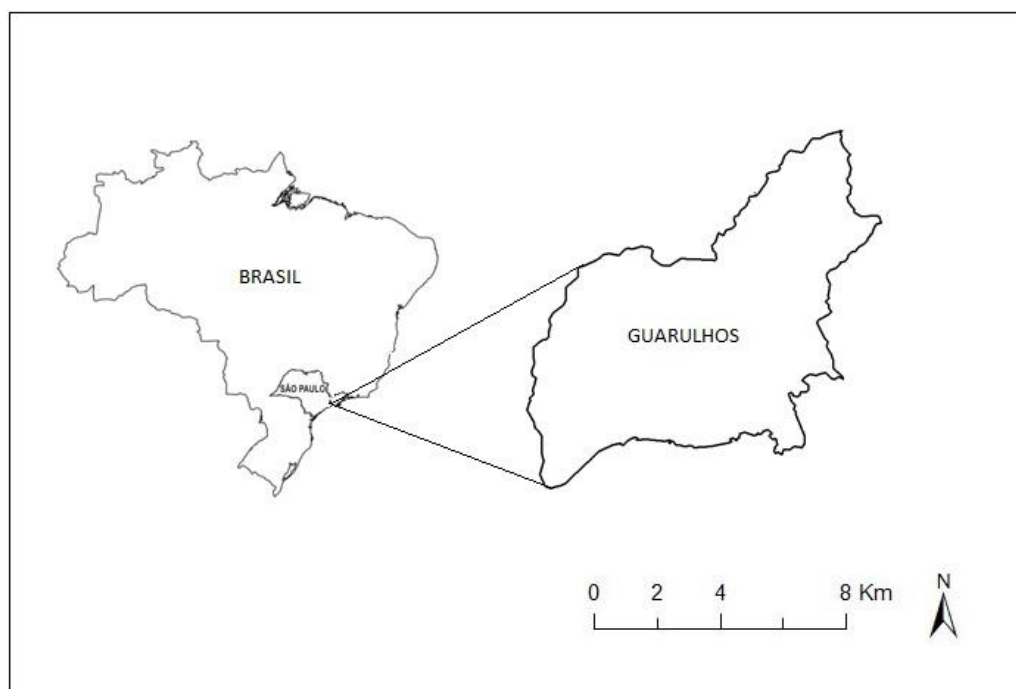


Figura 1. Localização do Estado de São Paulo com destaque para o Município de Guarulhos. Fonte: modificado de IBGE (2014).

A economia de Guarulhos está voltada para a produção industrial, o comércio e a prestação de serviços. É considerado um dos municípios mais empreendedores do país devido à sua importância econômica, que tem como pontos fortes o Aeroporto Internacional de São Paulo, o Terminal de Combustíveis, o Terminal Intermodal de Cargas e o Terminal de Abastecimento Geral (Santos 2005). Distante apenas 17 km do

centro da maior metrópole da América Latina, Guarulhos encontra-se estrategicamente localizado entre duas das principais rodovias nacionais a Rodovia Presidente Dutra, eixo de ligação São Paulo-Rio de Janeiro e a Rodovia Fernão Dias, que liga São Paulo a Belo Horizonte. Conta ainda com a Rodovia Ayrton Senna, que facilita a ligação de São Paulo diretamente ao Aeroporto Internacional de Guarulhos que está a 108 km do Porto de Santos.

Encontra-se em fase de implantação no município o Rodoanel da Região Metropolitana de São Paulo, que tem como objetivo integrar os sistemas de transportes rodoviários do Estado de São Paulo. O Rodoanel Mário Covas é uma ação que pretende ligar as 10 rodovias estaduais e federais que chegam a São Paulo e é considerado pelo Governo do Estado como minimizador do trânsito, principalmente nas avenidas marginais.

O município possui várias áreas que preservam características essenciais para a conservação da biota e da paisagem, tais como a APA Paraíba do Sul, a APA Várzea do Tietê, o Parque Ecológico do Tietê, o Parque Estadual da Cantareira e a Área de Proteção de Mananciais, entre outras. Destaque-se o Parque Estadual da Cantareira localizado na Serra da Cantareira, considerado um bioma que oferece a maior fonte de recursos hídricos para o Estado de São Paulo (Santos 2005) e inclui os reservatórios Cabucu e Tanque Grande, objetos do presente estudo. O Parque Estadual da Cantareira está localizado na Zona Norte do Município de São Paulo e abrange trechos dos municípios de Mairiporã, Caieiras e Guarulhos, entre as latitudes 23°27'S e 23°20'S e as longitudes 46°28'W e 46°22'W (Moutinho *et al.* 2007).

O Parque Estadual da Cantareira é um dos maiores parques florestais urbanos do mundo, com superfície de 7.482 ha. Inserido em uma região urbanizada, o remanescente florestal representa importante fragmento da floresta ombrófila densa de Mata Atlântica, servindo de abrigo para a fauna local, além de desempenhar papel primordial na manutenção da umidade elevada e da temperatura amena na RMSP (Whately & Cunha 2007).

A população urbana de Guarulhos tem avançado significativamente no sentido do norte do município, área em que os reservatórios assunto do presente estudo estão situados. Como reflexo consequente desse crescimento urbano, a região tem modificado suas atividades econômicas caracterizadas, principalmente, por atividades agrícolas como a criação de gado e aves, a piscicultura, a horticultura e a fruticultura (Saad *et al.* 2007). Também é possível perceber que a prática do turismo rural e do lazer vem

Para atender ao abastecimento de água, Guarulhos conta com uma autarquia municipal responsável, o SAAE, Serviço Autônomo de Água e Esgoto. Conta também com água comprada no atacado da SABESP, Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (cerca 88%) que fornece água através do Sistema Adutor Metropolitano, sendo 55% do sistema Cantareira e 33% do Sistema Alto Tietê.

Reservatório Tanque Grande

O reservatório Tanque Grande (Fig. 3) foi construído em 1958 e localiza-se na região norte do Município de Guarulhos, nas coordenadas 23°22'27"S e 46°27'36"W. A microbacia do Tanque Grande está localizada à montante, na maior bacia hidrográfica do Município de Guarulhos: a bacia Baquirivu-Guaçu. Esta microbacia ocupa 46% dos 319,19 km² do território municipal. Antes da construção do reservatório, as águas do manancial Tanque Grande eram destinadas a vários fins, entre os quais o de abastecimento da Base Aérea de Cumbica (Santos 2005). Segundo Silva (2009), o reservatório Tanque Grande possui 0,54 km², capacidade de armazenamento de 77.401 m³ e vazão de 315.000 m³ mês⁻¹. Possui característica oligotrófica e o IQA a classificou boa como média anual (CETESB 2014).

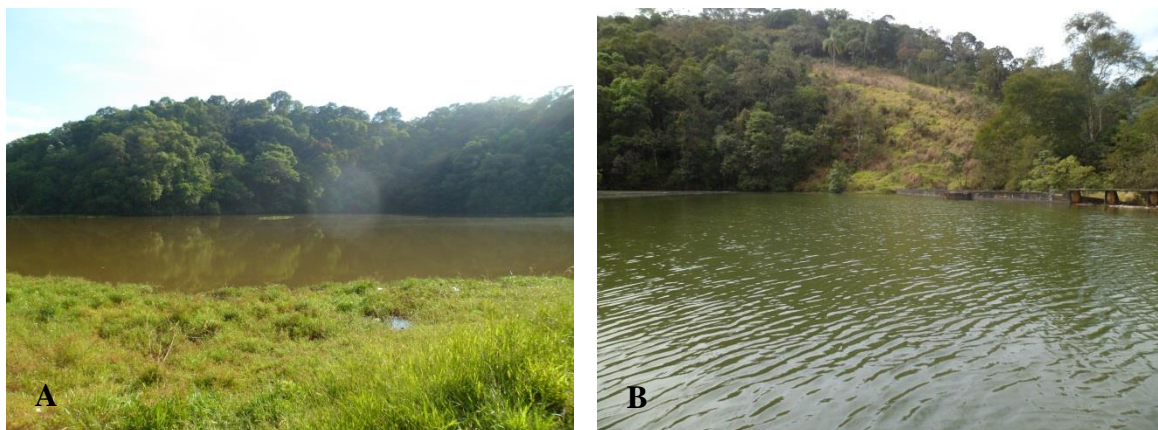


Figura 3. Vista da represa Tanque Grande. A: Aspecto da represa a montante. B: Aspecto da represa próximo à barragem

A rede hidrográfica é composta por sete córregos que culminam no reservatório em questão. São eles: Bambuzal, Japonês, Tanquinho (ribeirão Tanque Grande), Bugios, Tatu, Veados e Saracura. O crescimento urbano dos bairros adjacentes e o

consequente uso e a ocupação da microbacia Tanque Grande podem influenciar negativamente na qualidade da água do reservatório (Graça 2007).

O reservatório Tanque Grande está situado em uma região de clima mesotérmico brando úmido, com um ou dois meses secos (Andrade 1999). Os meses mais secos ocorrem durante o inverno, que se estende até agosto, com média mensal de 33,2 mm. O período chuvoso vai de outubro a março, com valores acumulados superiores a 125 mm atingindo, por vezes, mais de 200 mm em janeiro (Lacava 2007). Com a baixa precipitação nos meses de inverno, os níveis do reservatório diminuem drasticamente a ponto de emergir grande parte do solo (Silva 2009).

O sistema Tanque Grande é responsável por 10% do abastecimento do município, beneficiando os bairros Santos Dumont, Fortaleza, Lenise, Jardim Bondança e Vila Rica. De acordo com o SAAE (2013), com o aumento populacional as vazões do reservatório vêm aumentando consideravelmente e isso pode interferir na qualidade de sua água (Tundisi 2003). Outro fator que, aparentemente, pode interferir na qualidade da água do reservatório é o mesmo ser utilizado como balneário pela população local. Durante os finais de semana e feriados verifica-se, principalmente no verão, um aumento considerável de frequentadores que utilizam as águas do reservatório para diversão.

Existem estradas vicinais não asfaltadas na região do reservatório que permitem a ligação com o município vizinho de Mairiporã. Há também uma linha de ônibus que liga a estrada do Tanque Grande ou Saboó ao núcleo urbano de Marmelo, já em Mairiporã (Fig. 4).



Figura 4. Estradas vicinais que ligam o Município de Guarulhos ao núcleo urbano de Marmelo em Mairiporã (A e B). B: Ponto de ônibus.

O uso e a ocupação do solo no entorno do reservatório Tanque Grande mostra que pouco mais da metade de sua bacia hidrográfica é ocupada por Mata Atlântica (65,3%), indicando que a região ainda se mantém preservada (Silva 2009). Observa-se que o solo da região é coberto, além da Mata Atlântica, por uma cobertura vegetal diversificada, como capoeiras, reflorestamentos e campos, entre outras. Além disso, parte do uso do solo é destinada a chácaras, edificações rurais, áreas de cultivo, pesqueiros e estradas.

Reservatório Cabuçu

O reservatório Cabuçu está localizado no PEC, Parque Estadual da Cantareira, na porção sul do Município de Guarulhos, entre as coordenadas 22°24'06"S e 46°31'56"W. O PEC é uma Unidade de Conservação criada pelo Decreto nº 41.626/1963. Possui área de 7.916,52 ha e abrange parte dos municípios de São Paulo, Caieiras, Mairiporã e Guarulhos. Trata de um grande fragmento de Mata Atlântica que abriga diversas espécies da fauna e da flora, além de mananciais de excelente qualidade ecológica.

O PEC está dividido nos quatro núcleos seguintes: Engordador, Águas Claras, Pedra Grande e Cabuçu. No último está inserido o reservatório Cabuçu (Fig. 5). Este Núcleo é o resultado de uma importante parceria entre o Instituto Florestal, o Serviço Autônomo de Água e Esgoto e a Secretaria do Meio Ambiente do Município de Guarulhos, visando a auxiliar na proteção dos mananciais e na preservação da maior floresta nativa da região.



Figura 5. Vista da represa Cabuçu.

Segundo Lacava (2007), o reservatório foi construído em 1904 para abastecer a cidade de São Paulo. Funcionou neste sentido por mais de 60 anos, sendo desativado quando entrou em operação o atual sistema Cantareira. Em 1999, foram iniciados estudos para reativação do uso da barragem, desta vez para contribuir no abastecimento de parte do Município de Guarulhos. Em 2002, o reservatório foi reativado e fornece água atualmente para a população de alguns bairros, contribuindo com cerca de 6% do abastecimento do município.

O reservatório conta com a vazão de 300 L s^{-1} e o volume de $1.776 \times 10^6 \text{ L}$ distribuídos em 1,5 km, em uma área total de 20 ha. De acordo com dados da CETESB (2014), o IET, Índice do Estado Trófico do reservatório foi classificado mesotrófico e o IQA, Índice da Qualidade da Água, ótimo. O reservatório está inserido na bacia do rio Cabuçu de Cima, que possui relevo e formações geológicas favoráveis à manutenção da rede hidrográfica. O rio Cabuçu de Cima é o principal contribuinte do reservatório, mas os rios Barrocada e Engordador também contribuem para sua formação (Barbosa 2010).

A vegetação do PEC é considerada do tipo Mata Atlântica e classificada como Floresta Estacional Semidecidual, porém, nas margens do reservatório é possível observar espécies exóticas introduzidas na época da construção do Parque. Apesar da elevada densidade de Mata Atlântica que ainda subsiste na área, é possível verificar certa heterogeneidade de uso e ocupação do solo, denunciando vetores de transformação na região, tais como chácaras, áreas de cultivo e alta densidade de habitações urbanas.

As principais características e alguns parâmetros morfométricos dos reservatórios Tanque Grande e Cabuçu estão resumidos na tabela 1.

Tabela 1. Principais características das represas Tanque Grande e Cabuçu. Legenda: IET (Índice do Estado Trófico) e TR (tempo médio de residência da água).

Represa	Ano de construção	Área da bacia km^2	Volume m^3	Principal uso da água	IET*	TR (dias)
Tanque Grande	1958	7,75	77.401	Abastecimento público	Oligotrófico	7,35
Cabuçu	1904	23,8	1.767.000	Abastecimento público	Mesotrófico	68,51

MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Variáveis climáticas

Os dados de precipitação pluvial e temperatura média do ar foram fornecidos pelo INMET, Instituto Nacional de Meteorologia, obtidos pela Estação Meteorológica de Observação de Superfície Convencional, através da estação nº 83075 de Guarulhos, Estado de São Paulo.

4.2. Delineamento amostral e coleta do material

As estações de amostragem foram selecionadas considerando a influência dos principais tributários, a abrangência da heterogeneidade da qualidade da água e a profundidade do reservatório. Dessa forma, foram selecionadas seis estações de amostragem, três em cada um dos dois reservatórios em questão (Fig. 6).

No reservatório Tanque Grande (TG), a estação TG01 localizou-se próximo da entrada dos principais tributários, dos quais o ribeirão Tanque Grande é o principal. A estação TG02 foi situada no corpo do reservatório, em uma região intermediária. E a estação TG03 próximo à barragem. A localização das estações de amostragem no reservatório Cabuçu (CB) seguiu o mesmo padrão de distribuição e foram denominadas: CB01, próximo à entrada do principal tributário, o rio Cabuçu de Cima; CB02 no corpo central do reservatório (região intermediária); e CB03 próximo à barragem.

As estações TG03 e CB03 coincidem com os locais de captação do SAAE e as estações de monitoramento físico, químico e hidrológico da CETESB. Tais estações foram consideradas por serem os locais mais profundos do reservatório e, em geral, de maior deposição sedimentar. A denominação das estações de amostragem, sua localização e respectivas coordenadas geográficas encontram-se na tabela 2.

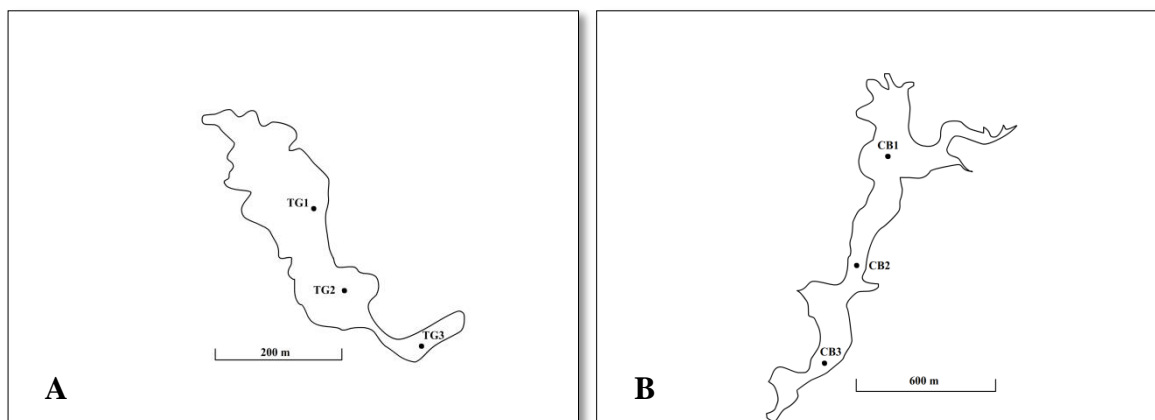


Figura 6. Localização das estações de amostragem nas represas Tanque Grande (A) e Cabuçu (B) nos períodos de inverno e verão.

Tabela 2. Denominação das estações de amostragem, localização, coordenadas geográficas e profundidade nas represas Tanque Grande e Cabuçu nos períodos de inverno e verão.

Estação	Coordenadas	Z _{máx} (m)		Estrato de água amostrado (m)	
		Inverno	Verão	Inverno	Verão
TG01	23°22'22"S 46°27'37,4"W	2,3	2,1	S(0,5)	S(0,5)
				F(2,0)	F(1,1)
TG02	23°22'27,1"S 46°27'35,9"W	2,6	2,5	S(0,5)	S(0,5)
				F(2,3)	F(1,5)
TG03	23°22'29,0"S 46°27'31,0"W	3,0	3,1	S(0,5)	S(0,5)
				F(2,6)	F(2,1)
CB01	23°23'25,6"S 46°31'42,8"W	4,5	4,1	S(0,5)	S(0,5)
				M(2,0)	M(2,0)
				F(3,5)	F(3,1)
CB02	23°23'42,7"S 46°31'47,2"W	9,0	8,1	S(0,5)	S(0,5)
				M(4,0)	M(3,0)
				F(8,0)	F(7,1)
CB03	23°24'00,6"S 46°31'56,6"W	10,0	9,8	S(0,5)	S(0,5)
				M(5,0)	M(4,0)
				F(9,0)	F(8,8)

As amostragens de água foram realizadas em dois períodos climáticos, ou seja, no inverno (período seco, dias 22 e 23/08/2013) e no verão (período chuvoso, dias 09 e

10/01/2014). A amostragem no compartimento sedimentar foi feita apenas no inverno, pois o sedimento superficial integra uma escala de tempo maior, geralmente de um a dois anos de informação (Smol 2008). A amostragem na coluna d'água foi feita a partir do protocolo de amostragem definido pelo projeto AcquaSed, no qual se insere este trabalho, ou seja, subsuperfície, profundidade média e um metro acima do fundo. Dessa forma, foram realizadas 15 amostragens na coluna d'água e seis no sedimento superficial. É importante ressaltar que não foi coletado o estrato intermediário do reservatório Tanque Grande pelo último ser muito raso.

As amostragens contemplaram a coluna d'água ($n = 1$) e os sedimentos superficiais ($n = 3$). Para determinação das variáveis limnológicas abióticas da água e biológicas, as amostras foram obtidas com o auxílio de amostrador van Dorn e acondicionadas em galões de polietileno de 5 L de capacidade, sendo que a amostra de água para determinação do teor de oxigênio dissolvido foi fixada em campo (Fig. 7). Para o estudo taxonômico, o fitoplâncton foi coletado com rede de plâncton confeccionada com tecido de náilon de 20 μm de abertura de malha através de arrastos e as amostras foram imediatamente fixadas com solução aquosa de formalina a 4% (Fig. 8). Para a análise quantitativa do fitoplâncton, foram separados 250 ml das amostras obtidas com o amostrador van Dorn e fixados com solução aquosa de lugol acético 3-5%. A amostragem dos sedimentos de superfície foi realizada com um testemunhador de gravidade de marca UWITEC, aproveitando-se os 2 cm superficiais e as amostras foram acondicionadas em frascos de polietileno devidamente etiquetados (Fig. 9).

Também foi realizada amostragem para estudo da comunidade de diatomáceas perifíticas a partir da raspagem de caules submersos de macrófitas aquáticas quando presentes.

Em síntese, considerando os diferentes compartimentos amostrados, o número total de amostras coletada nos reservatórios Tanque Grande e Cabuçu durante os dois períodos (inverno e verão) foi de 30 amostras da coluna d'água (água e fitoplâncton), 18 de sedimentos superficiais (três amostras por estação de amostragem) e oito de perifíton.

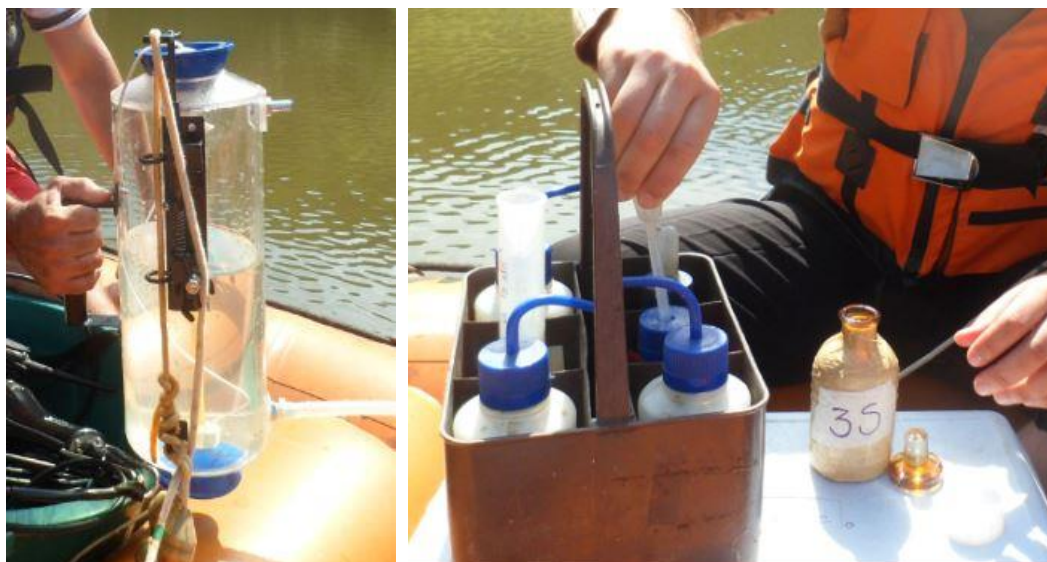


Figura 7. Amostragem da coluna d'água. A: Coleta de água com o amostrador van Dorn. B: Fixação da água para determinação do teor de oxigênio dissolvido.



Figura 8. Coleta de fitoplâncton com rede de plâncton.



Figura 9. Amostragem dos sedimentos superficiais com auxílio de testemunhador de gravidade.

4.3. Variáveis limnológicas abióticas e biomassa fitoplanctônica

Os perfis de temperatura, pH e condutividade elétrica foram obtidos ‘*in situ*’ a cada 50 cm da coluna d’água até a estabilização do perfil térmico e, posteriormente, a cada 1 m até o fundo do reservatório, todas as medidas sendo realizadas com auxílio de uma sonda multiparâmetro HORIBA U50. A transparência da água e a profundidade da zona fótica foram calculadas com auxílio do disco de Secchi. As coletas das demais variáveis limnológicas abióticas foram providenciadas com amostrador van Dorn, quando possível em três profundidades (subsuperfície, zona intermediária e 1 m acima do fundo). As variáveis analisadas foram: alcalinidade, oxigênio dissolvido, formas de carbono inorgânico dissolvido, nitrato, nitrogênio amoniacal, ortofosfato, fósforo total dissolvido, nitrogênio total, fósforo total e sílica reativa solúvel, seguindo os protocolos competentes de análise (Tab. 4). As amostras para a fração dissolvida dos nutrientes foram filtradas em baixa pressão (< 0,5 atm) com filtro Whatman GF/F. A clorofila-*a* (corrigida da feofitina) seguiu o método de extração pelo etanol 90% aquecido por 5 min sem maceração (Sartory & Grobelaar 1984) e os cálculos foram baseados em Golterman *et al.* (1978) e Wetzel & Likens (1991).

Tabela 3. Variável ambiental, unidade de medida, método empregado e referência à publicação do método.

Variável	Unidade de medida	Método	Referência
Alcalinidade	mEq L ⁻¹	Titulométrico e potenciométrico	Golterman & Clymo (1969)
Oxigênio dissolvido	mg L ⁻¹	Titulométrico	Winkler modificado por Golterman & Clymo (1969)
CO ₂ livre	mg L ⁻¹	Numérico	Mackereth <i>et al.</i> (1978)
CO ₂ total	mg L ⁻¹	Numérico	Mackereth <i>et al.</i> (1978)
HCO ₃	mg L ⁻¹	Numérico	Mackereth <i>et al.</i> (1978)
CO ₃	mg L ⁻¹	Numérico	Mackereth <i>et al.</i> (1978)
Nitrito	µg L ⁻¹	Espectrofotométrico	Mackereth <i>et al.</i> (1978)
Nitrato	µg L ⁻¹	Espectrofotométrico	Mackereth <i>et al.</i> (1978)
Amônio	µg L ⁻¹	Espectrofotométrico	Mackereth <i>et al.</i> (1978)
Nitrogênio total	µg L ⁻¹	Espectrofotométrico	Valderrama (1981)
Fósforo reativo solúvel	µg L ⁻¹	Espectrofotométrico	Strickland & Parsons (1965)
Fósforo total dissolvido	µg L ⁻¹	Espectrofotométrico	Strickland & Parsons (1965)
Fósforo total	µg L ⁻¹	Espectrofotométrico	Strickland & Parsons (1965)
Sílica reativa solúvel	mg L ⁻¹	Espectrofotométrico	Strickland & Parsons (1965)

4.4. Análise das diatomáceas

As diatomáceas foram analisadas qualitativa e quantitativamente a partir das amostras planctônicas, perifíticas e dos sedimentos superficiais. A oxidação da matéria orgânica das diatomáceas seguiu o método de Battarbee (1986) e para a preparação das lâminas permanentes foi utilizado Naphrax como meio de inclusão (IR = 1,73).

4.4.1. Análise qualitativa

O exame taxonômico foi baseado em análise populacional de modo a conhecer a variação morfológica intra e interpopulacional das espécies e de táxons intraespecíficos. Foi realizado usando um microscópio Zeiss Axioskop 2 plus, equipado com contraste de fase e sistema de captura de imagem. A identificação taxonômica foi providenciada a partir de obras clássicas e modernas (ex.: Hustedt 1930, Patrick 1940, Round *et al.* 1990, Krammer & Lange-Bertalot 1991, Lange-Bertalot & Metzeltin 1996, Siver & Kling 1997, Siver *et al.* 2005, Tuji & Williams 2005, Morales & Vis 2007, Potapova *et al.* 2008, Furey 2011, entre outros), bem como a partir das discussões taxonômicas (“workshops” de harmonização taxonômica) realizadas entre os integrantes do projeto AcquaSed. O sistema de classificação utilizado foi de Medlin & Kaczmarska (2004) para táxons supraordinais e de Round *et al.* (1990) para os subordinais. A padronização dos nomes científicos foi feita após consulta ao catálogo de gêneros de diatomáceas disponibilizado pela Academia de Ciências Naturais de Filadélfia (Academia de Ciências Naturais de Filadélfia 2008). As amostras utilizadas na preparação das lâminas foram incorporadas ao acervo do Herbário Científico do Estado “Maria Eneyda P. Kauffmann Fidalgo” (SP) do Instituto de Botânica da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo (Tab. 5).

Tabela 4. Lista das unidades amostrais com indicação do número de acesso no herbário, hábitat, reservatório, estação e período de coleta.

Herbário - SP	Hábitat	Reservatório	Estação	Período
428918	Sedimento	Tanque Grande	TG01	Inverno
428919	Sedimento	Tanque Grande	TG02	Inverno
428920	Sedimento	Tanque Grande	TG03	Inverno
428921	Sedimento	Cabuçu	CB01	Inverno
428922	Sedimento	Cabuçu	CB02	Inverno
428923	Sedimento	Cabuçu	CB03	Inverno
428924	Fitoplâncton	Tanque Grande	TG01	Inverno
428925	Fitoplâncton	Tanque Grande	TG02	Inverno
428926	Fitoplâncton	Tanque Grande	TG03	Inverno
428927	Fitoplâncton	Tanque Grande	TG01	Verão
428928	Fitoplâncton	Tanque Grande	TG02	Verão
428929	Fitoplâncton	Tanque Grande	TG03	Verão
428930	Perifíton	Tanque Grande	TG01	Inverno
428931	Perifíton	Tanque Grande	TG02	Inverno
428932	Perifíton	Tanque Grande	TG03	Inverno
428933	Perifíton	Tanque Grande	TG01	Verão
428934	Perifíton	Tanque Grande	TG02	Verão
428935	Perifíton	Tanque Grande	TG03	Verão
428936	Fitoplâncton	Cabuçu	CB01	Inverno
928937	Fitoplâncton	Cabuçu	CB02	Inverno
928938	Fitoplâncton	Cabuçu	CB03	Inverno
928939	Fitoplâncton	Cabuçu	CB01	Verão
928940	Fitoplâncton	Cabuçu	CB02	Verão
928941	Fitoplâncton	Cabuçu	CB03	Verão
428942	Perifíton	Cabuçu	CB01	Inverno
428943	Perifíton	Cabuçu	CB01	Verão

4.4.2. Análise quantitativa

Para a análise quantitativa do fitoplâncton, foram obtidas amostras integradas a partir de igual volume das amostras da superfície, do estrato intermediário (quando coletado) e do fundo, sendo utilizado aproximadamente 50 ml de cada estrato. Uma alíquota da amostra integrada foi usada para a oxidação da matéria orgânica das diatomáceas. Para o perifíton, foi usado 30-40 ml da amostra destinada à oxidação. Para o preparo das lâminas permanentes, foram utilizados 2 a 6 ml, dependendo da amostra. Para as amostras de sedimentos, 1 g de massa seca foi oxidado e a partir do volume inicial, que variou entre 21 e 15 ml, foram usadas subamostras de 0,25 µl para confecção das lâminas permanentes.

A contagem foi realizada nas lâminas permanentes em transecções longitudinais em aumento de 1000x por meio de microscópio Zeiss Axioskop 2 plus equipado com

contraste de fase e sistema de captura de imagem, através do software Axion Vision. A contagem foi realizada de acordo com o método de Battarbee (1986), tendo como unidade básica de contagem a valva (frústula completa foi considerada como duas). Os fragmentos das diatomáceas foram incluídos na contagem desde que permitissem identificar a espécie por meio de alguma característica diagnóstica e que pudessem ser visualizados pelo menos 50% da valva (Battarbee *et al.* 2001).

Para cada amostra, foram adotados três critérios para estabelecimento do limite de quantificação, a saber: (1) curva de rarefação de espécies (Bicudo 1990), (2) mínimo de 400 valvas no total e (3) eficiência de contagem mínima de 90%, de acordo com a fórmula de Pappas & Stoermer (1996). Este critério padronizou o esforço da quantificação das amostras permitindo comparação entre as comunidades de diferentes habitats.

$$Eficiência = \frac{1 - \text{número de espécies}}{\text{número total de indivíduos}}$$

O cálculo da densidade das diatomáceas seguiu as seguintes equações:

Para os sedimentos (Battarbee 1986):

$$N = (n \times \frac{Al}{(Nc \times Ac)} \times \frac{V}{v}) / M$$

Para o fitoplâncton (adaptado de Battarbee 1986):

$$N = (n \times \frac{Al}{(Nc \times Ac)} \times \frac{V1}{v}) / V$$

Para o perifíton (adaptado de Battarbee 1986):

$$N = (n \times \frac{Al}{(Nc \times Ac)} \times \frac{V}{v}) / S$$

Onde:

N = número de valvas/ml ou número de valvas/g de massa seca

N = número de valvas contadas

Al = área da lamínula (mm²)

Nc = número de campos contados

V1 = volume da amostra oxidada (ml)

V = volume da subamostra (ml)

V = volume da amostra inicial (ml)

M = massa da amostra inicial (g)

S = massa seca do substrato ou área raspada do substrato (cm²)

A porcentagem de contribuição (abundância relativa/unidade amostral) de cada táxon foi calculada como segue:

$$A = (ni/N) * 100$$

Onde:

A = abundância relativa

ni = número de indivíduos (valvas) da subamostra

N = número total de indivíduos (valvas) da subamostra

4.4.3. Informações ecológicas das espécies

Para as informações ecológicas dos táxons identificados foi consultada literatura específica (ex.: Lowe 1974, Wolf 1982, van Dam *et al.* 1994, Dennys 1991, Lobo *et al.* 1995, 1996, Moro & Fürstenberger 1997, Costa-Böddeker *et al.* 2012, entre outros) além do programa OMNIDIA, versão 4.2 (Lecointe *et al.* 1993) que possui um rico banco de dados sobre a ecologia de aproximadamente 14.000 táxons.

4.5. Análise numérica dos dados

4.5.1. Índices ecológicos

Índice do Estado Trófico (IET): aplicou-se o índice do estado trófico de Carlson modificado por Lamparelli (2004) para represas, que leva em consideração as três variáveis seguintes: (1) desaparecimento do disco de Secchi, (2) concentração superficial de fósforo total e (3) clorofila-*a*.

Para esse índice existem seis graus de trofia que classificam o ambiente aquático e que vão de ultraoligotrófico a hipereutrófico, de acordo com os seguintes valores: ≤ 47

(ultraoligotrófico), 48-52 (oligotrófico), 53-59 (mesotrófico), 60-63 (eutrófico), 64-67 (supereutrófico) e > 67 (hipereutrófico).

Riqueza específica (S): entendida como o número total de espécies encontrado em uma dada amostra.

Índice de Simpson (D): baseado na probabilidade de dois indivíduos quaisquer retirados aleatoriamente de uma comunidade infinitamente grande pertencerem à mesma espécie. É um índice que não requer premissa e as espécies raras têm baixo peso em sua aplicabilidade. Foi proposto por Simpson (1949) e é calculado pela equação:

$$D = \frac{\sum(n_i[n_i - 1])}{N[N - 1]}$$

Onde:

n_i = número de indivíduos de uma espécie

N = número total de indivíduos na amostra

Os valores variam de 0 a 1, sendo que quanto maior for valor de D menor será a diversidade. Em outras palavras, os valores de D e de diversidade são inversamente proporcionais, o que não é intuitivo. Para resolver o problema, as formas complementar ($1-D$) e recíproca ($1/D$) podem ser utilizadas e, em ambas, quanto maior for o valor da análise, maior será o valor de diversidade (Magurran 2004). Para o presente trabalho preferiu-se a utilização da forma complementar ($1-D$), que varia de 0 a 1.

Homogeneidade de Simpson (E): expressa o quanto os valores de diversidade de Simpson estão próximos do máximo teórico (Magurran 2004). Varia de 0 (não homogêneo) a 1 (totalmente homogêneo). É calculada pela equação:

$$E = (1/D)/S$$

Onde:

D = diversidade de Simpson

S = riqueza

Índice de Shannon-Wiener (H'): leva em consideração o grau de uniformidade na abundância das espécies (Magurran 2004). Este índice privilegia as espécies raras e tem como premissa o fato dos indivíduos estarem distribuídos aleatoriamente e que todas as espécies estejam representadas na amostra. É calculada pela seguinte equação:

$$H' = -\sum p_i * \log_2(p_i)$$

Onde:

$$p_i = n_i/N$$

N_i = abundância relativa de cada espécie na unidade amostral

N = abundância total

Espécies descritoras da comunidade: foi adotado o critério de Lobo & Leighton (1986), em que espécies dominantes são aquelas cujas densidades forem maiores que 50% da densidade total da amostra e abundantes aquelas cujas densidades superarem a densidade média de cada amostra.

4.5.2. Análise de espécies indicadoras

Este método foi adotado para determinar os grupos definidos previamente. Este método combina a informação sobre o valor absoluto da abundância de uma espécie em um determinado grupo de unidades amostrais e a fidelidade da ocorrência dessa espécie em um dado grupo de amostras (no caso, três grandes grupos: plâncton, sedimentos superficiais e perifíton). Valores indicativos (VI) foram calculados para cada espécie dentro dos grupos e estes foram testados para significância estatística usando teste de Monte-Carlo (Manly 1997). Os valores indicativos variaram de 0 a 100, sendo que o valor máximo foi alcançado quando todos os indivíduos da espécie ocorreram em todas as unidades que compunham um único grupo. No presente estudo, adotou-se como variável categórica o tipo de hábitat. O valor indicativo (VI) de uma determinada espécie para um dado grupo de unidades amostrais foi determinado pela fórmula abaixo:

$$Valor\ Indicativo\ (VI) = A_{ij} * B_{ij} * 100$$

Onde:

A_{ij} = razão entre o número médio de indivíduos da espécie i ao longo dos níveis que compõem o grupo j e o somatório das médias dos indivíduos da espécie i ao longo de todos os grupos j .

B_{ij} = razão entre o número de amostras do grupo j , onde a espécie i está presente e o número total de unidades amostrais que compõem o grupo j .

Por fim, a espécie foi associada a um grupo que apresentou o maior valor indicativo, desde que $P(VI^{obs} \leq VI^*) \leq 0,05$. O programa utilizado para esta análise foi o PC-ORD versão 6.0 (McCune & Mefford 2006).

4.5.3. Análise estatística

O conjunto de dados foi avaliado mediante análises estatísticas multivariadas como as de ordenação e classificação (Digby & Kempton 1987, Pielou 1984) e de agrupamento como a de similaridade de Bray-Curtis. Para a análise separada da matriz abiótica foi realizada PCA, Análise de Componentes Principais com os dados transformados pela amplitude de variação “*ranging*” e matriz de covariância. Para análise da matriz biótica e preferências ecológicas (hábitat, pH e estado trófico) foi feita PCoA, Análise de Coordenadas Principais a partir de dados de abundância relativa sem transformação. Foram utilizadas as espécies com abundância relativa igual ou superior a 2%. A CCA, Análise de Correspondência Canônica foi aplicada para avaliar a relação entre a matriz dos dados bióticos e a matriz dos dados ambientais a partir dos dados de abundância relativa que foram logaritimizados $[\log(x+1)]$ (Ter-Braak 1986). Os programas estatísticos utilizados foram FITOPAC (Shepherd 1996) e PC-ORD versão 6.0 (McCune & Mefford 2006).

5

RESULTADOS

5.1. Caracterização limnológica das represas Tanque Grande e Cabuçu

5.1.1. Variáveis climatológicas

Os registros meteorológicos dos últimos 10 anos fornecidos pela estação agroclimatológica nº 83075, do INMET, Instituto Nacional de Meteorologia, região de Guarulhos, indicam que a média anual da temperatura do ar em 2013 foi 21°C e a média de precipitação total 135,2 mm. De acordo com os dados obtidos para o município, os meses mais chuvosos acompanharam os mais quentes do ano, compreendendo o período de outubro a abril; e os meses mais frios, de maio a setembro, foram o período com menor quantidade de chuvas.

Embora o inverno tenha sido uma estação característica de seca e o verão com característica chuvosa (Fig. 10), tomando como base a profundidade máxima das represas não foi possível observar uma variação hidrológica significativa entre os períodos climáticos definidos na pesquisa.

Em agosto, quando foi realizada a coleta de inverno (22 e 23 de agosto de 2013), a precipitação mensal acumulada foi 8,2 mm, distribuída em quatro dias e os registros de chuva que antecederam os dias de coleta somaram apenas 6 mm. A temperatura média do ar durante o mês amostrado foi 18,7°C. No período de amostragem do verão (09 e 10 de janeiro de 2014), a precipitação total do mês foi 137,9 mm distribuída em 13 dias. Os 10 dias que antecederam a coleta registraram precipitação total de 18,1 mm. A temperatura média do ar registrada nesse mês foi 26,8°C.

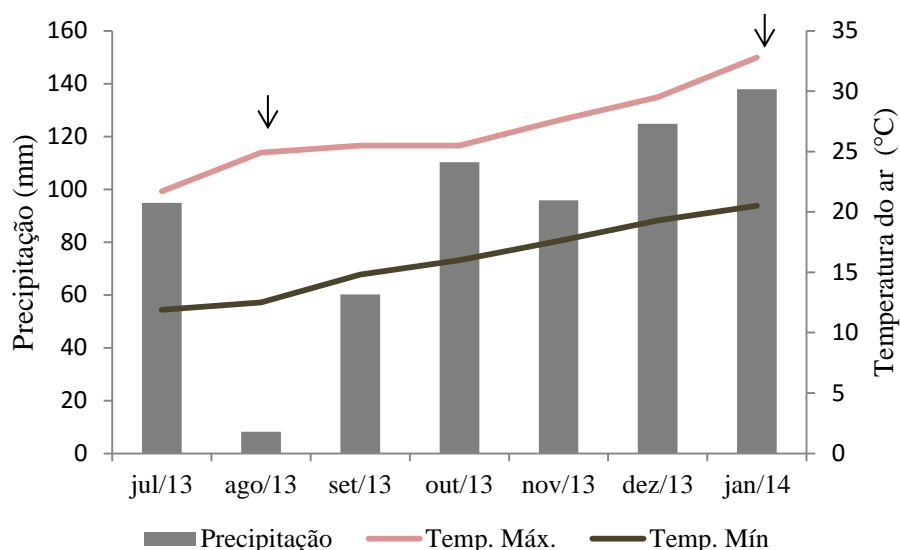


Figura 10. Precipitação mensal acumulada (barras) e temperatura média (máxima e mínima) mensal do ar (linha) nas represas Tanque Grande e Cabuçu no período de agosto de 2013 a janeiro de 2014. Setas: período de amostragem.

5.1.2. Perfil térmico e transparência da água

A temperatura da água apresentou amplitude de variação de 15,5°C (inverno) a 26,5°C (verão) durante o período do estudo. Quanto ao perfil térmico, não houve estratificação da coluna d'água no inverno exceto nas estações de amostragem CB02 e CB03. A profundidade de desaparecimento do disco de Secchi foi maior no inverno em todas as estações de amostragem (Fig. 11).

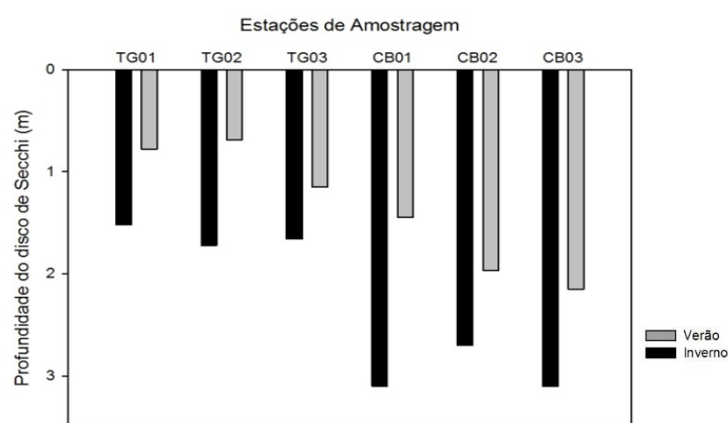


Figura 11. Profundidade de desaparecimento do disco de Secchi nas represas Tanque Grande (TG) e Cabuçu (CB).

No verão, foram observadas diferentes situações entre as represas no que diz respeito à estabilidade da coluna d'água (Fig. 12). Na represa Tanque Grande, houve circulação da massa de água em todas as estações de amostragem, diferente da represa Cabuçu que se apresentou estratificada em todas as estações de amostragem. A profundidade do disco de Secchi foi menor no verão do que no inverno, apresentando pouca variação entre as estações de amostragem, sendo que os menores valores registrados foram 0,69 m na estação TG02 (represa Tanque Grande) e 1,97 m também na estação CB02, porém, da represa Cabuçu.

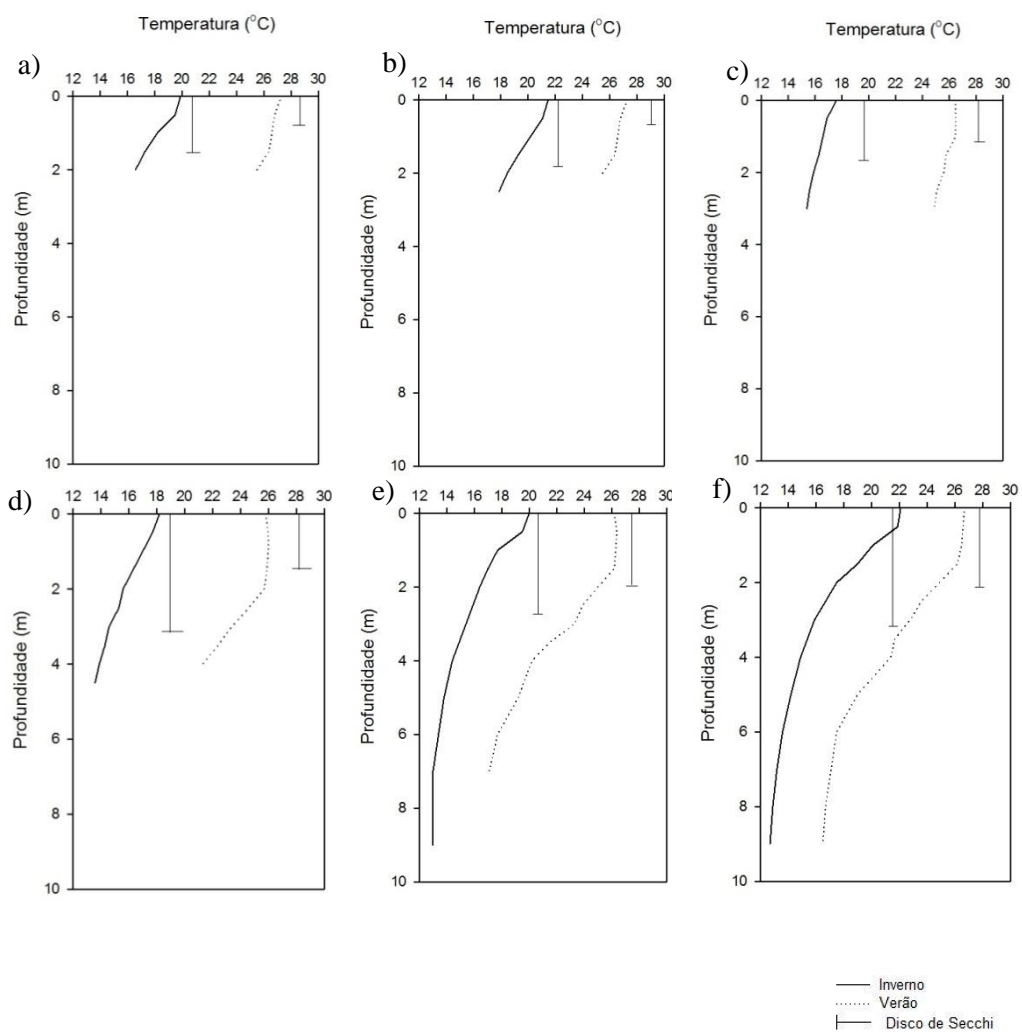


Figura 12. Perfil de temperatura e profundidade do disco de Secchi nos períodos de inverno e verão nas represas Tanque Grande e Cabuçu. a: TG01, b: TG02, c: TG03, d: CB01, e: CB02 e f: CB03.

5.1.3. Variáveis limnológicas abióticas e biomassa fitoplanctônica

Observaram-se durante a análise das variáveis limnológicas das duas represas diferenças tanto entre as estações de amostragem quanto entre os períodos amostrados. Os dados limnológicos estão sumarizados nas tabelas 6 e 7.

Em relação à represa Tanque Grande, condutividade e pH apresentaram valores semelhantes entre os dois períodos climáticos. A condutividade variou de 49 a 64 $\mu\text{S cm}^{-1}$ no inverno e de 62 a 67 $\mu\text{S cm}^{-1}$ no verão. O pH mostrou-se levemente ácido em ambos os períodos, chegando a quase neutralidade, principalmente, no verão. O CO_2 livre apresentou distribuição bastante heterogênea na coluna d'água, com valores bem maiores no inverno do que no verão. A concentração de oxigênio dissolvido foi levemente maior no inverno, quando apresentou distribuição homogênea na coluna d'água. A concentração de nutrientes na represa Tanque Grande foi baixa e esteve, muitas vezes, abaixo do limite de detecção do método analítico utilizado. Em relação aos nutrientes, particularmente a série nitrogenada (amônio e nitrogênio total, Fig. 13A-B) apresentou valores baixos e semelhantes entre os dois períodos climáticos amostrados. No que diz respeito ao nitrato, as concentrações também foram relativamente parecidas entre os períodos amostrados, mas pouco maiores no inverno. As formas dissolvidas e totais da série fósforo apresentaram valores baixos e, em alguns casos, abaixo do limite de detecção do método, como foi o caso do fósforo total dissolvido durante o inverno (Fig. 13C). Os teores de sílica reativa solúvel foram semelhantes entre os dois períodos climáticos, com tendência a valores pouco maiores no verão. Considerando as razões molares NT:PT, os valores foram diferentes entre os períodos climáticos bem como entre os estratos da coluna d'água. De maneira geral, as razões foram superiores a 20. Considerando a biomassa fitoplanctônica dos estratos superficiais, viu-se que seus valores mais elevados foram obtidos no inverno.

Na represa Cabuçu, a condutividade foi levemente menor no inverno, com distribuição homogênea na coluna d'água durante o período. No verão, essa variável apresentou distribuição vertical heterogênea em que os valores aumentaram em direção ao fundo. O pH variou de levemente ácido a alcalino, com os valores mais baixos observados durante o inverno. No caso do CO_2 livre, as concentrações diferiram entre os períodos amostrados, sendo os menores valores medidos durante o verão, além de distribuição vertical desigual em que, ora maiores valores foram registrados na superfície, ora nos estratos intermediários e muitas vezes maiores valores foram

registrados no fundo. No caso do oxigênio dissolvido, observou-se uma tendência de diminuição de sua concentração no sentido do fundo da represa. No verão, essa tendência foi mais acentuada em todas as estações de amostragem e as concentrações no fundo aproximaram-se da anoxia. No que tange à série nitrogenada, maiores valores de amônio foram observados no verão, enquanto que os de nitrato ocorreram no inverno. O nitrogênio total apresentou valores mais elevados no verão, apresentando gradiente de concentração crescente para o fundo da represa. Quanto à série fósforo, as frações dissolvidas apresentaram baixas concentrações e, em alguns casos durante o inverno, estiveram abaixo do limite de detecção do método. O fósforo total apresentou maiores valores no verão, com distribuição vertical heterogênea visto que, maiores concentrações foram observadas na superfície. No que tange as estações amostrais, os maiores valores de fósforo total foram observados nas estações localizadas próximas a entrada dos tributários. A sílica solúvel reativa apresentou padrão de distribuição semelhante ao do fósforo total. Quanto à razão atômica NT:PT (Fig. 14), os maiores valores foram observados no verão, quando estiveram acima de 30 e, em algumas estações de amostragem, até superiores a 300. Considerando a biomassa fitoplanctônica dos estratos superficiais, observou-se que os valores mais elevados ocorreram no verão (Fig. 15).

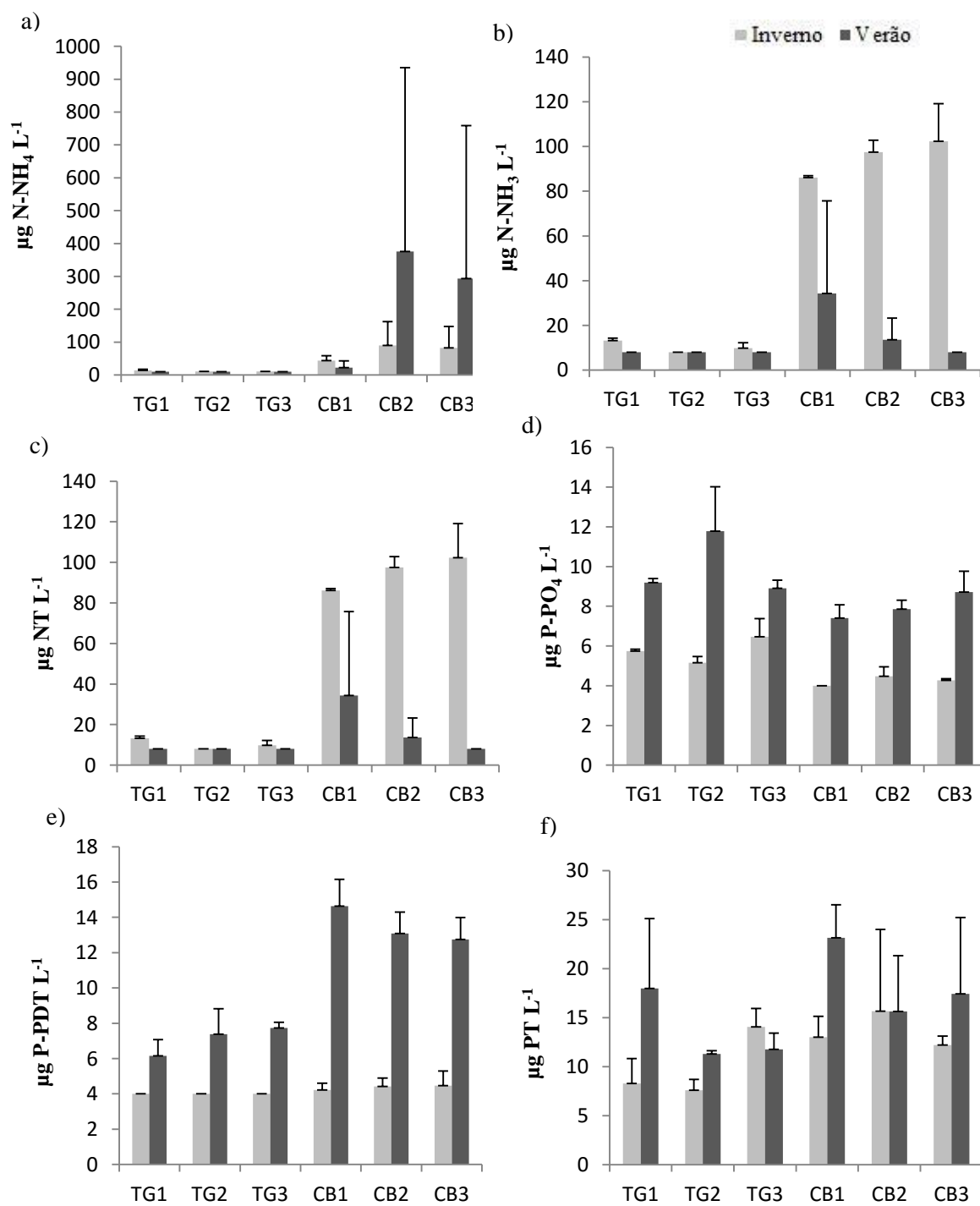


Figura 13. Concentração de nutrientes (média e desvio padrão) nas represas Tanque Grande e Cabaçu nos dois períodos climáticos estudados. **a.** Amônio (N-NH_4 $\mu\text{g L}^{-1}$). **b.** Nitrato (N-NH_3 $\mu\text{g L}^{-1}$). **c.** Nitrogênio total (NT $\mu\text{g L}^{-1}$). **d.** Ortofosfato (P-PO_4 $\mu\text{g L}^{-1}$). **e.** Fósforo total dissolvido (P-PDT $\mu\text{g L}^{-1}$). **f.** Fósforo total (PT $\mu\text{g L}^{-1}$).

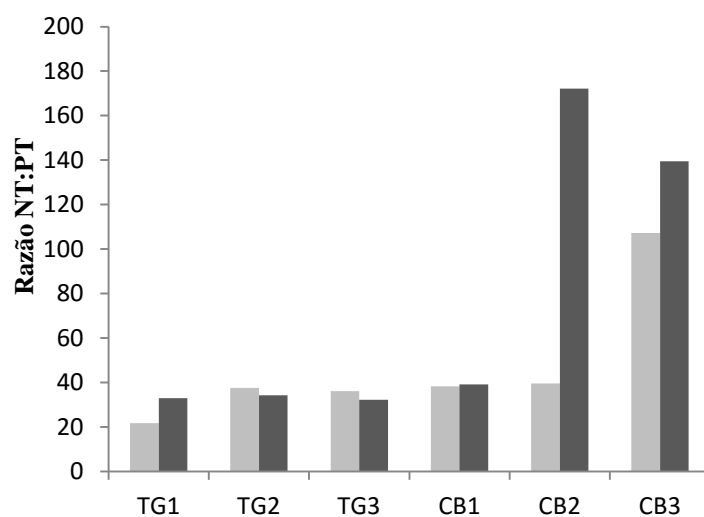


Figura 14. Razão molar NT:PT na camada superficial das represas Tanque Grande e Cabuçu nos dois períodos climáticos estudados.

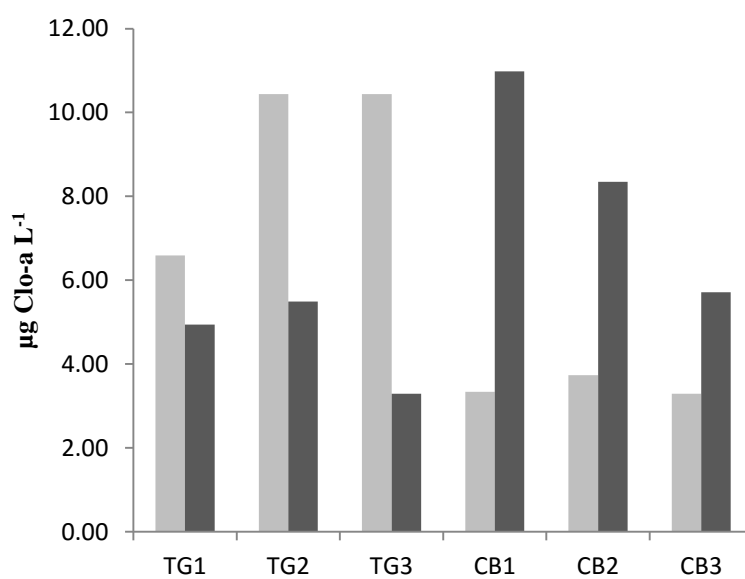


Figura 15. Concentrações de clorofila-*a* ($\mu\text{g L}^{-1}$) na camada superficial das represas Tanque Grande e Cabuçu nos dois períodos climáticos estudados.

Tabela 5. Variáveis limnológicas nas represas Tanque Grande (TG) e Cabuçu (CB) durante o período de inverno. Legenda: S (superfície); M (estrato intermediário); F (1 m acima do fundo); < menor do que o limite de detecção do método.

Local	Temp (°C)	Cond $\mu\text{S cm}^{-1}$	pH	Secchi (m)	OD mg L^{-1}	N-NH ₄ $\mu\text{g L}^{-1}$	N-NH ₂ $\mu\text{g L}^{-1}$	N-NH ₃ $\mu\text{g L}^{-1}$	NT $\mu\text{g L}^{-1}$	P-PO ₄ $\mu\text{g L}^{-1}$	PDT $\mu\text{g L}^{-1}$	PT $\mu\text{g L}^{-1}$	SSR mg L^{-1}	CO ₂ mg L^{-1}	HCO ₃ mg L^{-1}	Clo-a $\mu\text{g L}^{-1}$
TG01S	19,9	52	6,86	1,52	7,35	16,65	< 5,0	13,95	79,18	5,81	< 4,0	6,50	4,75	7,13	29,87	6,59
TG01F	16,6	53	6,68	---	7,00	11,09	< 5,0	12,43	75,48	5,67	< 4,0	10,08	4,80	11,99	30,24	6,59
TG02S	21,5	49	6,34	1,72	7,48	11,09	< 5,0	< 8	76,84	4,94	< 4,0	8,37	4,64	23,47	29,67	10,44
TG02F	17,9	51	6,08	---	8,14	11,09	< 5,0	< 8	168,09	5,38	< 4,0	6,81	4,55	44,15	30,68	9,89
TG03S	17,6	53	6,24	1,66	7,55	11,09	< 5,0	< 8	231,33	7,11	< 4,0	15,38	4,68	30,58	30,71	10,44
TG03F	15,4	64	5,75	---	8,26	11,09	< 5,0	11,51	224,10	5,81	< 4,0	12,73	4,74	103,62	30,71	9,34
CB01S	18,2	39	6,31	3,10	7,74	33,78	< 5,0	85,63	229,75	< 4,0	< 4,0	10,55	5,05	16,20	19,12	3,34
CB01M	15,6	39	6,06	---	7,35	37,02	< 5,0	85,63	237,83	< 4,0	< 4,0	13,98	5,86	32,10	19,43	4,39
CB01F	13,6	40	6,05	---	6,27	61,10	< 5,0	87,16	187,83	< 4,0	4,67	14,45	5,12	33,98	20,10	4,39
CB02S	20,0	36	6,37	2,70	7,96	18,96	< 5,0	91,43	171,89	< 4,0	4,23	9,77	5,90	14,45	19,58	3,73
CB02M	14,4	40	5,90	---	4,63	85,17	< 5,0	101,19	243,98	4,94	4,97	11,95	5,30	45,96	19,24	4,98
CB02F	13,0	40	5,39	---	2,29	164,81	< 5,0	99,97	392,73	4,51	4,08	25,20	5,24	160,77	20,80	3,08
CB03S	22,1	35	6,45	3,10	7,87	21,28	< 5,0	87,77	510,75	4,22	< 4,0	12,73	4,78	11,59	18,87	3,30
CB03M	14,2	39	6,23	---	3,28	74,52	< 5,0	120,71	643,95	4,22	5,42	11,18	4,91	21,67	19,40	7,32
CB03F	12,7	42	6,10	---	2,04	150,92	< 5,0	98,44	606,06	4,36	< 4,0	12,73	5,13	31,21	20,71	3,95

Tabela 6. Variáveis limnológicas nas represas Tanque Grande (TG) e Cabuçu (CB) durante o período de verão. Legenda: S (superfície); M (estrato intermediário); F (1 m acima do fundo); < menor do que o limite de detecção do método.

Local	Temp C	Cond $\mu\text{S cm}^{-1}$	pH	Secchi m	OD mg L^{-1}	N-NH ₄ $\mu\text{g L}^{-1}$	N-NH ₂ $\mu\text{g L}^{-1}$	N-NH ₃ $\mu\text{g L}^{-1}$	NT $\mu\text{g L}^{-1}$	P-PO ₄ $\mu\text{g L}^{-1}$	PDT $\mu\text{g L}^{-1}$	PT $\mu\text{g L}^{-1}$	SSR mg L^{-1}	CO ₂ mg L^{-1}	HCO ₃ mg L^{-1}	Clo-a $\mu\text{g L}^{-1}$
TG01S	27,39	63	7,33	0,78	6,35	< 10,0	< 5,0	< 8,0	283,09	9,05	5,50	23,02	6,13	2,65	35,08	4,94
TG01F	24,84	67	6,80	---	6,63	< 10,0	< 5,0	< 8,0	225,27	9,33	6,80	12,92	6,09	9,04	35,32	3,84
TG02S	27,34	63	6,89	0,69	6,54	< 10,0	< 5,0	< 8,0	192,29	10,20	6,37	11,52	6,03	7,58	36,42	5,49
TG02F	25,45	63	6,79	---	7,18	< 10,0	< 5,0	< 8,0	157,51	13,37	8,40	11,06	6,03	9,41	35,94	4,94
TG03S	26,54	62	6,54	1,15	9,49	< 10,0	< 5,0	< 8,0	181,90	8,61	7,96	12,92	5,92	22,49	48,29	3,30
TG03F	24,87	65	6,76	---	3,54	< 10,0	< 5,0	< 8,0	159,77	9,19	7,53	10,59	6,03	10,20	36,33	4,39
CB01S	25,79	38	8,48	1,45	8,64	< 10,0	< 5,0	< 8,0	302,97	7,03	13,91	19,45	2,87	0,10	18,36	10,98
CB01M	25,67	37	7,36	---	7,14	12,01	< 5,0	12,93	383,96	7,03	13,62	26,13	2,93	1,36	19,25	18,67
CB01F	21,32	44	6,30	---	3,50	46,21	9,32	82,02	543,43	8,18	16,38	23,80	3,12	17,00	19,61	13,18
CB02S	26,19	38	7,37	1,97	8,63	< 10,0	< 5,0	< 8,0	243,79	7,32	13,48	16,19	2,76	1,36	19,74	8,35
CB0M	23,30	38	6,47	---	1,74	97,72	6,31	24,77	430,95	8,04	11,73	21,00	3,11	11,13	20,34	26,36
CB02F	17,05	101	6,59	---	0,78	1019,31	18,69	< 8,0	1910,59	8,18	14,06	9,66	4,07	17,16	35,19	55,24
CB03S	26,72	38	7,29	2,15	7,60	< 10,0	< 5,0	< 8,0	239,27	9,91	13,91	17,43	2,75	1,64	19,81	5,71
CB03M	21,36	40	6,32	---	1,60	39,10	5,16	< 8,0	366,99	7,89	11,44	25,20	3,19	17,70	21,38	48,33
CB03F	16,34	103	6,50	---	0,59	830,56	16,14	< 8,0	1552,79	8,33	12,89	9,66	4,14	20,56	34,27	49,59

5.1.4. Avaliação conjunta dos dados limnológicos

A ACP, Análise de Componentes Principais foi realizada com o valor médio de cada variável e permitiu avaliar a presença de um padrão de distribuição das estações de amostragem e as principais relações entre as variáveis limnológicas abióticas. Os dois primeiros eixos resumiram 64,8% da variabilidade conjunta dos dados (Fig. 16, Tab. 8, 9).

O eixo 1 explicou 40,5% da variação dos dados e mostrou uma clara separação das unidades amostrais em função da sazonalidade. As estações de amostragem relativas ao período de inverno apresentaram tendência a posicionar-se do lado esquerdo do eixo associadas, principalmente, aos maiores valores ($r > 0,8$) de transparência da água (Secchi) e nitrato (NO_3) e aos menores valores de temperatura e fósforo total dissolvido. Do lado direito do referido eixo, posicionaram-se as unidades amostrais relativas ao período de verão associadas, mormente, aos maiores valores de temperatura, ortofosfato e pH ($r > 0,8$) e aos menores de transparência da água e nitrato.

O eixo 2 explicou 24,3% da variação dos dados e mostrou uma tendência a separar as unidades amostrais em função das diferenças entre os compartimentos das represas. Na porção superior do dito eixo, posicionaram-se as unidades amostrais da represa Tanque Grande e algumas da superfície e da região intermediária da represa Cabuçu, associadas aos maiores valores de oxigênio dissolvido e sílica solúvel reativa ($r \geq 0,7$). Em contrapartida, na porção inferior desse eixo ordenou as unidades amostrais da represa Cabuçu associadas aos maiores valores de nitrogênio total e amônio ($r > 0,6$) e aos menores valores de oxigênio dissolvido e sílica solúvel reativa.

Tabela 7. Síntese dos resultados da ACP realizada a partir de 12 variáveis limnológicas.

	Eixo 1	Eixo 2
Autovalor	0,401	0,241
Autovalor da linha de quebra	0,256	0,174
Porcentagem de variância explicada	40,5	24,3
Porcentagem de variância acumulada	40,5	64,8
Randomização “p”	0,0001	0,0001

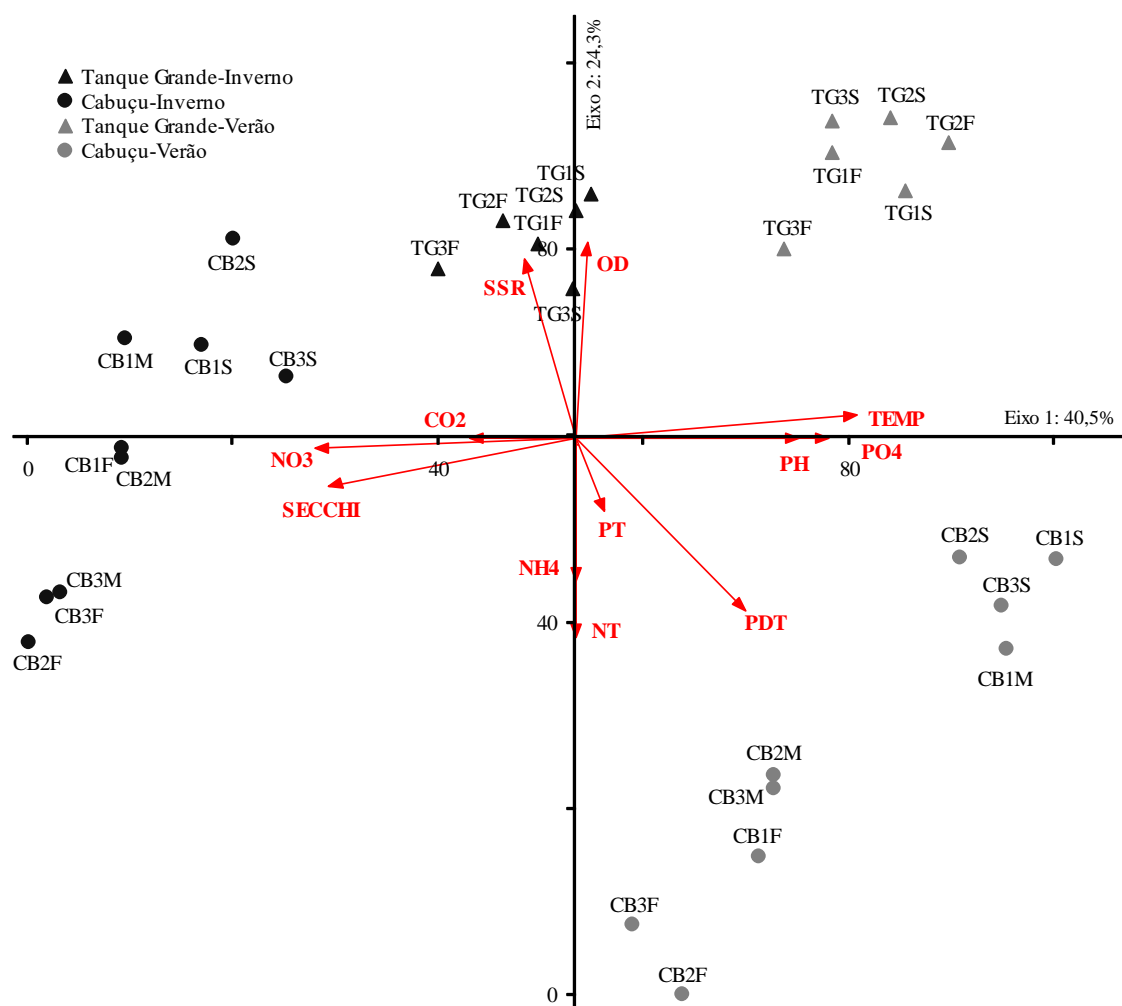


Figura 16. Análise dos componentes principais (ACP) com base em 12 variáveis limnológicas das estações de amostragem das represas Tanque Grande (TG) e Cabuçu (CB) nos períodos de inverno e verão. Legenda: S (superfície); M (profundidade intermediária) e F (1 m acima do fundo).

Tabela 8. Correlação das variáveis limnológicas com os eixos 1 e 2 da ACP.

Variável	Eixo 1	Eixo 2	Variável	Eixo 1	Eixo 2
Temperatura: <i>Temp</i>	0,868	0,255	Nitrogênio total: <i>NT</i>	-0,027	-0,731
pH	0,772	0,022	Fósforo total: <i>PT</i>	0,278	-0,446
Profundidade de Secchi	-0,815	-0,359	Silicato: <i>SSR</i>	-0,373	0,696
Oxigênio dissolvido: <i>OD</i>	0,184	0,724	Ortofosfato: <i>PO₄</i>	0,824	0,030
Amônio: <i>NH₄</i>	-0,042	-0,621	CO ₂ livre: <i>CO₂</i>	-0,535	-0,052
Nitrato: <i>NO₃</i>	-0,838	-0,168	Fósforo total dissolvido: <i>PDT</i>	0,675	-0,682

5.1.5. Índice do Estado Trófico (IET)

O Índice do Estado Trófico foi calculado de acordo com Lamparelli (2004), porém, foram necessárias algumas adaptações (Fig. 17 e tabela 10). Assim, a profundidade do desaparecimento do disco de Secchi não foi considerada, visto que foi observado presença de material particulado inorgânico na represa Tanque Grande. Usando essa variável os dados ficariam superestimados já que elevaria artificialmente o Índice do Estado Trófico na represa. Para fins de comparação entre compartimentos, o valor da profundidade do desaparecimento do disco de Secchi foi eliminado para ambas as represas.

A represa Tanque Grande foi classificada oligotrófica no inverno, exceto na estação de amostragem TG3 localizada na região pelágica, que foi classificada mesotrófica. No verão ocorreu o inverso, a represa foi classificada mesotrófica e a estação de amostragem TG3 foi classificada oligotrófica.

A represa Cabuçu no inverno recebeu a classificação oligotrófica para todas as estações de amostragem, dando-se o inverso no verão, em que foi classificada mesotrófica.

Com base na média anual do Índice do Estado Trófico, ambas as represas, Tanque Grande e Cabuçu, foram classificadas oligotróficas, exceto a estação de amostragem CB1 localizada próxima a entrada do principal tributário da represa Cabuçu, que foi classificada mesotrófica.

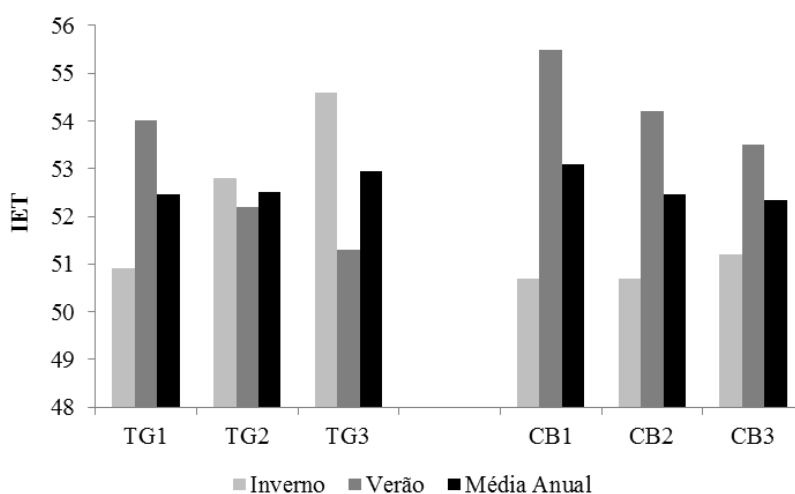


Figura 17. Índice do Estado Trófico das represas Tanque Grande e Cabuçu nos períodos de inverno e verão estudados.

Tabela 9. Índice do Estado Trófico (Lamparelli 2004) para as variáveis (clorofila-a e fósforo total), índice médio e a classificação anual. Legenda: Meso (mesotrófico), Oligo (oligotrófico).

Represa	Estação	IET Clo-a		IET PT		IET médio		Classificação		
		Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Anual
Tanque Grande	TG1	56.0	54.6	45.8	53.5	50.9	54.0	Oligo	Meso	Oligo
	TG2	58.2	55.1	47.3	49.3	52.8	52.2	Oligo	Meso	Oligo
	TG3	58.2	52.6	51.0	50.0	54.6	51.3	Meso	Oligo	Oligo
Cabuçu	CB1	52.6	58.5	48.7	52.4	50.7	55.5	Oligo	Meso	Meso
	CB2	53.2	57.1	48.3	51.3	50.7	54.2	Oligo	Meso	Oligo
	CB3	52.6	55.3	49.9	51.8	51.2	53.5	Oligo	Meso	Oligo

5.2. Estrutura da comunidade de diatomáceas planctônicas nas represas Tanque Grande e Cabuçu

5.2.1. Composição e diversidade de espécies

Foram identificados para as represas Cabuçu e Tanque Grande 63 táxons distribuídos em 33 gêneros (Fig. 18). Para a represa Tanque Grande, foram 43 táxons no inverno e 36 no verão, enquanto que na represa Cabuçu foram 23 e 26 táxons, respectivamente, no inverno e no verão (Fig. 19). Dessa forma, os números de táxons de nível espécie e infraespécie foram maiores na represa Tanque Grande do que na Cabuçu em ambos os períodos climáticos. Entre as estações de amostragem, as diferenças detectadas nos dois períodos climáticos foram pequenas, destacando-se as estações TG02 e TG03 por apresentarem maior riqueza de espécies no inverno. (Fig. 20). Os gêneros que tiveram maior representatividade na composição florística da comunidade planctônica foram: *Eunotia* (8 táxons), *Fragilaria* (5) e *Gomphonema* (4). Juntos, esses três gêneros contribuíram com 27% do total de táxons identificados. Os 13 gêneros que incluíram os maiores números de espécies contribuíram com 68% dos táxons identificados para o plâncton; e 32% dos gêneros (20) foram representados por uma única espécie. Os gêneros exclusivos da represa Tanque Grande foram: *Luticola*, *Rhopalodia* e *Craticula*. Na represa Cabuçu, ocorreram com exclusividade os gêneros *Cyclotella* e *Stephanocyclus*.

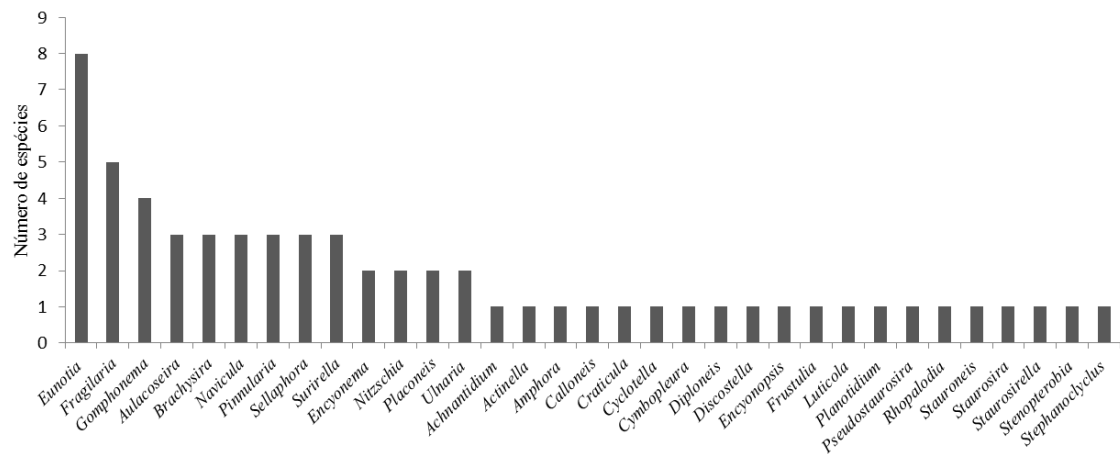


Figura 18. Número de espécies por gênero de diatomáceas planctônicas documentados nas represas Tanque Grande e Cabuçu durante o período de estudo.

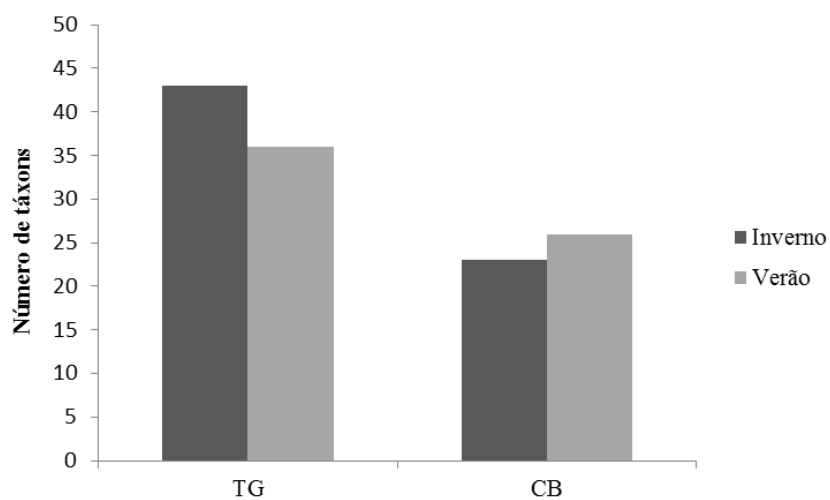


Figura 19. Riqueza de táxons identificados por represa nos períodos de inverno e verão do estudo. TG: Tanque Grande. CB: Cabuçu.

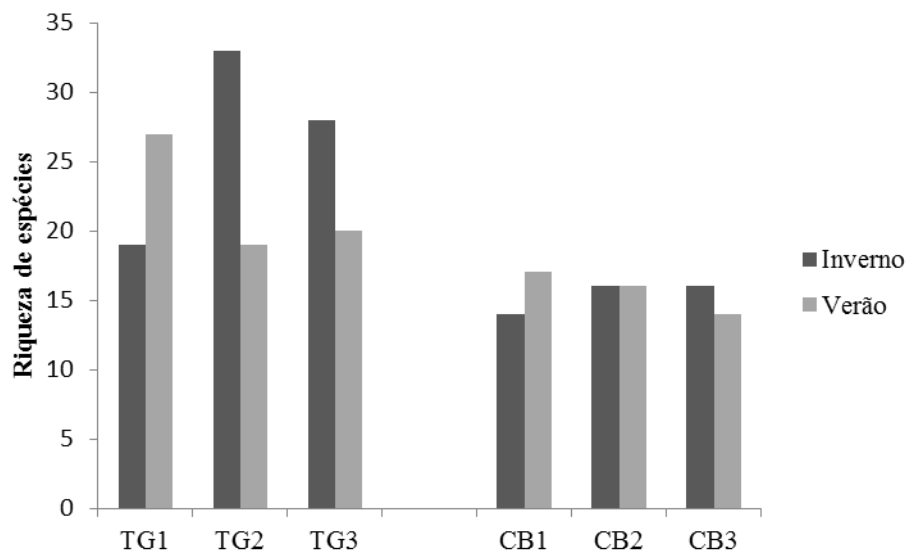


Figura 20. Riqueza de espécies planctônicas documentadas nas estações de amostragem das represas Tanque Grande e Cabuçu durante o período do estudo.

De acordo com a curva de dominância-diversidade representada pelo diagrama de Wittaker (Fig. 21), foi possível observar, de modo geral, uma estrutura semelhante entre as estações de amostragem. A represa Tanque Grande apresentou maior número de espécies raras durante o inverno, principalmente, na estação de amostragem TG01, enquanto que no verão observou-se uma repartição mais homogênea entre as espécies abundantes.

Na represa Cabuçu, o número de espécies foi menor quando comparado com o da represa Tanque Grande e observou-se, conseqüentemente, uma menor diversidade. Porém, não foram detectadas grandes mudanças entre as estruturas de diatomáceas dos dois períodos climáticos.

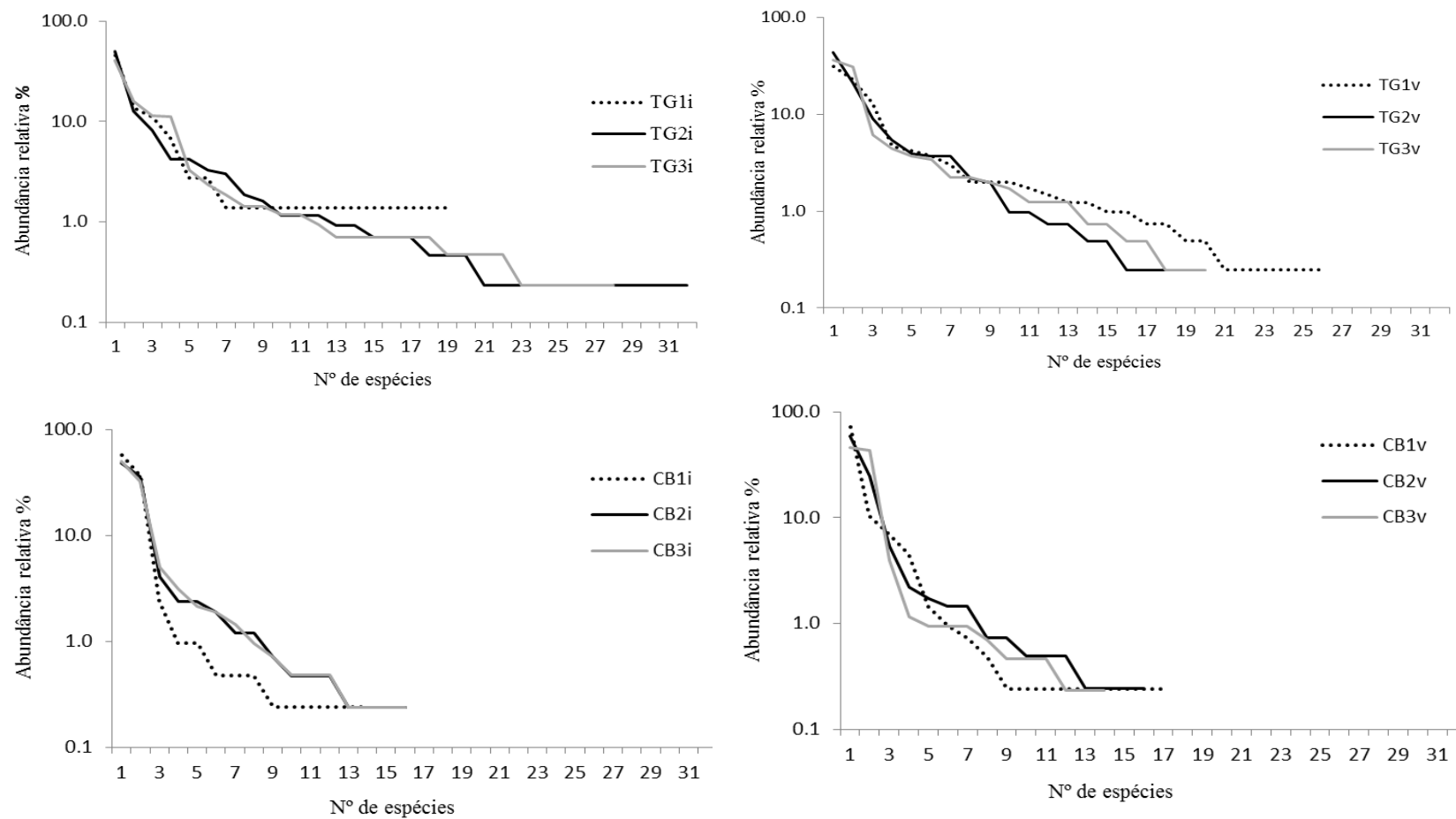


Figura 21. Curva de dominância-diversidade das diatomáceas planctônicas nas represas Tanque Grande (TG) e Cabuçu (CB) nos períodos de inverno e verão do presente estudo. Eixo y logaritmizado na base de 10.

Avaliando os atributos de diversidade (Tab. 11), riqueza específica (S) foi maior na represa Tanque Grande do que na Cabuçu e diferenças intracompartimento foram menos evidentes, mas foi possível notar maior riqueza no inverno na represa Tanque Grande, destacando-se a estação de amostragem TG03 (Fig. 22a) visto que, foi a estação mais rica. A dominância apresentou tendência inversa à da riqueza, sendo nitidamente maior na represa Cabuçu (Fig. 22b). A equitatividade seguiu o mesmo padrão da riqueza, pois seus maiores valores foram medidos na represa Tanque Grande mostrando, com isso, uniformidade entre as abundâncias específicas e concordando com as tendências das curvas de dominância-diversidade.

No que tange aos índices de diversidade, tanto o de Simpson (Fig. 22d) quanto o de Shannon (Fig. 22c) apresentaram seus maiores valores na represa Tanque Grande, concordando com os valores de riqueza. Em resumo, a organização estrutural da comunidade de diatomáceas planctônicas apresentou maior riqueza, baixa dominância, maior diversidade e distribuição uniforme dos indivíduos na represa Tanque Grande. O inverso foi notado quanto à estrutura da mesma comunidade na represa Cabuçu, com exceção da equitatividade (Fig. 22e) que também apresentou valores que denotaram certa uniformidade na comunidade, porém, com poucas espécies e, portanto, com menor diversidade.

Tabela 10. Riqueza (S), dominância (D), Índice de diversidade de Shannon (H'), Índice de diversidade de Simpson (1-D) e equitatividade (E) para as represas Tanque Grande e Cabuçu durante o período de estudo. Legenda: i (inverno) e v (verão).

Estação de amostragem	Riqueza (S)	Dominância (D)	Índice de Shannon bits ind ⁻¹ (H')	Índice de Simpson (1-D)	Equitatividade (E)
TG01i	19	0,24	2,02	0,76	0,69
TG02i	32	0,28	2,02	0,72	0,58
TG03i	38	0,22	2,09	0,78	0,63
TG01v	26	0,17	2,25	0,83	0,69
TG02v	19	0,25	1,87	0,75	0,63
TG03v	20	0,24	1,92	0,76	0,64
CB01i	14	0,45	1,03	0,55	0,39
CB02i	16	0,36	1,38	0,64	0,50
CB03i	16	0,36	1,40	0,64	0,51
CB01v	17	0,54	1,09	0,46	0,38
CB02v	16	0,42	1,30	0,58	0,47
CB03v	14	0,40	1,18	0,60	0,45

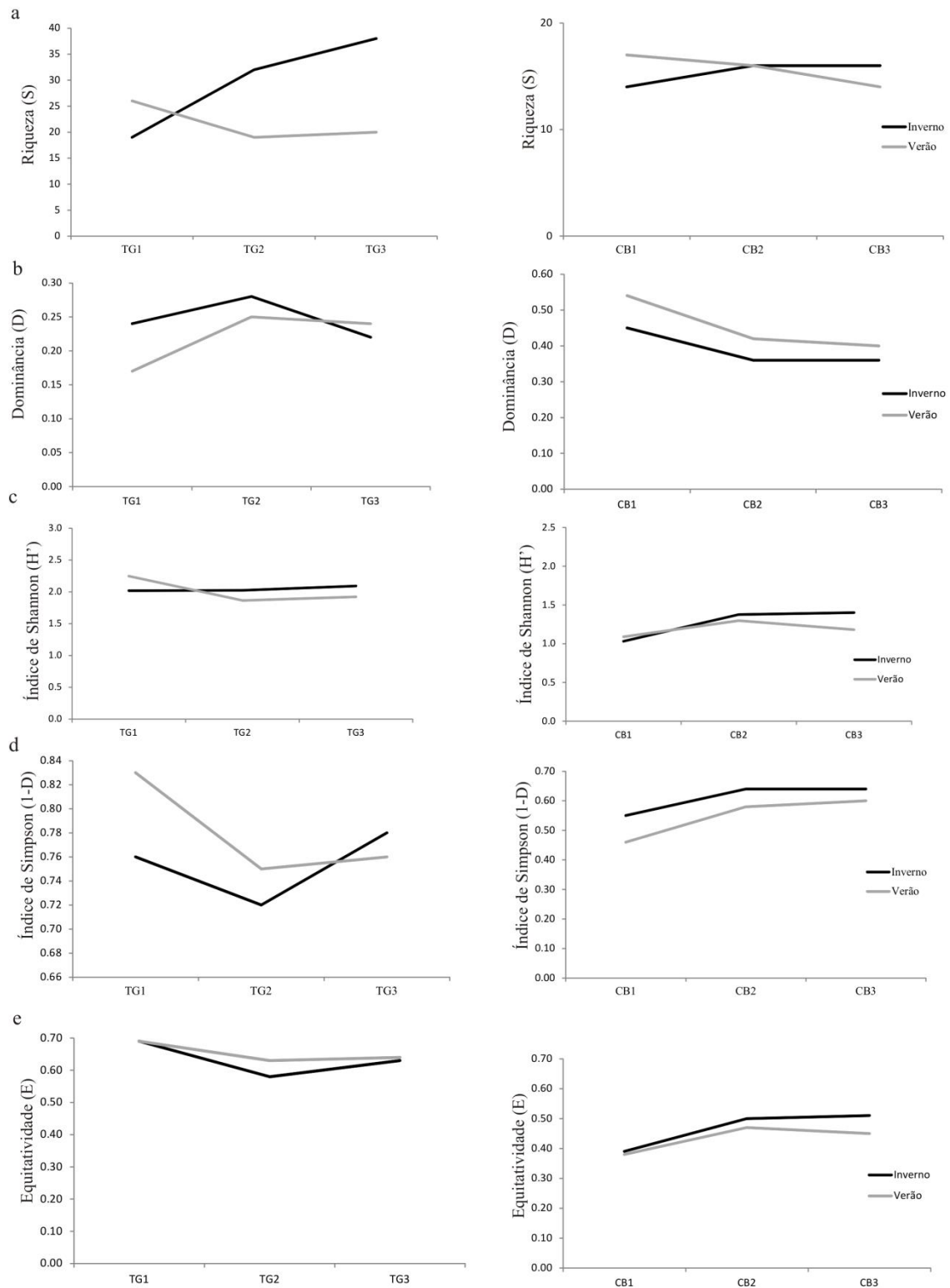


Figura 22. Riqueza de espécies (a), Dominância (b), Diversidade de Shannon (c), Diversidade de Simpson (d) e Equitatividade (e) das diatomáceas plancônicas das represas Tanque Grande e Cabuçu no período de inverno e verão do presente estudo.

Dos 65 táxons planctônicos identificados, oito foram considerados abundantes e dois (*Staurosira construens* e *Discostella stelligera*), dominantes. Os códigos e autorias dos táxons de diatomáceas planctônicas abundantes e dominantes nas represas Tanque Grande e Cabuçu constam na tabela 12.

É importante ressaltar que durante o inverno na estação TG01 não foi possível utilizar um dos critérios para o estabelecimento do limite de quantificação, o da contagem mínima de 400 valvas; porém, o limite foi atingido para os outros dois critérios (curva de rarefação de espécies e eficiência de contagem mínima de 90%).

No período de inverno (Fig. 23a), seis espécies foram consideradas abundantes na represa Tanque Grande, a saber: *Staurosira construens*, *Aulacoseira tenella*, *Discostella stelligera*, *Brachysira neoexilis*, *Aulacoseira ambigua* e *Pseudostaurosira parasitica*, não havendo espécies dominantes. *Staurosira construens* foi a espécie mais abundante em todas as estações de amostragem contribuindo, em média, com 45% da densidade total da comunidade, quase chegando a ser dominante. No verão, obteve-se o mesmo número de espécies abundantes, como segue: *Staurosira construens*, *Discostella stelligera*, *Achnantheidium catenatum*, *Staurosirella pinnata*, *Brachysira neoexilis* e *Aulacoseira tenella*. Também não houve dominância, sendo *Staurosira construens* novamente a espécie que mais contribuiu com a densidade total. Dessa forma, a densidade de diatomáceas na represa Tanque Grande não apresentou tendência de variação conforme o período climático considerado.

Para a represa Cabuçu, foi obtida menor riqueza (Fig. 23b) e duas espécies foram marcadamente abundantes no inverno, quais sejam: *Discostella stelligera* e *Aulacoseira tenella*. Ainda, *Discostella stelligera* foi dominante nas estações CB01 e CB03, contribuindo com 56,7% e 50% da densidade total de cada estação, respectivamente. Na estação CB02, não houve espécie dominante sendo *Discostella stelligera* a que mais contribuiu com a densidade total na referida estação. Considerando o período do verão, três espécies foram consideradas descritoras da comunidade (abundantes), a saber: *Discostella stelligera*, *Aulacoseira tenella* e *Staurosira construens*, sendo esta última abundante somente na estação CB01. Da mesma maneira que no inverno, *Discostella stelligera* foi dominante na estação CB01 contribuindo com mais de 70% para a densidade total e na estação CB02 com uma contribuição de mais de 50%. Na estação de amostragem CB03, não houve dominância, mas *Discostella stelligera* foi a espécie mais bem representada com uma abundância de 46,3%.

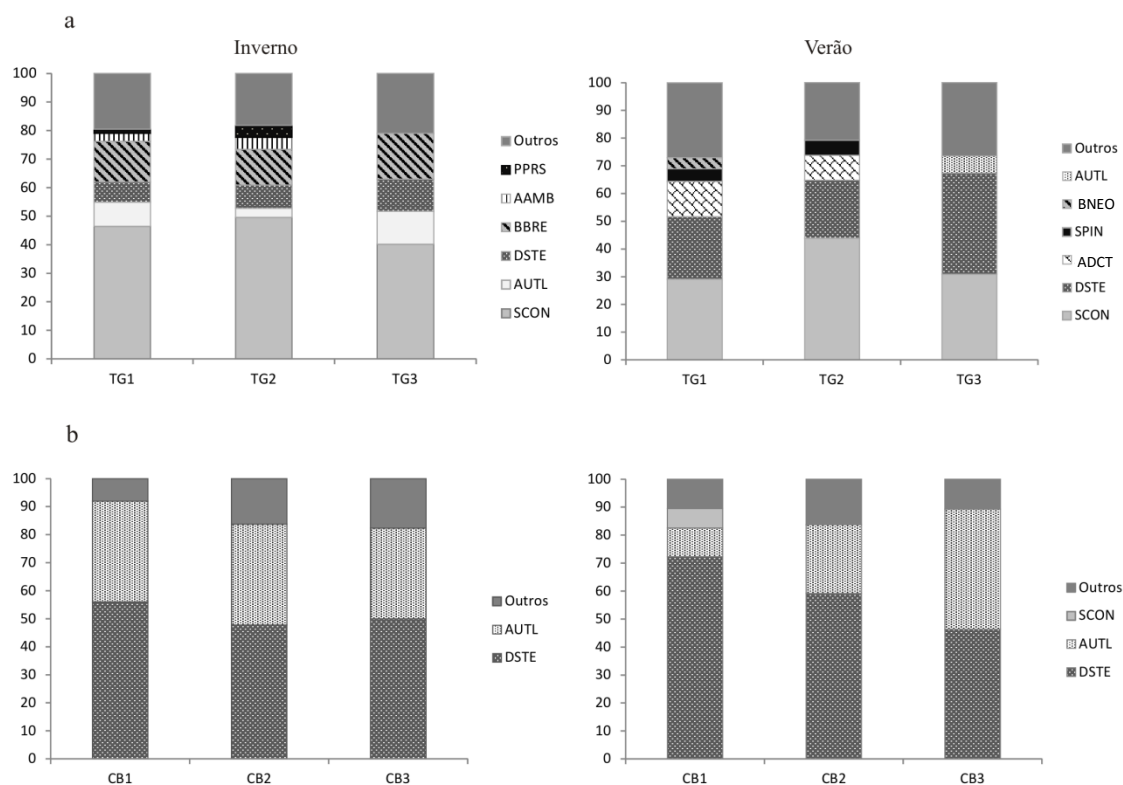


Figura 23. Abundância relativa (%) das diatomáceas planctônicas com contribuição conjunta acima de 70% nas represas Tanque Grande e Cabuçu nos períodos de inverno e verão do presente estudo.

Tabela 11. Códigos das diatomáceas planctônicas abundantes e dominantes nas represas Tanque Grande e Cabuçu, segundo o programa OMNIDIA.

CÓDIGO	TÁXON
AAMB	<i>Aulacoseira ambigua</i> (Grunow) Simonsen
	<i>Achnantheidium catenatum</i> (Bily & Marvan) Lange-
ADCT	Bertalot
AUTL	<i>Aulacoseira tenella</i> (Nygaard) Simonsen
BNEO	<i>Brachysira brebissonii</i> Ross
DSTE	<i>Discostella stelligera</i> (Cleve & Grunow) Houk & Klee
PPRS	<i>Pseudostaurosira parasitica</i> (W. Smith) Morales
SCON	<i>Staurosira construens</i> Ehrenberg
SPIN	<i>Staurosirella pinnata</i> (Ehrenberg) Williams & Round

5.2.2 Avaliação conjunta das diatomáceas planctônicas

A similaridade das diatomáceas entre as unidades amostrais foi providenciada a partir da análise de coordenadas principais (PCoA), considerando as espécies cuja contribuição foi $\geq 2\%$ da densidade total da amostra (Tab. 8). Esta análise resumiu

71,6% da variabilidade conjunta dos dados em seus dois primeiros eixos (Fig. 24, Tab. 13, 14).

O eixo 1 ordenou do lado positivo as estações de amostragem da represa Tanque Grande associadas ($r > 0,5$), principalmente, com *Staurosirella pinnata* (SPIN), *Staurosira construens* (SCON), *Sellaphora ventraloconfusa* (SVTC), *Encyonopsis subminuta* (ESUM), *Encyonema silesiacum* (ESLE), *Brachysira brebissonii* (BBRE) e *Brachysira neoexilis* (BNEO). Do lado negativo do mesmo eixo, posicionaram-se todas as estações de amostragem da represa Cabuçu inversamente associadas com as espécies antes mencionadas e, principalmente, com os maiores valores de abundância ($r > 0,8$) das espécies *Discostella stelligera* (DSTE) e *Aulacoseira tenella* (AUTL).

Embora o eixo 2 não tenha mostrado significância ($p = 0,73$), houve nítida tendência para a variação das estações de amostragem em relação à sazonalidade. Do lado positivo do eixo, ordenaram-se as estações de amostragem das represas Tanque Grande e Cabuçu relacionadas com o período do verão e associadas com os maiores valores de densidade ($r > 0,7$) das espécies *Achnanthyidium catenatum* (ADCT) e *Brachysira neoexilis* (BNEO). Foi possível perceber a ordenação separada das represas ao longo do eixo 2. Do seu lado negativo, ordenaram-se as estações de amostragem das represas Tanque Grande e Cabuçu relacionadas com o período de inverno, que associaram negativamente com as espécies acima mencionadas e junto com os maiores valores de densidade total ($r > 0,4$) das espécies *Navicula cryptocephala* (NCTI) e *Gomphonema gracile* (GGRA).

Tabela 12. Correlações das espécies com os dois primeiros eixos da Análise de Coordenadas Principais.

Variável	Eixo 1	Eixo 2	Variável	Eixo 1	Eixo 2
ADCT	0,340	0,861	ESLE	0,679	0,335
AAMB	0,082	-0,286	ESUM	0,536	0,549
AUTL	-0,885	-0,210	GGRA	0,318	-0,443
BNEO	0,581	0,765	NCTI	0,182	-0,520
BBRE	0,562	-0,747	SVTC	0,555	0,611
BMIC	-0,506	-0,153	SCON	0,965	-0,204
DSTE	-0,882	0,346	SPIN	0,740	0,466

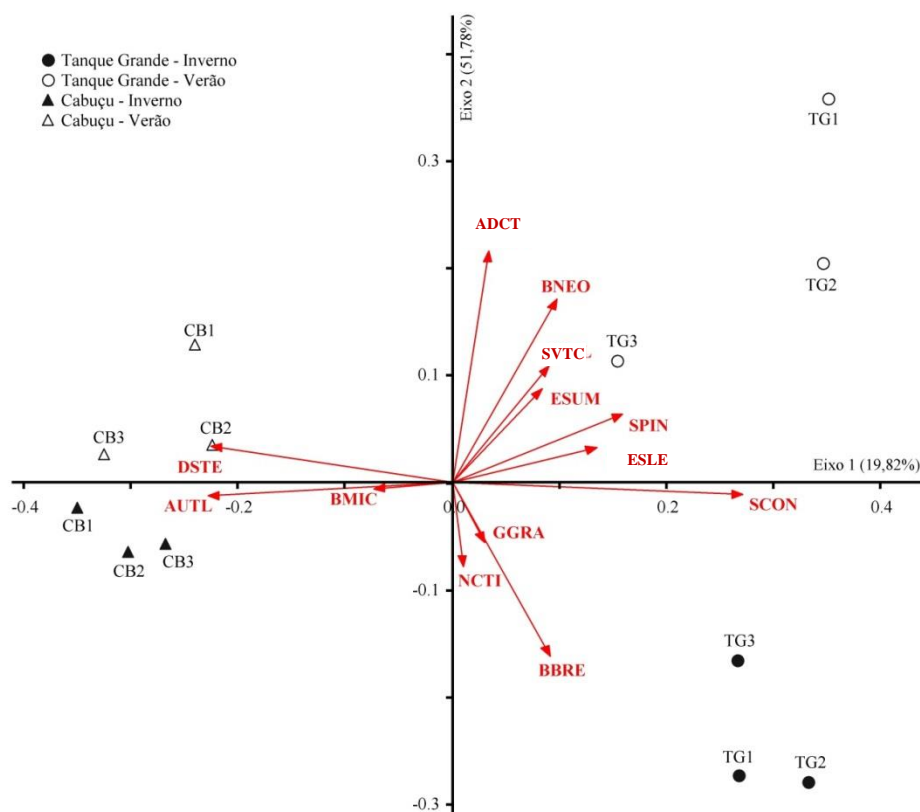


Figura 24. Ordenação pela Análise de Coordenadas Principais (PCoA) das estações de amostragem das represas Tanque Grande (TG) e Cabuçu (CB) com base nas 14 espécies de diatomáceas planctônicas com contribuição $\geq 2\%$ nos períodos de inverno e verão do presente estudo. Códigos das espécies segundo tabela 15.

Tabela 13. Síntese da PCoA realizada a partir de 14 espécies de diatomáceas

	Eixo 1	Eixo 2
Autovalor	1,0180	0,38985
Porcentagem de variância explicada	51,78	19,82
Porcentagem de variância acumulada	51,78	71,6
Randomizações do eixo "p"	0,001	0,737

Tabela 14. Relação das diatomáceas com contribuição $\geq 2\%$ nas represas Tanque Grande e Cabuçu com suas autorias e respectivos códigos, segundo o programa OMNIDIA.

CÓDIGO	TÁXON
AAMB	<i>Aulacoseira ambigua</i> (Grunow) Simonsen
ADCT	<i>Achnantheidium catenatum</i> (Bily & Marvan) Lange-Bertalot
AUTL	<i>Aulacoseira tenella</i> (Nygaard) Simonsen
BBRE	<i>Brachysira brebissonii</i> Ross
BMIC	<i>Brachysira microcephala</i> (Grunow) Compère
BNEO	<i>Brachysira neoexilis</i> Lange-Bertalot
DSTE	<i>Discostella stelligera</i> (Cleve & Grunow) Houk & Klee
ESLE	<i>Encyonema silesiacum</i> (Bleisch in Rabh.) D. G. Mann
ESUM	<i>Encyonopsis subminuta</i> Krammer & Reichardt
GGRA	<i>Gomphonema gracile</i> Ehrenberg
NCTI	<i>Navicula cryptocephala</i> f. <i>terrestris</i> J.W.G. Lund
SCON	<i>Staurosira construens</i> Ehrenberg
SVTC	<i>Sellaphora ventralocunfusa</i> (Lange-Bertalot) Metzeltin & Lange-Bertalot
SPIN	<i>Staurosirella pinnata</i> (Ehrenberg) Williams & Round

5.2.3. Avaliação integrada dos dados

A integração da matriz de espécies com os dados ambientais foi realizada a partir da Análise de Correspondência Canônica (CCA) utilizando os 14 táxons que tiveram contribuição $\geq 2\%$ e cinco variáveis ambientais (temperatura, nitrogênio total, fósforo total, sílica solúvel reativa e transparência da água).

A ACC resumiu 60,9% da variabilidade conjunta dos dados em seus dois primeiros eixos, com autovalores (eixo 1 = 0,414; eixo 2 = 0,281), ambos considerados estatisticamente significativos ($p = 0,004$) pelo teste de randomização de Monte Carlo. As correlações espécie-ambiente (eixo 1 = 0,968; eixo 2 = 0,978) foram altas e significativas para os dois eixos ($p = 0,011$), indicando forte correlação das variáveis abióticas com a distribuição das variáveis biológicas em função do período estudado e das unidades amostrais (Fig. 25, Tab. 16).

De acordo com os coeficientes canônicos e as correlações ‘intra-set’, a profundidade de desaparecimento do disco de Secchi, ou seja, a transparência da água (0,923), ao lado da concentração de nitrogênio total (0,657) foram as variáveis mais importantes para a ordenação do eixo 1, enquanto que fósforo total (-0,732) e temperatura da água (-0,661) foram importantes na construção do eixo 2 (Tab. 17).

Analisando graficamente a CCA é possível observar a formação de três grupos de estações de amostragem. Do lado direito do eixo 1, ordenaram-se as unidades amostrais da represa Cabuçu dos períodos de inverno e do verão associadas aos maiores valores de transparência da água e da concentração de nitrogênio total. Neste grupo, observou-se que as espécies *Aulacoseira tenella* (AUTL), *Discostella stelligera* (DSTE) e *Brachysira microcephala* (BMIC) foram as que mais se associaram a esse conjunto. O segundo grupo, ordenado do lado positivo do eixo 2, associou-se aos menores valores de nitrogênio total e de fósforo total e foi constituído pelas unidades amostrais do período de inverno da represa Tanque Grande, vendo que *Brachysira brebissonii* (BBRE) foi a espécie mais associada a essas unidades amostrais. O terceiro grupo posicionou-se do lado negativo do eixo 2 e compreendeu as unidades amostrais da represa Tanque Grande do período verão associadas aos maiores valores de temperatura e fósforo total. As espécies mais associadas a este grupo foram *Brachysira neoexilis* (BNEO) e *Sellaphora sp.* (SELL). As correlações das espécies há pouco mencionadas com os principais eixos estão listadas na tabela 18.

Conforme a CCA, a estrutura da comunidade de diatomáceas planctônicas foi influenciada por variáveis ambientais, pela diferença entre as represas e também pelo período climático. Ainda, a análise da CCA e da PCoA permitiu notar que as espécies que se associam aos grupos formados permanecem praticamente as mesmas, mostrando resultados consistentes.

Tabela 15. Síntese da ACC entre as variáveis biológicas e as abióticas nas represas Tanque Grande e Cabuçu mostrando os dois primeiros componentes principais.

	Eixo 1	Eixo 2
Autovalor (λ)	0,414	0,281
Porcentagem de variância explicada	36,3	24,6
Porcentagem de variância acumulada	36,3	60,9
Correlação de Pearson (espécie-ambiente)	0,968	0,978
Teste de Monte Carlo	Autovalor	0,004
	Correlação espécie-ambiente	0,011

Tabela 16. Coeficientes canônicos e relações “intra-set” das variáveis abióticas com os eixos 1 e 2 da Análise de Correspondência Canônica (CCA).

	Coeficiente Canônico		Coeficiente de Correlação ‘intra-set’	
	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 1	Eixo 2
<i>PT</i> : Fósforo total	-0,143	-0,716	-0,148	-0,732
<i>NT</i> : Nitrogênio total	0,636	-0,263	0,657	-0,269
<i>Secchi</i> : Transparência da água	0,894	0,263	0,923	0,269
<i>SSR</i> : Sílica	0,459	-0,435	-0,474	-0,444
<i>Temp</i> : Temperatura	-0,603	-0,647	-0,623	0,269

Tabela 17. Correlações das espécies com os eixos 1 e 2 na CCA das represas Tanque Grande e Cabuçu.

Variável	Eixo 1	Eixo 2	Variável	Eixo 1	Eixo 2
AAMB	0,300	0,137	ENMS	-0,367	-0,075
ADMI	-0,208	-0,559	ESUM	-0,51	-0,248
AUTL	1,244	0,012	GGRA	0,119	0,723
BBRE	-0,697	1,796	NCTI	-0,006	0,733
BMIC	1,714	-0,052	SCON	-0,806	0,506
BNEO	-1,266	-1,129	SELL	-0,985	-1,001
DSTE	0,987	-0,369	SPIN	-1,134	-0,311

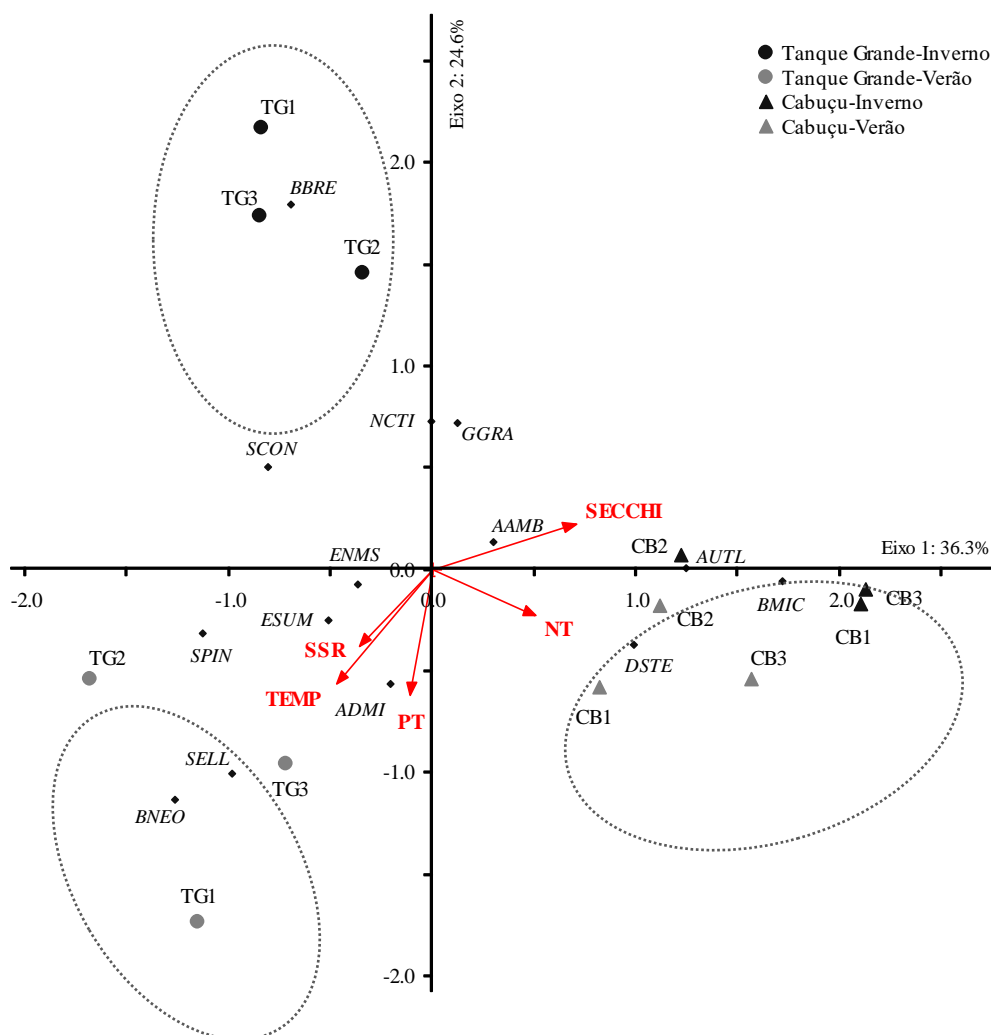


Figura 25. Ordenação pela CCA das unidades amostrais das represas Tanque Grande e Cabuçu durante os períodos de inverno e verão do presente estudo. Legenda: TG: Tanque Grande; CB: Cabuçu. Código das espécies de diatomáceas planctônicas conforme tabela 15.

5.3. Estrutura da comunidade de diatomáceas dos sedimentos superficiais nas represas Tanque Grande e Cabuçu

5.3.1. Composição e diversidade de espécies

Foram encontrados 60 táxons entre espécies, variedades e formas taxonômicas nos sedimentos superficiais das represas Tanque Grande e Cabuçu, os quais foram distribuídos em 31 gêneros (Fig. 26), entre os quais os mais bem representados foram: *Pinnularia* (8 táxons), *Eunotia* (7), *Navicula* (4), *Luticula* (4), *Encyonema* (3), *Gomphonema* (3) e *Staurosirella* (3 táxons). Estes gêneros juntos representaram 53,3%

da riqueza específica das represas estudadas. Vinte gêneros foram representados por apenas uma espécie, contribuindo com 33,3% dos táxons identificados.

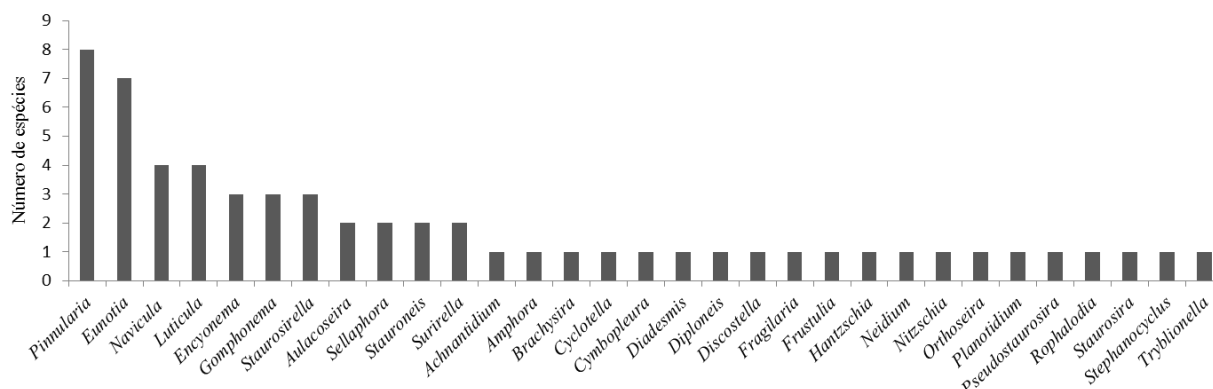


Figura 26. Distribuição dos gêneros identificados dos sedimentos superficiais das represas Tanque Grande e Cabuçu.

A riqueza de espécies nas duas represas foi semelhante, porém, levemente maior na Tanque Grande (72 táxons) do que na Cabuçu (67 táxons). Considerando as estações de amostragem (Fig. 27), TG03 e CB01 foram as mais bem representadas em termos de número de espécies (30) e a estação com menor número de espécies foi CB02 (16). Levando em consideração a densidade de valvas por unidade de massa seca dos sedimentos, a represa Cabuçu apresentou os maiores valores com o máximo de 43913 valvas gMS^{-1} , número este bem menor em Tanque Grande que apresentou valor máximo de 5355,7 valvas gMS^{-1} . Note-se que a densidade foi decrescente no sentido da região pelágica em Tanque Grande, enquanto que o inverso aconteceu em Cabuçu, isto é, à medida que se aumentou a profundidade a densidade de valvas também aumentou (Fig. 28).

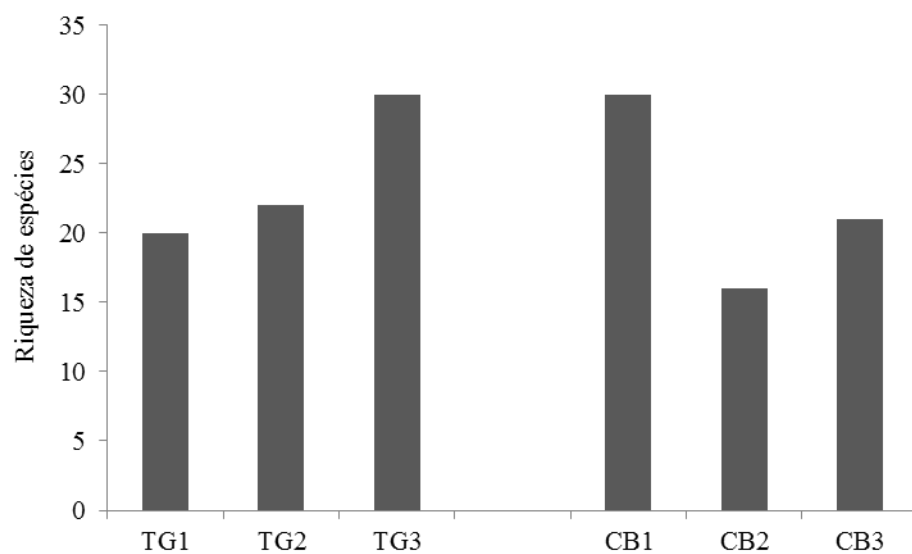


Figura 27. Riqueza em espécies de diatomáceas nos sedimentos superficiais nas estações de amostragem das represas Tanque Grande e Cabuçu durante o período do estudo.

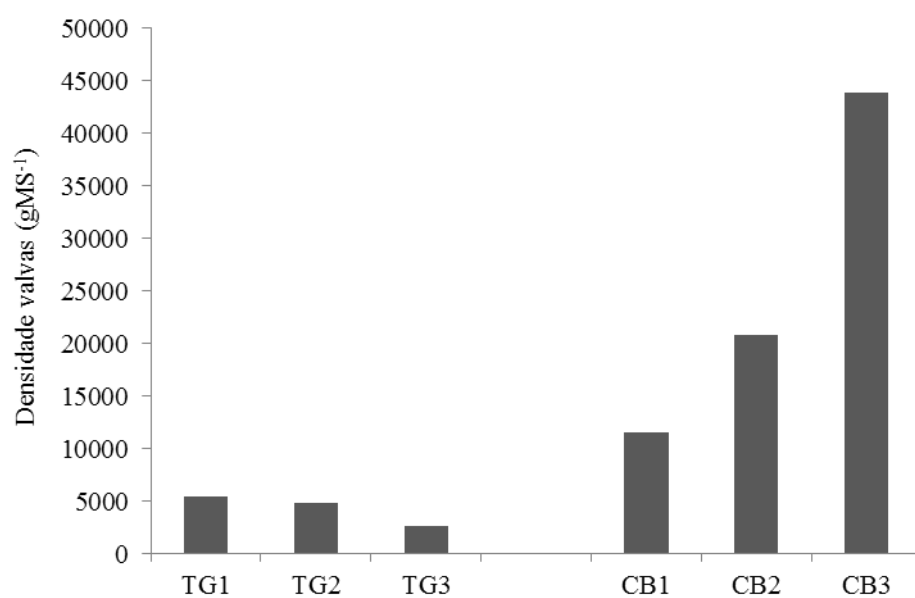


Figura 28. Densidade de diatomáceas (valvas por grama de massa seca) nos sedimentos superficiais das represas Tanque Grande e Cabuçu durante o período do estudo.

Entre os 60 táxons identificados dos sedimentos superficiais, duas espécies foram expressivamente dominantes, a saber: *Staurosira construens* contribuindo com 66,9% em TG01, 64,8% em TG02 e 54,4% em TG03 e *Aulacoseira tenella* contribuindo com 69,4% em CB03. Na represa Tanque Grande, sete espécies ocorreram com densidades acima da média sendo, portanto, consideradas abundantes e foram elas: *Staurosira construens*, *Aulacoseira tenella*, *Staurosirella pinnata* e *Discostella stelligera*. Nas estações de amostragem da represa Cabuçu, as espécies que mais contribuíram foram: *Staurosira construens*, *Aulacoseira tenella* e *Discostella stelligera*, sendo que as duas últimas foram as mais representativas (Fig. 29). As abreviações dos táxons constam na tabela 19.

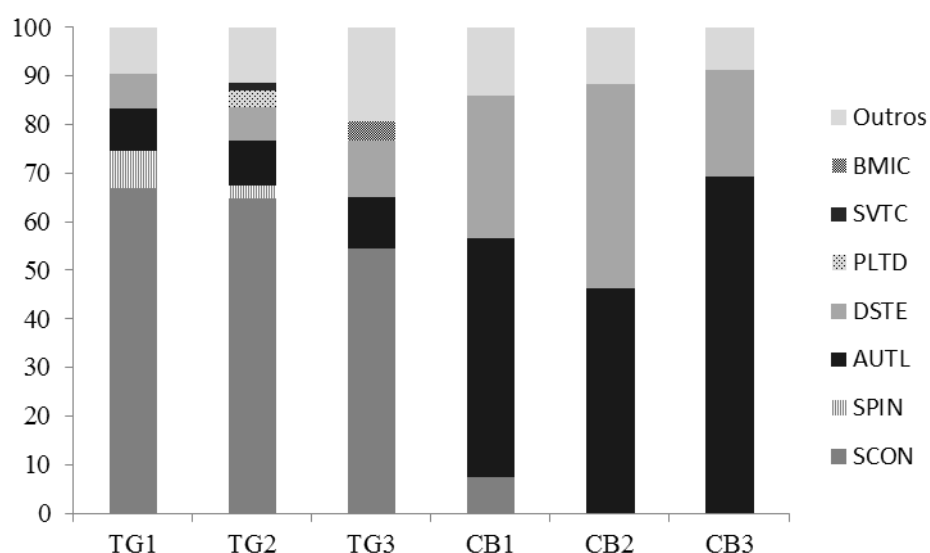


Figura 29. Abundância relativa das espécies de diatomáceas abundantes nos sedimentos superficiais, com contribuição conjunta > 80%, presentes nas represas Tanque Grande (TG) e Cabuçu (CB).

Tabela 18. Códigos das diatomáceas abundantes presentes nos sedimentos superficiais das represas Tanque Grande e Cabuçu durante o período do presente estudo.

CÓDIGO	TÁXON
AUTL	<i>Aulacoseira tenella</i> (Nygaard) Simonsen
BMIC	<i>Brachysira microcephala</i> (Grunow) Compère
DSTE	<i>Discostella stelligera</i> (Cleve & Grunow) Houk & Klee
SCON	<i>Staurosira construens</i> Ehrenberg
SPIN	<i>Staurosirella pinnata</i> (Ehrenberg) Williams & Round
PLTD	<i>Planothidium</i> sp.
SVTC	<i>Sellaphora ventraloconfusa</i> (Lange-Bertalot) Metzeltin & Lange-Bertalot

O índice de diversidade de Shannon foi baixo em todas as estações de amostragem variando de 1,1 (CB03) a 1,8 (TG03). De maneira diferente, o índice de Simpson apresentou valores intermediários, com seu máximo ocorrendo nas estações TG03 e CB01 (0,67 para ambas as estações). Todavia, a baixa equitatividade (valores entre 0,3 a 0,5) indicou baixa repartição na comunidade, com abundância de poucas espécies (Tab. 20). Realmente, de acordo com a curva de dominância-diversidade (Fig. 30) pôde-se observar que a estrutura da comunidade de diatomáceas dos sedimentos superficiais foi semelhante entre as estações de amostragem, lembrando-se o modelo de distribuição logarítmico normal caracterizado por abundância de poucas espécies e presença de muitas espécies raras.

Tabela 19. Riqueza, Índice de diversidade de Shannon, Índice de diversidade de Simpson e Equitatividade para as diatomáceas presentes nos sedimentos superficiais das represas Tanque Grande (TG) e Cabuçu (CB) durante o período deste estudo.

Estação de amostragem	Riqueza (S)	Índice de Shannon bits ind ⁻¹	Índice de Simpson (1-D)	Equitatividade (E)
TG01	20	1,32	0,53	0,44
TG02	24	1,51	0,56	0,47
TG03	29	1,84	0,67	0,55
CB01	30	1,60	0,67	0,47
CB02	16	1,24	0,61	0,45
CB03	22	1,08	0,48	0,35

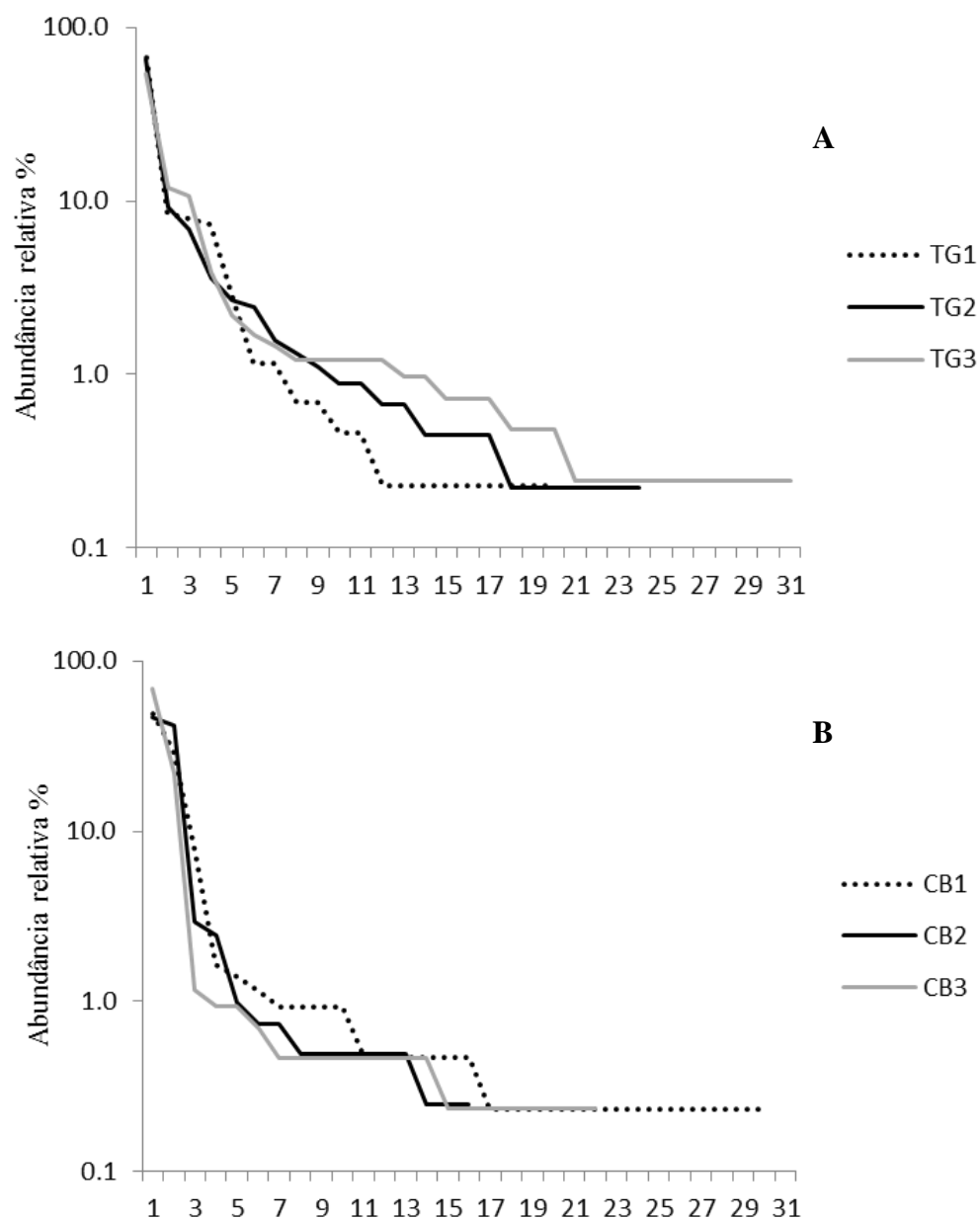


Figura 30. Curva de dominância-diversidade das diatomáceas presentes nos sedimentos superficiais das represas A: Tanque Grande (TG) e B: Cabuçu (CB) durante o período do estudo. Eixo y logaritmizado na base de 10.

5.3.2. Avaliação conjunta das espécies de diatomáceas dos sedimentos superficiais

Com base nas abundâncias relativas das espécies que tiveram contribuição > 1%, que totalizou 15 táxons, avaliou-se a semelhança entre as estações de amostragem das represas Tanque Grande e Cabuçu a partir do Índice de Similaridade de Bray-Curtis.

Analisando o gráfico (Fig. 31) e aplicando o corte de 50% é possível perceber que as represas formaram dois grandes grupos que se subdividiram.

O primeiro grupo foi formado pela represa Tanque Grande e subdividiu-se de forma que TG01 e TG02 são 100% similares. Essas estações estão localizadas mais a montante do principal tributário e a esse grupo estão associadas as espécies: *Planothidium* sp. (PLTD), *Sellaphora ventraloconfusa* (SVTC), *Staurosira construens* (SCON), *Pseudostaurosira parasitica* (PPRS) e *Staurosirella pinnata* (SPIN). Isolada, a estação TG03 localizada na região mais profunda do reservatório, próximo da barragem, apresentou similaridade de 52,9% e as espécies mais abundantes foram: *Brachysira microcephala* (BMIC), *Eunotia bilunaris* (EBIL), *Eunotia camelus* (ECAM), *Eunotia monodon* (EMON), *Gomphonema gracile* (GGRA) e *Nitzschia amphibia* (NAMP).

O segundo grupo foi formado pela represa Cabuçu e seguiu o mesmo padrão anterior de agrupamento. As estações CB01 e CB02 mostraram-se mais semelhantes entre si (89,1%) e associaram-se a essas estações, principalmente, *Aulacoseira tenella* (AUTL) e *Discostella stelligera* (DSTE). A estação CB03 foi a mais diferente dentro da represa (73,4% de similaridade) associada, principalmente, com *Pinnularia subanglica* (PSAG) e *Aulacoseira tenella* (AUTL).

Esta análise agrupou as estações de amostragem de acordo com a distribuição espacial das espécies existentes nas represas. As estações próximas às entradas dos principais tributários diferiram das estações localizadas próximo à barragem, onde a profundidade da represa foi maior. As abreviações dos táxons constam na tabela 24.

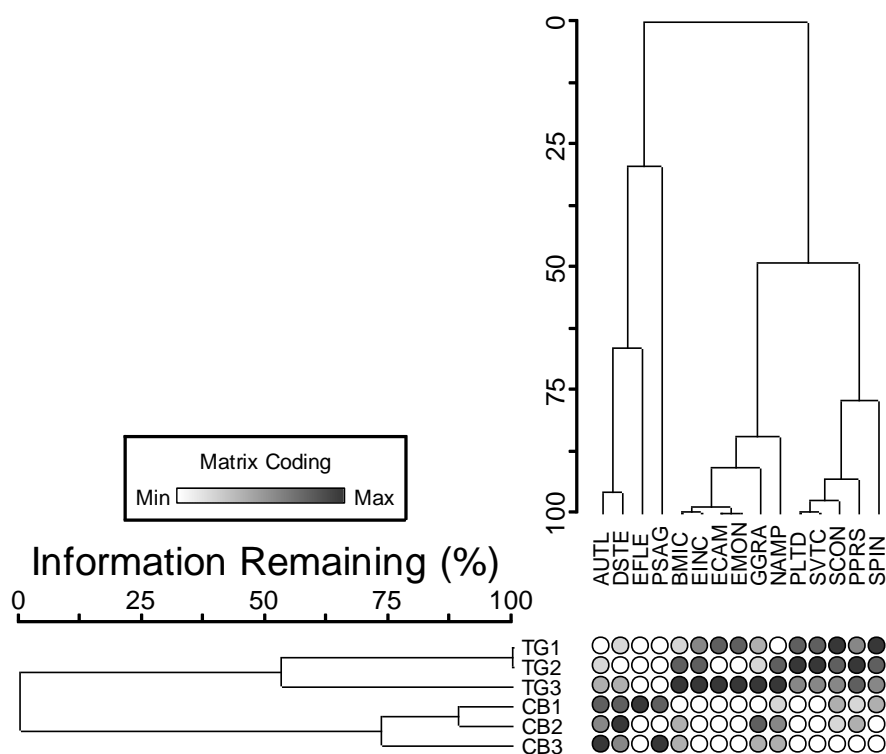


Figura 31. Análise de similaridade de Bray-Curtis das diatomáceas dos sedimentos superficiais das estações de amostragem das represas Tanque Grande (TG) e Cabuçu (CB), baseada em 15 espécies (contribuição > 1%) e seis estações de amostragem. Código das espécies conforme tabela 24.

A análise de correspondência canônica (CCA) realizada para ordenar as unidades amostrais das represas Tanque Grande e Cabuçu a partir de 15 táxons presentes nos sedimentos superficiais (com contribuição individual > 1%) e quatro variáveis abióticas da água (nitrogênio total, fósforo total, sílica solúvel reativa e transparência) está sintetizada nas tabelas 21 e 22 e representada na figura 32.

A CCA resumiu 66,6% da variabilidade conjunta dos dados em seus dois primeiros eixos, com autovalores (eixo 1 = 0,703; eixo 2 = 0,315) estatisticamente significativos ($p = 0,02$) pelo teste de randomização de Monte Carlo. As correlações espécies-ambiente (eixo 1 = 0,999; eixo 2 = 0,993) foi bastante significativa ($p = 0,02$) indicando forte relação entre as variáveis abióticas da água e a densidade das espécies presentes nos sedimentos superficiais.

De acordo com os coeficientes canônicos e as correlações 'intra-set', a transparência da água (-1,684 e -0,997, respectivamente) e o fósforo total (-0,091 e -0,914, respectivamente) foram as variáveis mais importantes para a ordenação do eixo

1, enquanto que para a ordenação do eixo 2 nitrogênio total (1,556 e 0,591, respectivamente) foi a variável mais importante.

O eixo 1 (46% de explicabilidade) ordenou espacialmente as estações de amostragem das represas Tanque Grande e Cabuçu. Do lado negativo do referido eixo, ordenaram as estações da represa Cabuçu caracterizadas oligotróficas e relacionadas com os maiores valores de transparência da água, fósforo total, sílica reativa solúvel e nitrogênio total. As espécies *Pinnularia subanglica* (PSAG), *Aulacoseira tenella* (AUTL) e *Discostella stelligera* (DSTE) foram as que mais se associaram a esse eixo. Do lado positivo do mesmo eixo, ordenaram-se as estações de amostragem da represa Tanque Grande classificadas mesotróficas, associadas com os menores valores das mesmas variáveis antes mencionadas. As espécies que mais correlacionaram com a represa Tanque Grande foram: *Sellaphora ventraloconfusa* (SVTC), *Eunotia camelus* (ECAM), *Eunotia bilunaris* (EBIL), *Staurosirella pinnata* (SPIN) e *Staurosira construens* (SCON).

No eixo 2 (20,6% de explicabilidade) estão representadas as diferenças intracompartimentos das represas estudadas. No lado negativo, ordenaram-se as unidades amostrais das represas Tanque Grande e Cabuçu localizadas mais a jusante e próximas da entrada dos principais tributários. Essas estações (TG01, TG02 e CB01) estão relacionadas, principalmente, com os menores valores de transparência da água e associadas às espécies *Eunotia desmogonioides* (EDMG), *Sellaphora ventraloconfusa* (SVTC), *Planothidium* sp. (PLTD) e *Pseudostaurosira parasitica* (PPRS). Do lado positivo do referido eixo, ordenaram-se as unidades amostrais localizadas mais a montante (TG03, CB02 e CB03), ou seja, as estações com maior profundidade e situadas próximo da barragem. Em outras palavras, associaram-se com os maiores valores de nitrogênio total e às maiores densidades de *Gomphonema gracile* (GGRA), *Eunotia monodon* (EMON) e *Nitzschia amphibia* (NAMP). Código das espécies na tabela 24.

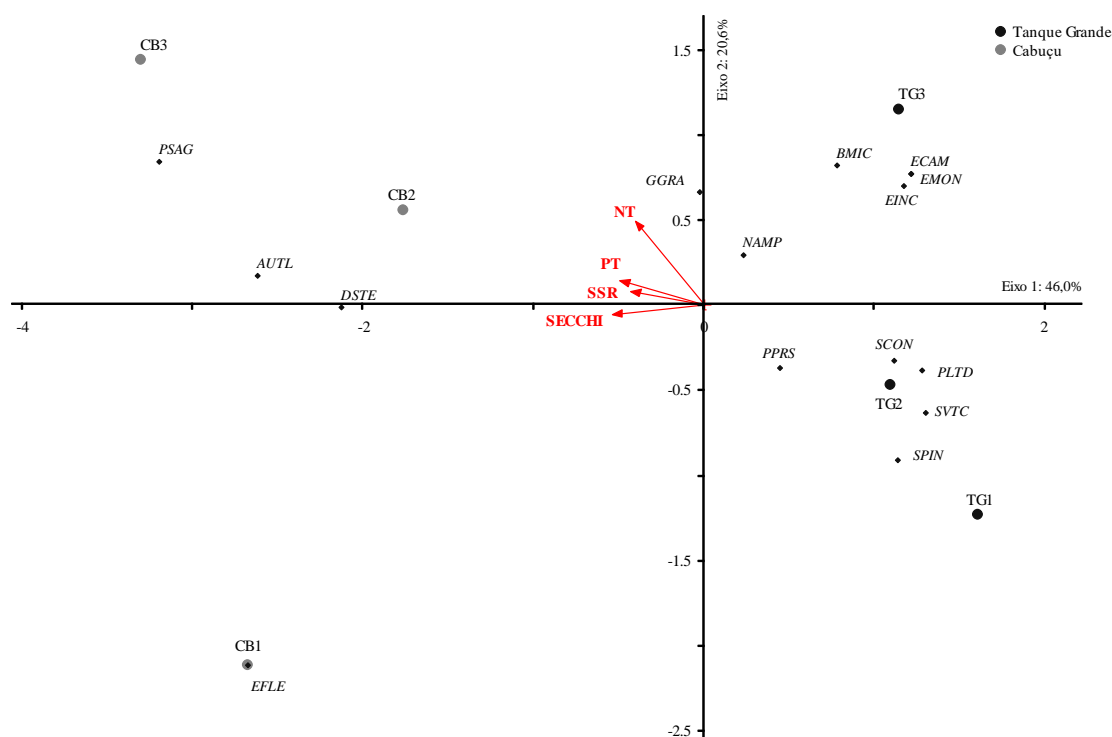


Figura 32. Ordenação pela análise de correspondência canônica (CCA) das unidades amostrais das represas Tanque Grande (TG) e Cabuçu (CB) em função de quatro variáveis abióticas da água (nitrogênio total, fósforo total, sílica solúvel reativa e transparência da água) e da abundância de 15 espécies (contribuição individual > 1%).

Tabela 20. Síntese da análise de correspondência canônica (CCA) entre as variáveis biológicas dos sedimentos superficiais e abióticas da água das represas Tanque Grande e Cabuçu e os dois primeiros componentes principais.

	Eixo 1	Eixo 2
Autovalor (λ)	0,703	0,315
Porcentagem de variância explicada	46,0	20,6
Porcentagem de variância acumulada	46,0	66,6
Correlação de Pearson (espécie-ambiente)	0,999	0,993
Teste de Monte Carlo	Autovalor	0,029
	Correlação espécie-ambiente	0,029

Tabela 21. Coeficientes canônicos e relações ‘intra-set’ das variáveis abióticas com os eixos 1 e 2 da Análise de Correspondência Canônica (CCA).

	Coeficiente Canônico		Coeficiente de Correlação ‘intra-set’	
	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 1	Eixo 2
PT: Fósforo total	-0,091	0,328	-0,914	0,176
NT: Nitrogênio total	-0,170	1,556	-0,752	0,591
SSR: Sílica	0,067	0,906	-0,799	0,096
Secchi: Transparência da água	-1,684	-2,202	-0,997	-0,065

Tabela 22. Correlação das espécies dos sedimentos superficiais com os eixos 1 e 2 na ACC das represas Tanque Grande e Cabuçu.

Variáveis	Eixo 1	Eixo 2	Variáveis	Eixo 1	Eixo 2
AUTL	-2,624	0,172	NAMP	0,23	0,289
BMIC	0,78	0,817	PSAG	-3,201	0,844
DSTE	-2,13	-0,015	PLTD	1,276	-0,386
ECAM	1,214	0,767	PPRS	0,445	-0,367
EDMG	-2,681	-2,118	SVTC	1,294	-0,631
EBIL	1,171	0,700	SCON	1,111	-0,325
EMON	1,214	0,767	SPIN	1,133	-0,915
GGRA	-0,030	0,663			

Tabela 23. Relação das diatomáceas dos sedimentos superficiais com contribuição > 1% nas represas Tanque Grande e Cabuçu, suas respectivas autorias e códigos, segundo o programa OMNIDIA.

CÓDIGO	TÁXON
AUTL	<i>Aulacoseira tenella</i> (Nygaard) Simonsen
BMIC	<i>Brachysira microcephala</i> (Grunow) Compère
DSTE	<i>Discostella stelligera</i> (Cleve & Grunow) Houk & Klee
ECAM	<i>Eunotia camelus</i> Ehrenberg
EDMG	<i>Eunotia desmogonioides</i> Metzeltin & Lange-Bertalot
EBIL	<i>Eunotia bilunaris</i> (Ehr.) Mills
EMON	<i>Eunotia monodon</i> Ehrenberg var. <i>monodon</i>
GGRA	<i>Gomphonema gracile</i> Ehrenberg
NAMP	<i>Nitzschia amphibia</i> Grunow f. <i>amphibia</i>
PSAG	<i>Pinnularia subanglica</i> Krammer
PLTD	<i>Planothidium</i> sp.
PPRS	<i>Pseudostaurosira parasitica</i> (W. Smith) Morales
SVTC	<i>Sellaphora ventraloconfusa</i> (Lange-Bertalot) Metzeltin & Lange-Bertalot
SCON	<i>Staurosira construens</i> Ehrenberg
SPIN	<i>Staurosirella pinnata</i> (Ehrenberg) Williams & Round

5.4. Estrutura da comunidade de diatomáceas perifíticas nas represas Tanque Grande e Cabuçu

5.4.1. Composição e diversidade de espécies

Foram identificados 51 táxons específicos e infraespecíficos distribuídos em 26 gêneros (Fig. 33), dos quais os seis que seguem apresentaram maiores números de táxons, pela ordem: *Eunotia* (8 táxons), *Gomphonema* e *Nitzschia* (4 táxons cada) e *Aulacoseira*, *Encyonema* e *Navicula* (3 táxons cada). Juntos, estes seis gêneros contribuíram com 49% do total de táxons identificados, enquanto que os demais 20 gêneros (que apresentaram 1 ou 2 táxons cada) totalizaram 51% do referido total de táxons. O número de táxons específicos e infraespecíficos foi maior em Tanque Grande em ambos os períodos climáticos, visto que na represa Cabuçu a coleta ocorreu apenas na estação de amostragem CB01, pois as macrófitas estiveram ausentes nas estações CB02 e CB03 nos dois períodos amostrados.

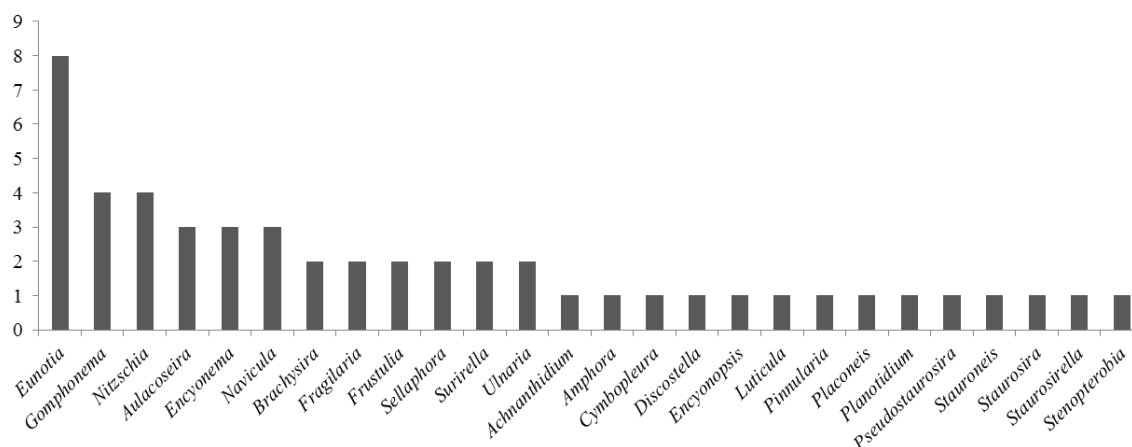


Figura 33. Número de espécies por gênero de diatomáceas perifíticas nas represas Tanque Grande e Cabuçu durante o período do presente estudo.

Entre as estações de amostragem, as diferenças foram pequenas no que tange ao número de táxons nos dois períodos amostrados e apresentaram maior riqueza no inverno, com exceção da estação TG03 que apresentou maior número de táxons no verão (Fig. 34).

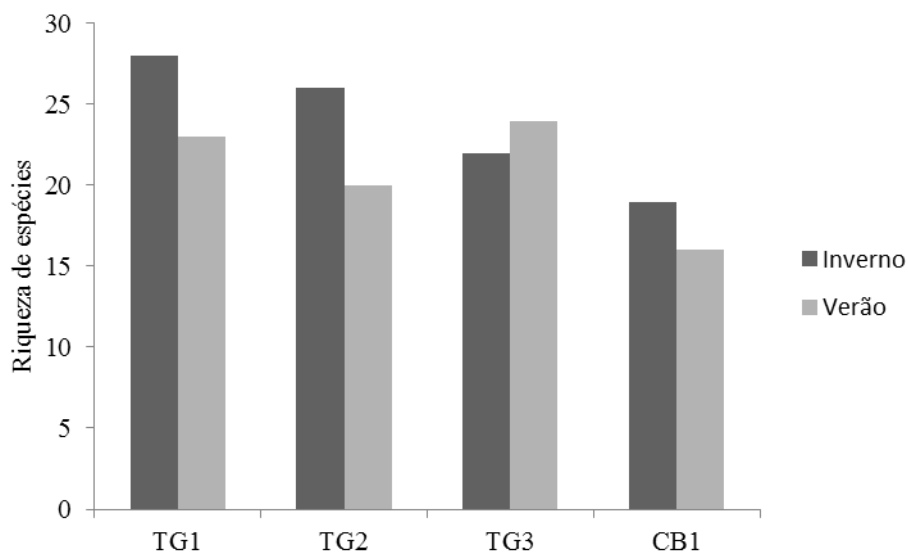


Figura 34. Riqueza de espécies de diatomáceas perifíticas nas estações de amostragem das represas Tanque Grande e Cabuçu durante o período do estudo.

De acordo com a curva de dominância-diversidade (Fig. 35), a comunidade perifítica apresentou estrutura semelhante entre as estações de amostragem em cada uma das duas represas. A represa Tanque Grande apresentou maior número de espécies raras durante o inverno e notou-se, claramente, maior diversidade quando comparada com a represa Cabuçu. Maior número de espécies comuns foi observado na única estação amostrada da represa Cabuçu e em ambos os períodos climáticos, apresentando sempre maior uniformidade. O modelo de distribuição observado foi o logarítmico normal, derivado da coexistência das espécies comuns com as raras.

Com relação ao Índice de Shannon, os maiores valores de diversidade foram observados na represa Tanque Grande principalmente no verão, enquanto que na Cabuçu foi observada baixa diversidade nos dois períodos amostrados. Para o Índice de Simpson, os maiores valores de diversidade ($> 0,8$), que também foram acompanhados dos valores mais elevados de equitatividade ($> 0,7$), foram verificados também na represa Tanque Grande durante o verão, mostrando que a represa apresentou maior uniformidade na distribuição das densidades das espécies (Tab. 25).

Tabela 24. Riqueza, Índice de Diversidade de Shannon, Índice de Diversidade de Simpson e Equitatividade para as diatomáceas perifíticas nas represas Tanque Grande e Cabuçu durante o período do presente estudo. Legenda: i (inverno) e v (verão).

Estação de amostragem	Riqueza (S)	Índice de Shannon bits ind ⁻¹	Índice de Simpson (1-D)	Equitatividade (E)
TG01i	28	2,14	0,77	0,64
TG02i	26	2,24	0,83	0,69
TG03i	22	1,91	0,75	0,62
CB01i	19	1,92	0,79	0,65
TG01v	23	2,35	0,86	0,75
TG02v	20	2,33	0,87	0,78
TG03v	24	2,49	0,88	0,78
CB01v	16	1,08	0,43	0,39

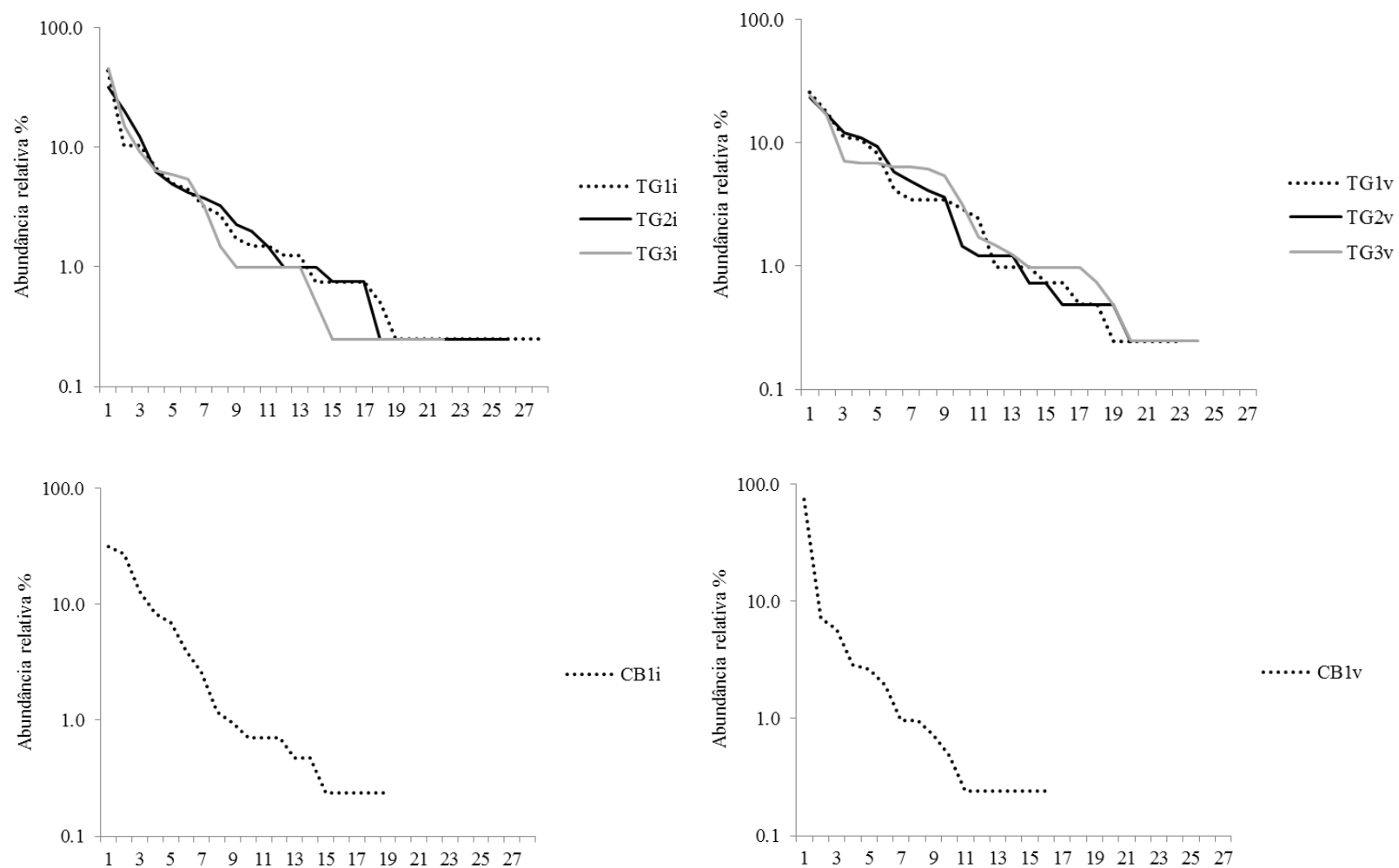


Figura 35. Curva de dominância-diversidade das diatomáceas perifíticas nas represas Tanque Grande e Cabuçu nos períodos de inverno e verão estudados. Eixo y logaritimizado na base 10. Legenda: i (inverno), v (verão)

Em relação às espécies descritoras de diatomáceas perifíticas, 14 foram consideradas abundantes e apenas uma dominante (*Achnantheidium minutissimum*), a qual dominou de maneira expressiva durante o verão na represa Cabuçu, quando contribuiu com mais de 70% da densidade total.

No inverno, *Brachysira brebissonii* (BBRE) foi a espécie que apresentou a maior contribuição em termos de densidade nas três estações de amostragem da represa Tanque Grande, seguida por *Achnantheidium minutissimum* (ADMI) e *Encyonopsis subminuta* (ESUM). Neste período, foi possível notar a maior riqueza de espécies na comunidade perifítica. No verão, *Brachysira brebissonii* (BBRE) foi a espécie mais abundante nas estações TG01 e TG02. Na estação TG03, *Encyonema neomesianum* foi a espécie mais abundante. Contribuições significativas também foram propiciadas pelas espécies *Staurosira construens* (SCON) e *Eunotia pseudosudetica* (EPSD). Nestas estações, a riqueza foi mais baixa e observou-se incremento maior das espécies com baixa contribuição na densidade total (Fig. 36).

Na represa Cabuçu, foi observada menor riqueza de espécies e *Achnantheidium minutissimum* (ADMI) foi a que mais contribuiu para a densidade total na represa em ambos os períodos climáticos amostrados. *Fragilaria crotonensis* (FCRO) apresentou contribuição bastante significativa para a represa no período do inverno, seguida de *Discostella stelligera* (DSTE). A contribuição de espécies com baixas densidades foi menor quando comparada com a da represa Tanque Grande, mostrando uma menor diversidade. Códigos e autorias das diatomáceas perifíticas abundantes e dominantes nas represas Tanque Grande e Cabuçu são apresentados na tabela 21 a seguir.

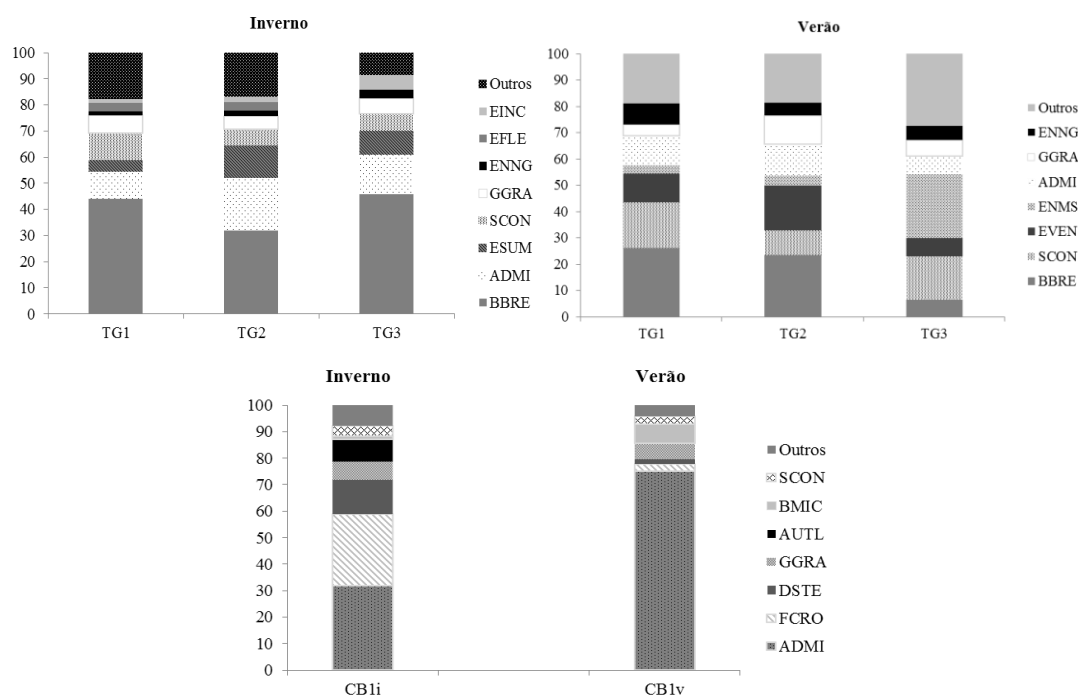


Figura 36. Abundância relativa (%) das diatomáceas perifíticas com contribuição conjunta acima de 70% nas represas Tanque Grande e Cabuçu nos períodos de inverno e verão do presente estudo.

Tabela 25. Códigos das diatomáceas perifíticas abundantes e dominantes nas represas Tanque Grande e Cabuçu com suas autorias segundo o programa OMNIDIA.

CÓDIGO	TÁXON
AUTL	<i>Aulacoseira tenella</i> (Nygaard) Simonsen
ADMI	<i>Achnanthidium minutissimum</i> (Kützinger) Czarnecki
BBRE	<i>Brachysira brebissonii</i> Ross
BMIC	<i>Brachysira microcephala</i> (Grunow) Compère
DSTE	<i>Discostella stelligera</i> (Cleve & Grunow) Houk & Klee
EBIL	<i>Eunotia bilunaris</i> (Ehr.) Mills
ENMS	<i>Encyonema neomesianum</i> Krammer
ENNG	<i>Encyonema neogracile</i> Krammer
ESLE	<i>Encyonema silesiacum</i> (Bleisch in Rabenhorst) D.G. Mann
ESUM	<i>Encyonopsis subminuta</i> Krammer & Reichardt
EPSD	<i>Eunotia pseudosudetica</i> Metzeltin Lange-Bertalot & Garcia-Rodriguez
FCOR	<i>Fragilaria crotonensis</i> Kitton var. <i>oregona</i> Sovereign
GGRA	<i>Gomphonema gracile</i> Ehrenberg
SCON	<i>Staurosira construens</i> Ehrenberg
UACU	<i>Ulnaria acus</i> (Kützinger) Aboal

5.4.2. Avaliação conjunta das diatomáceas perifíticas

A avaliação conjunta das diatomáceas perifíticas a partir da análise de coordenadas principais (PCoA) considerando as espécies com contribuição $\geq 2\%$ da densidade total da amostra (Tab. 20) resumiu 67,78% da variabilidade conjunta dos dados em seus dois primeiros eixos de ordenação (Fig. 37, Tab. 27).

O eixo 1 ordenou, do lado negativo, as estações de amostragem da represa Tanque Grande associadas ($r > 0.7$), principalmente, com *Encyonema neogracile* (ENNG), *Brachysira brebissonii* (BBRE) e *Staurosira construens* (SCON). Do lado positivo do mesmo eixo, ordenaram-se as estações de amostragem da represa Cabuçu negativamente associadas com as espécies antes citadas e, principalmente, com as maiores densidades ($r > 0,6$) de *Achnantheidium minutissimum* (ADMI), *Brachysira microcephala* (BMIC), *Discostella stelligera* (DSTE), *Fragilaria crotonensis* (FCOR) e *Aulacoseira tenella* (AUTL).

No eixo 2 houve separação das estações de amostragem em função do período climático. Do lado positivo ordenaram-se as três estações de amostragem da represa Tanque Grande e a única da represa Cabuçu relacionadas com o período de verão e associadas com as maiores densidades ($r > 0,5$) de *Brachysira microcephala* (BMIC), *Encyonema silesiacum* (ESLE) e *Eunotia pseudosudetica* (EPSD). Do lado negativo do referido eixo foram ordenadas as três estações de amostragem da represa Tanque Grande e a única estação de amostragem da represa Cabuçu relativas ao período de inverno. Associadas ($r > 0,1$) com essas estações estiveram *Encyonopsis subminuta* (ESUM), *Eunotia desmogonioides* (EDMG), *Eunotia bilunaris* (EBIL) e *Frustulia saxonica* (FSAX).

Tabela 26. Síntese da PCoA realizada a partir de 18 espécies de diatomáceas perifíticas.

	Eixo 1	Eixo 2
Autovalor	0,736	0,425
Porcentagem de variância explicada	42,97	24,81
Porcentagem de variância acumulada	42,97	67,78
Randomizações do eixo “p”	0,001	0,054

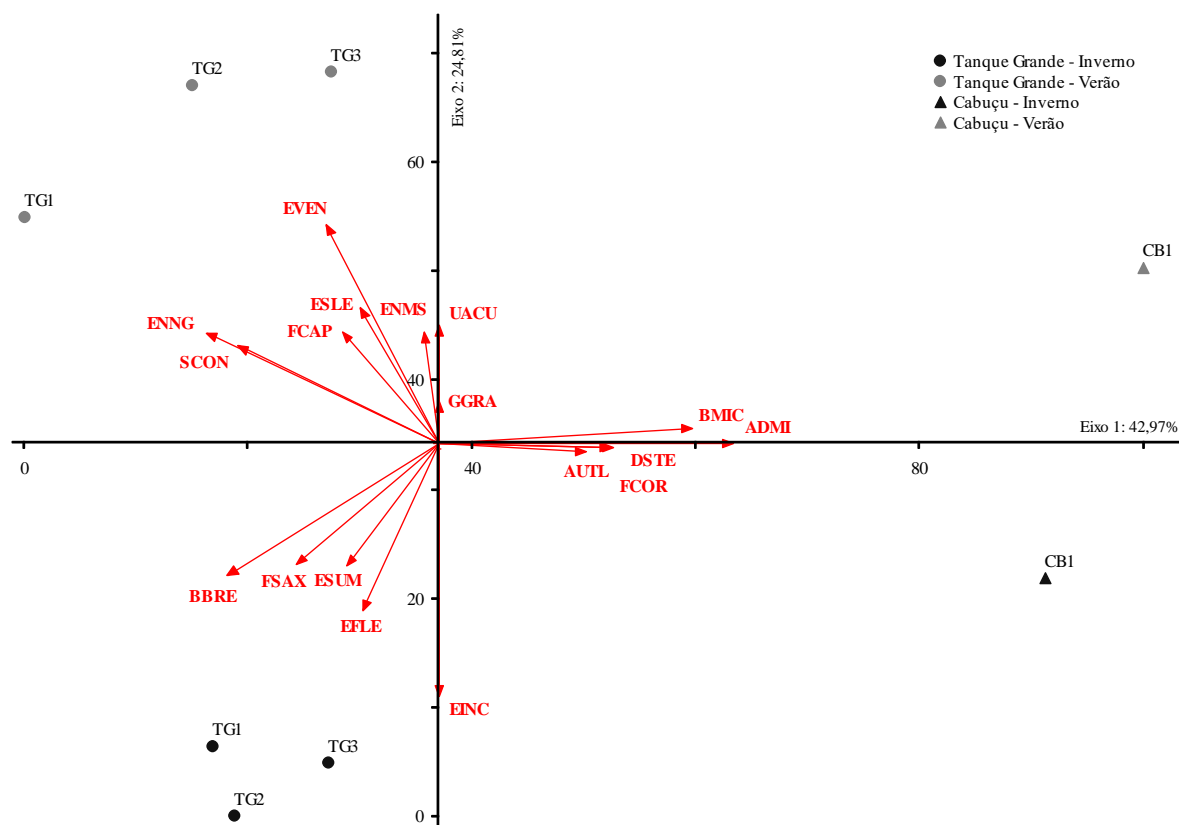


Figura 37. Ordenação pela análise de coordenadas principais (PCoA) das estações de amostragem das represas Tanque Grande e Cabuçu com base nas 18 espécies de diatomáceas perifíticas que apresentaram contribuição $\geq 2\%$ nos períodos de inverno e verão do presente estudo. Códigos das espécies conforme tabela 28.

Tabela 27. Códigos das diatomáceas perifíticas com contribuição na densidade total $\geq 2\%$ nas represas Tanque Grande e Cabuçu segundo programa OMNIDIA.

CÓDIGO	TÁXON
AUTL	<i>Aulacoseira tenella</i> (Nygaard) Simonsen
ADMI	<i>Achnantheidium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki
BBRE	<i>Brachysira brebissonii</i> Ross
BMIC	<i>Brachysira microcephala</i> (Grunow) Compère
DSTE	<i>Discostella stelligera</i> (Cleve & Grunow) Houk & Klee
EDMG	<i>Eunotia desmogonioides</i> Metzeltin & Lange-Bertalot
EBIL	<i>Eunotia bilunaris</i> (Ehr.) Mills
ENMS	<i>Encyonema neomesianum</i> Krammer
ENNG	<i>Encyonema neogracile</i> Krammer
ESLE	<i>Encyonema silesiacum</i> (Bleisch in Rabenhorst) D.G. Mann
ESUM	<i>Encyonopsis subminuta</i> Krammer & Reichardt
EPSD	<i>Eunotia pseudosudetica</i> Metzeltin Lange-Bertalot & Garcia-Rodriguez
FCAP	<i>fragilaria capucina</i> Desmazières var. <i>capucina</i>
FCOR	<i>Fragilaria crotonensis</i> Kitton var. <i>oregona</i> Sovereign
FSAX	<i>Frustulia saxonica</i> Rabenhorst
GGRA	<i>Gomphonema gracile</i> Ehrenberg
SCON	<i>Staurosira construens</i> Ehrenberg
UACU	<i>Ulnaria acus</i> (Kützing) Aboal

5.4.3. Avaliação integrada dos dados

A análise conjunta das 18 espécies de diatomáceas perifíticas e de quatro fatores ambientais (fósforo total, nitrogênio total, pH e condutividade elétrica) foi realizada a partir da análise de correspondência canônica (CCA) e resumiu 53,6% da variabilidade em seus dois primeiros eixos (Fig. 38, Tab. 29-31).

A análise foi estatisticamente significativa de acordo com o teste de Monte-Carlo para os autovalores (eixo 1 = 0,609; eixo 2 = 0,377) e para as correlações espécie-ambiente (eixo 1 = 0,987; eixo 2 = 0,992), indicando forte correlação entre as variáveis ambientais e a distribuição das espécies no período do estudo e das unidades amostrais.

No eixo 1 de ordenação (33,1% de explicabilidade) está representada a separação das represas. No lado negativo do eixo, foram ordenadas as unidades amostrais da represa Tanque Grande relacionadas, principalmente, com os maiores valores de condutividade e associadas fundamentalmente, com as espécies *Staurosira construens* (SCON), *Fragilaria capucina* (FCAP), *Eunotia pseudosudetica* (EPSD), *Encyonema neomesianum* (ENMS) e *Encyonema neogracile* (ENNG). No lado positivo do mesmo eixo, foram ordenadas as unidades amostrais da represa Cabuçu, principalmente associadas com os maiores valores de fósforo total e

nitrogênio total. As espécies mais associadas às estações de amostragem da represa Cabuçu foram *Achnantheidium minutissimum* (ADMI) e *Aulacoseira tenella* (AUTL).

No eixo 2 de ordenação (20,5% de explicabilidade) separaram-se as estações de amostragem em função do período climático. Do lado positivo do referido eixo, ordenaram-se as unidades amostrais das represas Tanque Grande e Cabuçu relacionadas com o período de inverno e associadas com os menores valores de nutrientes totais e de pH. As espécies associadas são: *Discostella stelligera* (DSTE), *Fragilaria crotonensis* (FCOR), *Eunotia bilunaris* (EBIL) e *Encyonopsis subminuta* (ESUM). Do lado negativo do mesmo eixo, ordenaram-se as unidades amostrais das represas Tanque Grande e Cabuçu referentes ao período de verão, relacionadas com os maiores valores de nutrientes totais e de pH. As espécies associadas foram: *Brachysira microcephala* (BMIC) e *Encyonema silesiacum* (ESLE).

Avaliando os resultados tanto da ACC quanto da PCoA, verifica-se que as associações das espécies com as unidades amostrais e os períodos climáticos são similares entre si, apontando para resultados significativos.

Tabela 28. Síntese da Análise de Correspondência Canônica (CCA) entre as variáveis biológicas (diatomáceas perifíticas) e abióticas da água das represas Tanque Grande e Cabuçu com os dois primeiros componentes principais.

	Eixo 1	Eixo 2
Autovalor (λ)	0,609	0,377
Porcentagem de variância explicada	33,1	20,5
Porcentagem de variância acumulada	33,1	53,6
Correlação de Pearson (espécie-ambiente)	0,987	0,992
Teste de Monte Carlo	Autovalor	0,007
	Correlação espécie-ambiente	0,049

Tabela 29. Coeficientes canônicos e relações “intra-set” das variáveis abióticas com os eixos 1 e 2 da Análise de Correspondência Canônica (CCA).

	Coeficiente Canônico		Coeficiente de Correlação “intra-set”	
	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 1	Eixo 2
PT: Fósforo total	-0,061	2,417	0,451	-0,565
NT: Nitrogênio total	0,752	-2,658	0,591	-0,535
pH	0,043	-1,23	-0,048	-0,856
Cond: Condutividade	-1,311	-0,475	-0,888	-0,308

Tabela 30. Correlação das espécies de diatomáceas perifíticas com os eixos 1 e 2 da CCA das represas Tanque Grande e Cabuçu.

Variável	Eixo 1	Eixo 2	Variável	Eixo 1	Eixo 2
ADMI	2,603	-1,002	EFLE	-0,313	0,691
AUTL	2,289	1,288	EINC	0,372	1,282
BBRE	-0,512	0,453	EVEN	-1,028	-0,862
BMIC	3,915	-2,065	FCAP	-1,019	-0,920
DSTE	1,574	0,751	FCOR	2,250	0,987
ENNG	-0,805	-0,268	FSAX	-0,281	0,383
ENMS	-0,937	-0,359	GGRA	0,024	-0,231
ESLE	-1,067	-1,142	SCON	-0,804	-0,169
ESUM	-0,330	0,516	UACU	-0,826	-0,453

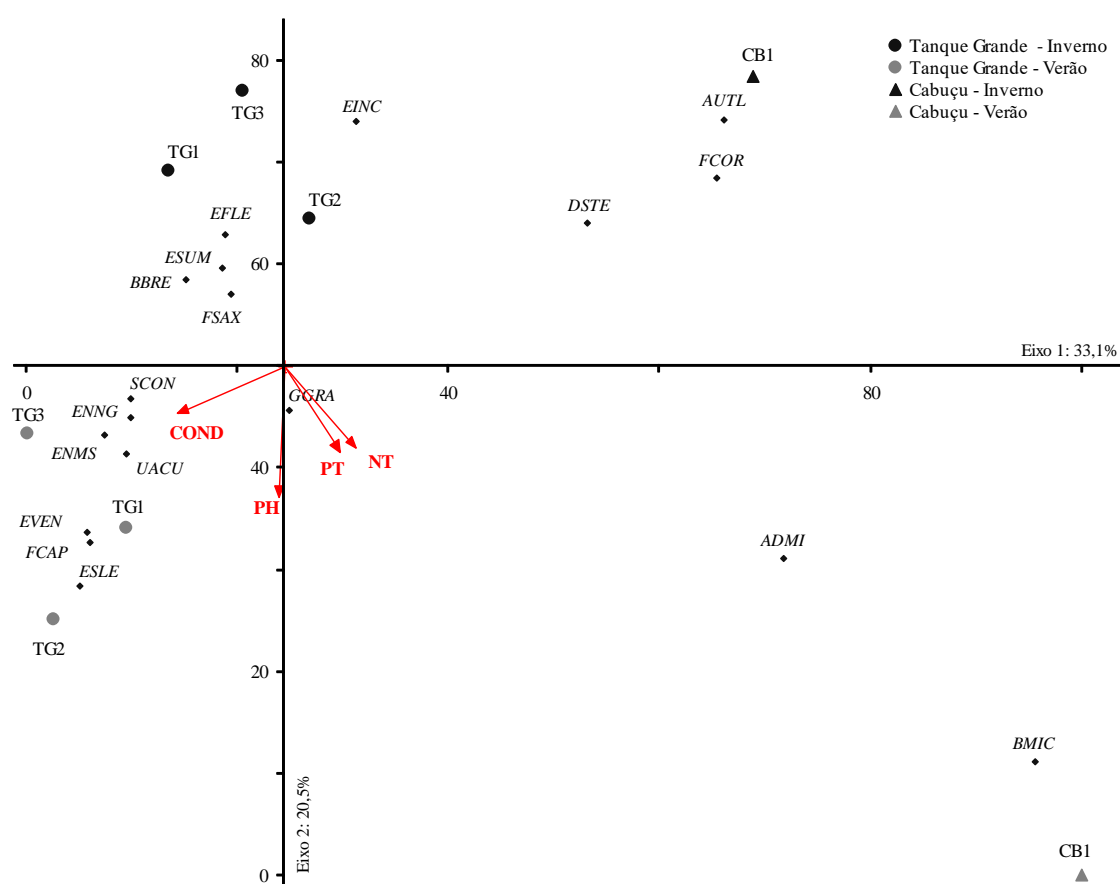


Figura 38. Ordenação pela análise de correspondência canônica (CCA) das unidades amostrais das represas Tanque Grande (TG) e Cabuçu (CB) em função de quatro variáveis abióticas da água (fósforo total, nitrogênio total, pH e condutividade) e da densidade de 18 espécies de diatomáceas perifíticas (contribuição $\geq 2\%$) nos períodos de inverno e verão deste estudo.

5.5. Análise de espécies indicadoras a partir dos três grandes grupos (plâncton, sedimentos superficiais e perifíton) das represas Tanque Grande e Cabuçu.

A análise de espécies indicadoras (IndVal) permitiu verificar o conjunto de unidades amostrais em que as espécies apareceram com maior frequência de ocorrência e densidade relativa. As espécies foram pré-selecionadas com base na contribuição e na densidade total, sendo utilizadas as espécies que contribuíram com $\geq 2\%$ e que ocorreram nos três habitats: plâncton, perifíton e sedimentos superficiais.

Dos 31 táxons analisados, 11 foram considerados do primeiro grupo (plancton) e destes apenas três espécies tiveram valores indicativos (VI) significativos de acordo com o teste de Monte-Carlo, quais sejam: *Aulacoseira ambigua* (AAMB), *Navicula cryptocephala* (NCTI) e *Encyonema neomesianum* (ENMS). Dez espécies caracterizaram o segundo grupo (sedimentos superficiais), porém, apenas sete caracterizaram de maneira significativa este habitat e são: *Nitzschia amphibia* (NAMP), *Pseudostaurosira parasitica* (PPRS), *Planothidium* sp. (PLTD), *Sellaphora ventraloconfusa* (SVTC), *Eunotia camelus* (ECAM), *Eunotia monodon* (EMON) e *Pinnularia subanglica* (PSAG). O terceiro e último grupo (perifíton) foi caracterizado por 10 espécies, das quais só uma não apresentou valor indicativo significativo, sendo ela, *Eunotia bilunaris* (EBIL). Foram consideradas indicadoras as espécies que seguem: *Encyonema neogracile* (ENNG), *Eunotia pseudosudetica* (EPSD), *Frustulia saxonica* (FSAX), *Fragilaria crotonensis* (FCRO), *Eunotia desmognioides* (EDMG), *Brachysira brebissonii* (BBRE), *Encyonema silesiacum* (ESLE), *Ulnaria acus* (UACU) e *Fragilaria capucina* (FCAP).

Considerando os três habitats (plâncton, sedimentos superficiais e perifíton), 19 espécies foram consideradas bioindicadoras pela análise do IndVal, das quais três foram originárias do plâncton, sete dos sedimentos superficiais e nove do perifíton. Tais resultados estão apresentados na tabela 32 e na figura 39.

Tabela 31. Valor indicativo (VI) e significância estatística (p) das espécies de diatomáceas e seus respectivos grupos (hábitat): plâncton, sedimentos superficiais e perifíton. Em negrito, VI significativo.

TÁXON	HÁBITAT	VI	$p \leq 0,05$
<i>Achnanthidium minutissimum</i> (Kützinger) Czarnecki	plâncton	53,0	0,0523
<i>Aulacoseira tenella</i> (Nygaard) Simonsen	plâncton	40,5	0,3379
<i>Discostella stelligera</i> (Cleve & Grunow) Houk & Klee	plâncton	45,3	0,2093
<i>Encyonema neomesianum</i> Krammer	plâncton	60,8	0,0053*
<i>Encyonopsis subminuta</i> Krammer & Reichardt	plâncton	49,2	0,0654
<i>Staurosira construens</i> Ehrenberg	plâncton	29,1	0,9884
<i>Aulacoseira ambigua</i> (Grunow) Simonsen	plâncton	91,7	0,0001*
<i>Brachysira neoexilis</i> Lange-Bertalot	plâncton	25,0	0,1755
<i>Navicula cryptocephala</i> f. <i>terrestris</i> J.W.G. Lund	plâncton	66,7	0,0034*
<i>Sellaphora</i> sp.	plâncton	33,3	0,0858
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Compère	plâncton	8,30	1,0000
<i>Brachysira microcephala</i> (Grunow) Compère	sedimentos	34,8	0,2543
<i>Gomphonema gracile</i> Ehrenberg	sedimentos	35,0	0,5374
<i>Eunotia camelus</i> Ehrenberg	sedimentos	33,3	0,0483*
<i>Eunotia monodon</i> Ehrenberg var. <i>monodon</i>	sedimentos	33,3	0,0483*
<i>Nitzschia amphibia</i> Grunow f. <i>amphibia</i>	sedimentos	83,3	0,0002*
<i>Planothidium</i> Round & Bukhtiyarova	sedimentos	50,0	0,008*
<i>Pseudostaurosira parasitica</i> (W. Smith) Morales	sedimentos	83,3	0,0002*
<i>Pinnularia subanglica</i> Krammer	sedimentos	33,3	0,0489*
<i>Staurosirella pinnata</i> (Ehrenberg) Williams & Round	sedimentos	36,0	0,1968
<i>Sellaphora ventraloconfusa</i> (Lange-Bertalot) Metzeltin & Lange-Bertalot	sedimentos	50,0	0,008*
<i>Brachysira brebissonii</i> Ross	perifíton	51,6	0,0133*
<i>Eunotia desmognioides</i> Metzeltin & Lange-Bertalot	perifíton	61,5	0,0036*
<i>Eunotia bilunaris</i> (Ehr.) Mills var. <i>bilunaris</i>	perifíton	40,6	0,1545
<i>Encyonema neogracile</i> Krammer	perifíton	87,5	0,0001*
<i>Encyonema silesiacum</i> (Bleisch in Rabenhorst) D.G. Mann	perifíton	50,0	0,0063*
<i>Eunotia pseudosudetica</i> Metzeltin Lange-Bertalot & Garcia-Rodriguez	perifíton	87,5	0,0001*
<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières var. <i>capucina</i>	perifíton	37,5	0,0284*
<i>Fragilaria crotonensis</i> Kitton	perifíton	62,5	0,0036*
<i>Frustulia saxonica</i> Rabenhorst	perifíton	87,5	0,0001*
<i>Ulnaria acus</i> (Kützinger) Aboal	perifíton	50,0	0,0065*

*valor significativo ($p \leq 0.05$)

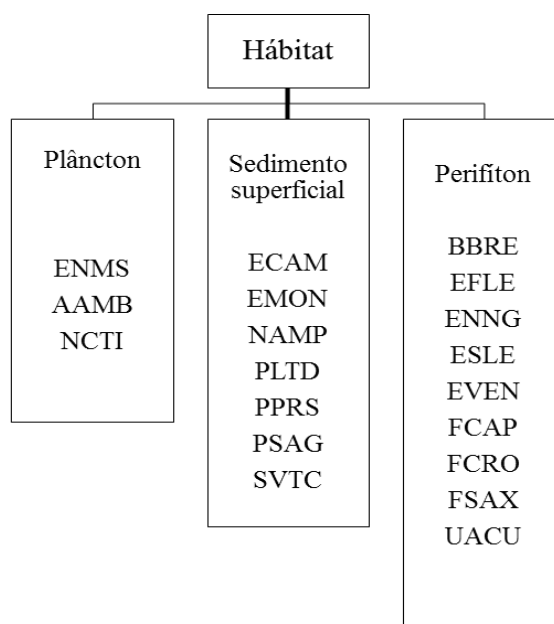


Figura 39. Diagrama das associações das diatomáceas indicadoras dos habitats (plâncton, sedimentos superficiais e perifíton) pela análise de espécies indicadoras (IndVal) nas represas Tanque Grande e Cabuçu no período estudado. Códigos e valores indicativos estão apresentados na tabela 33.

Tabela 32. Síntese dos táxons de diatomáceas com valor indicativo (VI) significativo para os diferentes grupos (hábitat). Legenda: 1 (plâncton), 2 (sedimentos superficiais) e 3 (perifíton).

CÓDIGO	TÁXON	HÁBITAT	VI	$p \leq 0,05$
AAMB	<i>Aulacoseira ambigua</i>	1	91,7	0,0001
NCTI	<i>Navicula cryptocephala</i>	1	66,7	0,0034
ENMS	<i>Encyonema neomesianum</i>	1	60,8	0,0053
ECAM	<i>Eunotia camelus</i>	2	33,3	0,0483
EMON	<i>Eunotia monodon</i>	2	33,3	0,0483
NAMP	<i>Nitzschia amphibia</i>	2	83,3	0,0002
PLTD	<i>Planothidium</i> sp.	2	50,0	0,0080
PPRS	<i>Pseudostaurosira parasitica</i>	2	83,3	0,0002
PSAG	<i>Pinnularia subanglica</i>	2	33,3	0,0489
SVTC	<i>Sellaphora ventraloconfusa</i>	2	50,0	0,0080
BBRE	<i>Brachysira brebissonii</i>	3	51,6	0,0133
EDMG	<i>Eunotia desmogonioides</i>	3	61,5	0,0036
ENNG	<i>Encyonema neogracile</i>	3	87,5	0,0001
ESLE	<i>Encyonema silesiacum</i>	3	50,0	0,0063
EPSD	<i>Eunotia pseudosudetica</i>	3	87,5	0,0001
FCAP	<i>fragilaria capucina</i>	3	37,5	0,0284
FCRO	<i>Fragilaria crotonensis</i>	3	62,5	0,0036
FSAX	<i>Frustulia saxonica</i>	3	87,5	0,0001
UACU	<i>Ulnaria acus</i>	3	50,0	0,0065

5.6. Comparação de similaridade entre as comunidades de diatomáceas: plâncton, sedimentos superficiais e perifíton.

A similaridade entre as comunidades de diatomáceas foi avaliada por meio do Índice de Similaridade de Bray-Curtis, que tomou por base as espécies descritoras da comunidade que totalizaram 31 táxons entre espécies e níveis infraespecíficos (Fig. 40).

Aplicando o corte de 50% de similaridade, observou-se a separação de seis grandes grupos que subdividem. O primeiro grupo foi composto pelas estações de amostragem da represa Tanque Grande, em que as estações relativas ao período de inverno apresentaram 89% de similaridade, enquanto que as do verão 63%. Associaram-se, sobretudo, com a melhor representação das espécies *Encyonopsis subminuta* (ESUM), *Eunotia desmogonioides* (EDMG), *Eunotia pseudosudetica* (EPSD), *Encyonema neogracile* (ENNG), *Encyonema silesiacum* (ESLE) e *Frustulia saxonica* (FSAX).

O segundo grupo com 68% de similaridade foi representado pela comunidade dos sedimentos superficiais da represa Tanque Grande. As estações de amostragem TG01SED e TG02SED mostraram-se mais similares entre si, com 95% de similaridade. A este grupo associaram, principalmente, as espécies *Staurosira construens* (SCON), *Staurosirella pinnata* (SPIN), *Brachysira microcephala* (BMIC), *Gomphonema gracile* (GGRA), *Eunotia incisa* (EINC), *Eunotia camelus* (ECAM), *Eunotia monodon* (EMON), *Nitzschia amphibia* (NAMP), *Planothidium* sp. (PLTD), *Sellaphora ventraloconfusa* (SVTC) e *Pseudostaurosira parasitica* (PPRS).

O terceiro grupo foi representado pela comunidade planctônica da represa Tanque Grande. Este grupo subdividiu-se de acordo com o período climático. Assim, no inverno as estações de amostragem TG01iFIT e TG03iFIT foram mais similares com 96% e a TG02iFIT apresentou 87% de similaridade. No verão, a similaridade na comunidade foi diferente, pois as estações TG01vFIT e TG02vFIT foram 100% similares. As espécies que se destacaram no grupo foram: *Achnanthyidium minutissimum* (ADMI), *Encyonopsis subminuta* (ESUM), *Staurosirella pinnata* (SPIN), *Brachysira neoexilis* (BNEO), *Encyonema neomesianum* (ENMS) e *Aulacoseira ambigua* (AAMB).

O quarto grupo compreendeu a comunidade planctônica da represa Cabuçu, que se subdividiu agrupando estações de amostragem, porém, ser permitir a formação de grupos separados pelo período climático. A única estação de amostragem da represa referente à comunidade perifítica no inverno (CB01iP) associou-se à estação CB01vFIT com 82% de similaridade. As espécies que melhor se associaram com este grupo foram: *Achnanthyidium minutissimum* (ADMI), *Brachysira microcephala* (BMIC), *Encyonopsis subminuta* (ESUM), *Aulacoseira tenella* (AUTL), *Discostella stelligera* (DSTE), *Staurosira construens* (SCON),

Encyonema neomesianum (ENMS), *Aulacoseira ambigua* (AAMB) e *Navicula cryptocephala* (NCTI).

O quinto grupo compreendeu a comunidade dos sedimentos superficiais da represa Cabuçu, em que as estações de amostragem CB01SED e CB02SED apresentaram 85% de similaridade e CB03SED apresentou 76%. Associaram-se, principalmente, as espécies *Aulacoseira tenella* (AUTL), *Discostella stelligera* (DSTE), *Brachysira microcephala* (BMIC), *Gomphonema gracile* (GGRA), *Nitzschia amphibia* (NAMP), *Pseudostaurosira parasitica* (PPRS) e *Pinnularia subanglica* (PSAG).

O sexto grupo mostrou-se o mais dissimilar de todos, com apenas 12% de similaridade e compreendeu a estação de amostragem CB01vP, representando a comunidade perifítica no período do verão. A essa estação associaram-se, mormente, as espécies *Achnantheidium minutissimum* (ADMI), *Brachysira microcephala* (BMIC) e *Fragilaria crotonensis* (FCRO). Código dos táxons conforme tabela 27.

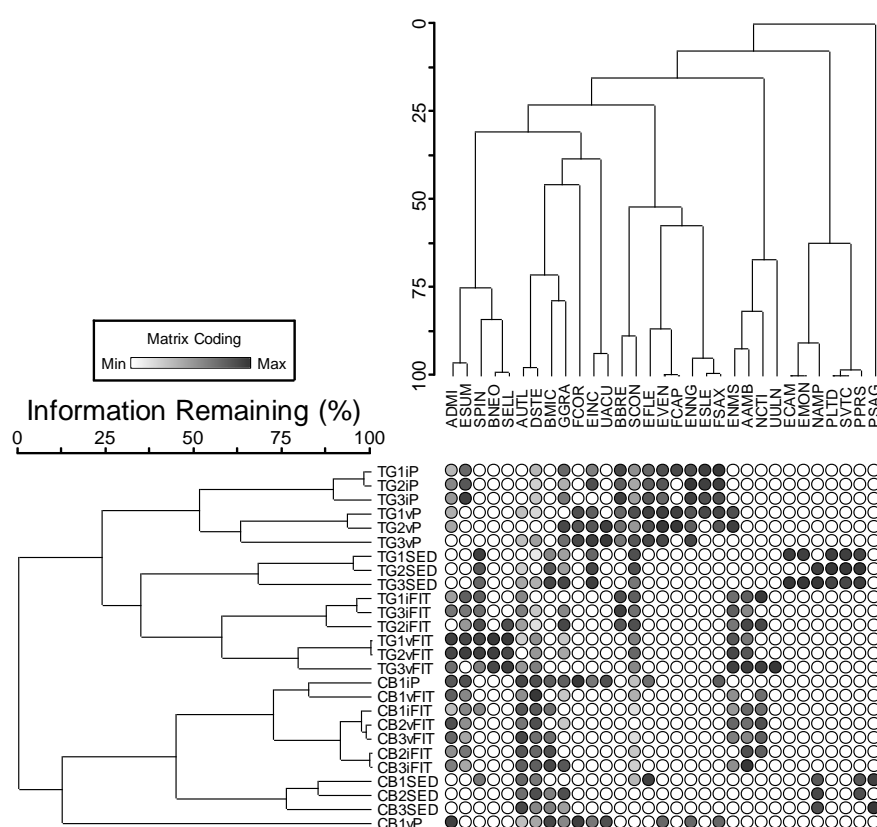


Figura 40. Análise de similaridade de Bray-Curtis com base em 31 espécies de diatomáceas descritoras presentes nos três habitats estudados (plâncton, sedimentos superficiais e perifíton) das estações de amostragem das represas Tanque Grande e Cabuçu. Legenda: FIT (fitoplâncton), SED (sedimento superficial), P (perifíton), i (inverno), v (verão). Nome das espécies conforme tabela 34.

Tabela 33. Códigos das diatomáceas descritoras dos três habitats (plâncton, sedimentos superficiais e perifíton) das represas Tanque Grande e Cabuçu com suas autorias segundo o programa OMNIDIA.

CÓDIGO	TÁXON
ADMI	<i>Achnanthidium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki
AUTL	<i>Aulacoseira tenella</i> (Nygaard) Simonsen
DSTE	<i>Discostella stelligera</i> (Cleve & Grunow) Houk & Klee
ENMS	<i>Encyonema neomesianum</i> Krammer
ESUM	<i>Encyonopsis subminuta</i> Krammer & Reichardt
SCON	<i>Staurosira construens</i> Ehrenberg
AAMB	<i>Aulacoseira ambigua</i> (Grunow) Simonsen
BNEO	<i>Brachysira neoexilis</i> Lange-Bertalot
NCTI	<i>Navicula cryptocephala</i> f. <i>terrestris</i> J.W.G. Lund
SELL	<i>Sellaphora</i> sp.
UULN	<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Compère
BMIC	<i>Brachysira microcephala</i> (Grunow) Compère
GGRA	<i>Gomphonema gracile</i> Ehrenberg
ECAM	<i>Eunotia camelus</i> Ehrenberg
EMON	<i>Eunotia monodon</i> Ehrenberg var. <i>monodon</i>
NAMP	<i>Nitzschia amphibia</i> Grunow f. <i>amphibia</i>
PLTD	<i>Planothidium</i> Round & Bukhtiyarova
PPRS	<i>Pseudostaurosira parasitica</i> (W. Smith) Morales
PSAG	<i>Pinnularia subanglica</i> Krammer
SPIN	<i>Staurosirella pinnata</i> (Ehrenberg) Williams & Round
SVTC	<i>Sellaphora ventraloconfusa</i> (Lange-Bertalot) Metzeltin & Lange-Bertalot
BBRE	<i>Brachysira brebissonii</i> Ross
EDMG	<i>Eunotia desmogonioides</i> Metzeltin & Lange-Bertalot
EBIL	<i>Eunotia bilunaris</i> (Ehr.) Mills var. <i>bilunaris</i>
ENNG	<i>Encyonema neogracile</i> Krammer
ESLE	<i>Encyonema silesiacum</i> (Bleisch in Rabenhorst) D.G. Mann
EPSD	<i>Eunotia pseudosudetica</i> Metzeltin Lange-Bertalot & Garcia-Rodriguez
FCAP	<i>fragilaria capucina</i> Desmazières var. <i>capucina</i>
FCRO	<i>Fragilaria crotonensis</i> Kitton
FSAX	<i>Frustulia saxonica</i> Rabenhorst
UACU	<i>Ulnaria acus</i> (Kützing) Aboal

6

DISCUSSÃO

6.1. Compartimento água

As represas Tanque Grande e Cabuçu constituem o Sistema Produtor de Guarulhos, cujas barragens garantem a autonomia do município no que tange ao abastecimento público de água. Ambas as represas apresentaram características limnológicas que indicam que as mesmas ainda se encontram em condições relativamente protegidas, com baixo impacto antropogênico, desde que estão inseridas em uma importante reserva de Mata Atlântica e de recursos hídricos, o PEC, Parque Estadual da Cantareira.

Apesar da considerável importância das represas para o município, ainda são poucos os trabalhos realizados sobre suas características limnológicas. Estudos que levam em consideração a influência sazonal e espacial dessas características e da interação dos fatores bióticos e abióticos são ainda extremamente escassos.

O presente estudo demonstrou que a maior variabilidade limnológica detectada nas represas Tanque Grande e Cabuçu ocorreu na escala sazonal (períodos de inverno e verão), característica esta já conhecida para reservatórios tropicais e subtropicais (Naselli-Flores 1999, Ferrarenze *et al.* 2005, Sartori *et al.* 2009). Foi também possível observar a influência da escala espacial entre as represas.

A avaliação conjunta dos dados abióticos indicou que as represas foram caracterizadas no período de inverno, principalmente, pelos maiores valores de transparência da água, de oxigênio dissolvido, de disponibilidade de CO₂, de sílica solúvel reativa e de nitrato; e pelos menores de temperatura, pH, ortofosfato e fósforo total dissolvido. No verão aconteceu o inverso.

Como já se encontra bastante documentado na literatura, a transparência da água foi maior no inverno do que no verão, estando relacionada com a menor quantidade de chuvas naquele período que, por sua vez, acarreta menor aporte de material particulado no dito período (Ferrari 2010).

As concentrações de oxigênio dissolvido foram maiores durante o inverno, apresentando um padrão heterogêneo ao longo da coluna d'água, isto é, as concentrações decresceram com o aumento da profundidade. Essa redução do teor de oxigênio no fundo da

represa pode estar relacionada com a decomposição da matéria orgânica nessa região, que ocasiona alta produção de gás carbônico e, conseqüentemente, alto consumo de oxigênio (Hill *et al.* 1993, Esteves 2011).

A amplitude de variação do pH nas duas represas está de acordo com o comumente encontrado na literatura para águas continentais não poluídas (Kalff 2002). Ambas as represas apresentaram valores similares ao longo da coluna d'água, bem como entre as estações de amostragem, sendo levemente menores no inverno. Em função dos inúmeros fatores que podem influenciar o pH, a interpretação dessa variável no ambiente torna-se um tanto complexa, apesar de sua grande importância nos ecossistemas aquáticos (Esteves 2011). Segundo Nascimento (2012), pHs mais baixos favorecem o aumento das concentrações de CO₂ conforme a constante de equilíbrio entre pH e formas inorgânicas de carbono, informação que corrobora o estudo em questão. Ainda, valores mais elevados de CO₂ podem estar associados com o aumento dos processos de respiração e decomposição da matéria orgânica (Branco 1966).

A disponibilidade de sílica reativa solúvel (SRS) parece estar, conforme Esteves (2011), relacionada aos períodos de estratificação e desestratificação. Períodos de circulação proporcionam maior disponibilidade de sílica reativa solúvel na coluna d'água (Wetzel 2001). Porém, no presente estudo, nos períodos em que não houve estratificação da coluna d'água foram medidas as menores concentrações de SRS. Tal fato pode ser explicado por que pode ter acontecido homotermia, ou seja, um momento em que a variação da temperatura foi muito pequena em relação ao aumento da profundidade, levando a uma distribuição homogênea de SRS em toda a coluna d'água e até à redução da concentração de sílica na superfície (Esteves 2011).

Os valores de temperatura seguiram os padrões esperados para regiões tropicais, isto é, temperaturas amenas no inverno e mais elevadas no verão. As temperaturas das águas superficiais são afetadas por diversos fatores, incluído a profundidade do sistema e a vegetação do entorno (Percebon *et al.* 2005). Observou-se que temperaturas mais amenas foram documentadas na represa Cabuçu que possui seu entorno bastante preservada, visto que apresentou diferença de 4° C em relação à represa Tanque Grande no verão e 2° C de diferença no inverno.

A integração dos dados limnológicos também permitiu observar uma tendência de diferenças intracompartimentares nas represas estudadas. Baixas concentrações de nutrientes em suas formas totais e dissolvidas são características de ambientes oligotróficos (Arcifa *et al.* 1981, Bicudo *et al.* 2002, Lopes *et al.* 2005, Tundisi *et al.* 2006, Ferrari 2010). A represa Cabuçu apresentou teores mais elevados de nutrientes, incluindo de fósforo e nitrogênio total

e maior disponibilidade de íons bicarbonato. Considerando que esta represa está inserida na reserva florestal do Núcleo Cabuçu, é provável que este enriquecimento seja um processo natural.

A literatura mostra que os reservatórios possuem um gradiente longitudinal responsável pela formação de três zonas, gradiente este que inicia na entrada do rio e vai até à região do barramento, constituindo zonas influenciadas pelo regime de fluxo do sistema, que difere no que diz respeito às características físicas, químicas e biológicas locais (Thornton *et al.* 1990). A variação nos teores de nutrientes conforme um gradiente longitudinal foi observada em várias represas, a exemplo dos reservatórios de Segredo (Thomaz *et al.* 1997) e Salto Grande (Zanata & Espíndola 2001).

Em relação ao gradiente longitudinal, as represas Tanque Grande e Cabuçu apresentaram situação diferente, não se observando grandes diferenças entre as estações de amostragem em cada represa, o que pode estar associado ao fato das represas serem rasas e apresentarem profundidades não muito diferentes em sua extensão. Em especial a represa Tanque Grande apresenta diferença de poucos centímetros na profundidade de uma estação para outra, mesmo daquela próxima ao barramento. Consequentemente, não se observou o efeito do gradiente longitudinal nas características limnológicas das represas.

Em relação ao estado trófico, as represas Tanque Grande e Cabuçu foram classificadas oligotróficas, porém, a estação de amostragem da represa Cabuçu situada próxima à entrada do principal tributário (CB1) foi classificada mesotrófica (IET = 53,1), no entanto, no limiar da oligotrofia (IET = 47-52), segundo Lamparelli (2004). O resultado mostra a influência dos nutrientes carregados pelo tributário. Os resultados acima confirmam as classificações anteriores identificadas pela CETESB (2013), exceto para a represa Cabuçu que recebeu a classificação anual mesotrófica. A estação amostragem CB1 recebeu essa classificação pela influência, principalmente, dos maiores valores de clorofila-*a* medidos no inverno. Porém, estes resultados comparados com os de represas eutróficas como, por exemplo, a Guarapiranga na região da captação ($57,74 \mu\text{g L}^{-1}$) e a Billings no corpo central ($65,22 \mu\text{g L}^{-1}$) (CETESB 2013) ainda podem ser considerados relativamente baixos. Os valores encontrados corroboram os resultados observados em represas oligotróficas a mesotróficas como as Jaguari-Jacaré (Nascimento 2012: $\leq 8,3 \mu\text{g L}^{-1}$), Pedro Beicht (Silva 2012: $9,5 \mu\text{g L}^{-1}$), Ribeirão Perová ($< 0,01 \mu\text{g L}^{-1}$) e Ribeirão dos Cristais ($0,76 \mu\text{g L}^{-1}$), as duas últimas conforme CETESB (2013).

De maneira geral, comparando os presentes resultados das represas Tanque Grande e Cabuçu com os de outros estudos (Arcifa *et al.* 1981, Tundisi & Calijuri 1991, Wengrat 2011, Nascimento 2012, Silva 2012) é possível notar que as duas represas do presente estudo

ainda apresentam baixos teores de nutrientes dissolvidos e de concentração de fósforo total e de biomassa fitoplanctônica dentro dos padrões esperados para represas oligo-mesotróficas, além de pH levemente ácido e boa disponibilidade de oxigênio. Estas características indicam que as duas represas ainda se encontram em condições de pequeno impacto antropogênico ou com níveis aceitáveis dessas alterações.

Concluindo, é necessário salientar a importância de ações que mantenham e controlem as características limnológicas das represas atentando, principalmente, para o aporte de nutrientes procedentes das cidades vizinhas, que podem interferir nas bacias dos principais tributários contribuintes das represas. É imperioso minimizar efeitos que venham colocar em risco dois dos poucos mananciais da RMSP, Região Metropolitana de São Paulo que ainda são oligotróficos e que, no presente estudo, foram entendidos como locais de referência, mas que já demonstram riscos de eutrofização em sua região de montante.

6.2. Caracterização das diatomáceas planctônicas nas represas Tanque Grande e Cabuçu

Estudos que abordam a biodiversidade e a ecologia das diatomáceas em represas oligotróficas são ainda bastante escassos, desde que a maior atenção tem sido dada, quase que universalmente, aos ambientes eutrofizados (Ferrari 2010, Wengrat 2011, Costa-Böddeker *et al.* 2012, Faustino 2013). Ambientes oligotróficos são, todavia, especialmente interessantes para o conhecimento da dinâmica da comunidade de diatomáceas planctônicas, inclusive no Brasil.

A maior diversidade de diatomáceas planctônicas no Sistema Produtor de Guarulhos foi obtida na represa Tanque Grande em ambos os períodos climáticos do presente estudo. A maior diversidade foi documentada no Brasil em sistemas oligo-mesotróficos quando comparados com os eutróficos e supereutróficos (Crossetti *et al.* 2008). Considerando as estações de amostragem separadamente, a maior riqueza foi detectada na região intermediária e na próxima à barragem. Na represa Cabuçu, obteve-se menor riqueza e menor diversidade, porém, maior dominância de táxons.

Considerando a distribuição das espécies, foram ressaltadas diferenças na organização da comunidade de diatomáceas entre as represas Tanque Grande e Cabuçu, fato este que já havia sido documentado por Silva (2012). Pequenas diferenças foram observadas na escala sazonal. Assim, a comunidade de diatomáceas da represa Tanque Grande caracterizou-se no período de inverno pela maior abundância de *Staurosira construens*, *Aulacoseira tenella*, *Discostella stelligera*, *Brachysira brebissonii*, *Aulacoseira ambigua* e *Pseudostaurosira parasitica*. Não houve dominância de qualquer espécie e *Staurosira construens* foi a mais

abundante. O gênero *Staurosira* é dominante entre as diatomáceas de ambiente eutrófico (Oliveira 2008) e são, em geral, de hábitos planctônico e bentônico. *Staurosira construens* foi bem representada na represa também em 2008 (Oliveira 2008) e também citada para a represa Cabuçu por Barbosa (2010).

Duas espécies de *Aulacoseira* (*A. tenella* e *A. ambigua*) foram abundantes no mesmo período (inverno) na represa Tanque Grande. Espécies desse gênero estão bem representadas nas represas urbanas da RMSP (Ferrari 2010, Wengrat 2011, Nascimento 2012, Silva 2012). No Sistema Alto Cotia, a comunidade de diatomáceas caracterizou-se pela abundância de três espécies de *Aulacoseira*, *A. ambigua*, *A. sp2PBEICHT* e *A. herzogii* (Silva 2012). Este também foi o gênero que mais contribuiu para a riqueza taxonômica na represa Jaguari-Jacareí (Nascimento 2012). No Complexo Billings, *Aulacoseira* também se destacou, sendo o terceiro em representação de espécies (Wengrat 2011). O referido gênero é considerado ubíquo e bem sucedido entre as diatomáceas cêntricas, sendo abundante no plâncton e, muitas vezes, também nos sedimentos superficiais (Spaulding & Edlung 2008, Wetzel 2011). Mas, tais espécies vêm sendo encontradas em elevadas densidades em ambientes com trofias diferentes, que variam desde oligotróficos até supereutróficos, associadas a eventos de turbulência, a variação de profundidade e também ao regime de mistura (Zalat 2000, Cruces *et al.* 2001, 2006, Cabarello *et al.* 2006, Taylor *et al.* 2007, Zalat & Vildary 2007, Yang *et al.* 2008, Wengrat 2011, Stoof-Leichsenring *et al.* 2011).

Seis espécies caracterizaram o verão na represa Tanque Grande, quais sejam: *Staurosira construens*, *Discostella stelligera*, *Achnantheidium catenatum*, *Staurosirella pinnata*, *Brachysira brebissonii* e *Aulacoseira tenella*. A maioria dessas espécies é de hábitat bentônico, mas podem ter sido arrastadas para o plâncton pela circulação da massa d'água, conforme já foi documentado em literatura (Spaulding & Edlung 2009). A presença dessas espécies já havia sido mencionada na flórula da represa por Oliveira (2008). Na represa Jaguari-Jacareí, *Discostella stelligera* e *Aulacoseira tenella* foram espécies importantes para a abundância total da comunidade (Nascimento 2012). Wengrat (2011) mostrou a contribuição das espécies *Achnantheidium catenatum* e *Brachysira brebissonii* para a riqueza do Complexo Billings e a última espécie fez parte, junto com outras, da caracterização da fase oligotrófica de uma represa urbana eutrófica (Lago das Garças) na cidade de São Paulo (Costa-Böddeker *et al.* 2012). Ainda, estudos demonstraram que *Brachysira brebissonii* vem sendo identificada de ambientes com baixos teores de fósforo total (Siver *et al.* 2005, Hamilton 2010). *Staurosira construens* foi, novamente, a espécie que mais contribuiu para a abundância total da represa Tanque Grande, confirmando que a estrutura da comunidade de diatomáceas nessa represa pouco variou considerando os dois períodos climáticos do presente estudo.

Os resultados atualmente obtidos para a represa Cabuçu não apontaram interferência da escala sazonal, além do que o gradiente longitudinal pouco influenciou na organização estrutural das diatomáceas na represa. Tanto a riqueza quanto a diversidade foram menores na represa Cabuçu, com dominância bastante significativa de duas espécies: *Discostella stelligera* e *Aulacoseira tenella* em ambos os períodos climáticos. De fato, os índices de diversidade apontaram para uma baixa diversidade e permitiram observar homogeneidade de espécies entre as estações de amostragem. *Discostella stelligera* foi dominante em ambos os períodos climáticos e é um exemplo de diatomácea característica de ambiente pobre em nutrientes (van Dan *et al.* 1994), podendo ser utilizada em trabalhos de biomonitoramento local.

As espécies abundantes e as dominantes presentemente registradas já haviam sido identificadas na única flora de diatomáceas preparada para a represa Cabuçu (Barbosa 2010). Também já haviam sido documentadas para o Sistema Cantareira (Nascimento 2012) e para o Sistema Alto Cotia (Silva 2012). O gênero *Discostella* foi identificado na represa Billings (Wengrat 2011) e espécies desse gênero vêm sendo associadas ao aumento de temperatura em ambientes temperados (Douglas *et al.* 2004, De Vault 2007, Ruhland *et al.* 2008).

Considerando as duas represas do Sistema Produtor de Guarulhos, as comunidades de diatomáceas planctônicas tanto no período de inverno quanto no de verão caracterizaram ambientes oligotróficos, de águas levemente ácidas e uma população de muitos representantes bentônicos que, portanto, merecem atenção quanto à sua presença no plâncton.

6.3. Caracterização das diatomáceas dos sedimentos superficiais das represas Tanque Grande e Cabuçu

Os sedimentos constituem um ambiente bom preservador das frústulas de diatomáceas (Smol 2008) que fornecem, por sua vez, valiosas informações sobre as condições ambientais pretéritas dos ecossistemas aquáticos, sendo amplamente utilizadas para indicar a qualidade da água (Miettinen 2003, Räsänen *et al.* 2006, Cremer *et al.* 2009, Smol & Stoermer 2010). Os dois primeiros centímetros superficiais dos sedimentos incluem uma comunidade de diatomáceas depositadas em um passado recente, representando uma amostra espacial e temporalmente integrada dos eventos acontecidos e dos materiais oriundos de diversos habitats (Bennion 1995).

A composição de espécies de diatomáceas nos sedimentos foi bastante semelhante à encontrada na coluna d'água, incluindo representantes de hábitos bentônico, planctônico e perifítico. Maior riqueza foi observada na represa Tanque Grande e isto pode estar associado ao fato da represa ser relativamente rasa, acumulando informação de vários habitats. Foi

observada baixa diversidade e as estações de amostragem entre e intra compartimentos foram similares umas às outras, caracterizadas pela abundância de poucas espécies. Porém, a distribuição da densidade de valvas foi diferente nas duas represas. Na represa Cabuçu, a densidade de valvas foi crescente no sentido da região pelágica, ou seja, foi maior à medida que se distanciava do tributário, resultado coerente desde que a influência da ação do fluxo de água dos tributários dificulta a sedimentação de partículas finas, incluindo as diatomáceas (Thornton *et al.* 1990). Essa tendência também foi observada na represa Jaguari-Jacareí, conforme Nascimento (2012).

Resultado oposto foi observado na represa Tanque Grande, onde a densidade de valvas decresceu no sentido da região pelágica do reservatório. Esta tendência pode estar associada a influências laterais, ou seja, à contribuição de diversos tributários que culminou no acúmulo maior de partículas na região próxima a eles. De fato, a rede hidrográfica do Tanque Grande é composta por sete córregos que resultam na represa. Da mesma forma, o gradiente longitudinal também não foi observado no caso das diatomáceas dos sedimentos superficiais dos reservatórios do rio Paranapanema, provavelmente por conta da influência dos inúmeros tributários dessas represas em cascata (Silva 2008).

As espécies que mais contribuíram com a abundância total de táxons na represa Tanque Grande foram: *Staurosira construens*, *Aulacoseira tenella*, *Staurosirella pinnata* e *Discostella stelligera*. Essas espécies foram abundantes também no plâncton. Como os dois primeiros centímetros dos sedimentos geralmente integram de um a dois anos de informação ou até quatro em ambientes mais protegidos e com baixa taxa de sedimentação (Smol 2008), isso mostra que a comunidade de diatomáceas vem se mantendo relativamente constante durante todo esse tempo.

Staurosira construens é uma espécie abundante tanto no plâncton quanto nos sedimentos e é considerada uma espécie que não exige muito do ambiente em termos de concentração de nutrientes, sendo encontrada em sistemas desde oligo até eutróficos (Oliveira 2008). *Aulacoseira tenella* e *Discostella stelligera* foram documentadas como habitando ambientes oligotróficos (Nascimento 2012, Silva 2012). *Staurosirella pinnata* é frequentemente citada como espécie alcaliófila e pode ocorrer em ambientes desde oligo até hipereutrófico (Moro & Füsstenberger 1997).

Da mesma maneira, a abundância de táxons na represa Cabuçu foi mais bem representada pelas espécies *Staurosira construens*, *Aulacoseira tenella* e *Discostella stelligera*. A composição da comunidade de diatomáceas dos sedimentos superficiais das represas Tanque Grande e Cabuçu foi representada, praticamente, pelas mesmas espécies, com poucas delas diferindo entre uma e outra comunidade. A maior diferença foi observada

na porcentagem de abundância que cada espécie apresentou nas estações de amostragem e pela presença de táxons raros diferentes.

A similaridade de Bray-Curtis sugeriu que as diferenças taxonômicas entre as represas ocorreram conforme a distribuição espacial das abundâncias das espécies, uma vez que as estações de amostragem localizadas próximas à entrada dos principais tributários diferiram daquelas localizadas próximo da barragem.

Dessa forma, o compartimento sedimentar comportou-se como um sítio integrador (Cunha *et al.* 2006) e acumulador de informações das represas, revelando associações desse compartimento com as de outros habitats como, identificando, o planctônico e o perifítico. Demonstrou também que a comunidade de diatomáceas depositada nos sedimentos num passado recente, ainda tem relação com a comunidade presente na coluna d'água, indicando que, além de uma integração espacial também houve integração temporal.

6.4. Caracterização das diatomáceas perifíticas das represas Tanque Grande e Cabuçu

As diatomáceas destacam-se entre os micro-organismos perifíticos e foi a classe de algas predominante nesse ambiente (Pompêo *et al.* 2003) pelo fato de possuírem estratégias que lhes conferem vantagens adaptativas como, por exemplo, a mucilagem secretada que facilita sua aderência ao substrato (Round *et al.* 1990).

Estudos florísticos das diatomáceas perifíticas vêm se tornando frequentes no Brasil, principalmente nas regiões Sul e Sudeste do país (Fürstenberger & Valente-Moreira 2000a, 2000b, Cetto *et al.* 2004, Ludwig *et al.* 2005, Tremarin *et al.* 2009a). Atenção também vem sendo dada ao uso das diatomáceas epilíticas (Oliveira *et al.* 2001, Lobo *et al.* 2002, Salomoni *et al.* 2006, Hermany *et al.* 2006), bem como das epífitas (Souza & Moreira-Filho 1999a, 1999b, Rodrigues & Bicudo 2001, Ferrari *et al.* 2007) na indicação da qualidade ecológica da água.

A composição florística da comunidade de diatomáceas perifíticas das represas Tanque Grande e Cabuçu foi distinta e não pôde ser estabelecido um paralelo comparativo no que tange a riqueza de espécies, pois na represa Cabuçu só foi estabelecida uma estação de amostragem em cada período climático. De maneira geral, foi detectada quantidade maior de táxons no período de inverno em ambas as represas. Na avaliação conjunta dos dados pôde-se notar que as espécies que tiveram abundâncias relativas maiores na represa Tanque Grande estiveram associadas aos maiores valores de nutrientes, porém, ocorrendo o inverso na represa Cabuçu.

Na represa Tanque Grande, as espécies descritoras da comunidade durante o inverno foram: *Brachysira brebissonii*, *Achnantheidium minutissimum* e *Encyonopsis subminuta*. Não

houve dominância de qualquer espécie nessa comunidade e *Brachysira brebissonii* foi a que mais contribuiu para a abundância total nas três estações de amostragem. No verão, *Brachysira brebissonii*, *Encyonema neomesianum*, *Staurosira construens* e *Eunotia pseudosudetica* foram as espécies mais abundantes. Nas estações TG1 e TG2, *Brachysira brebissonii* foi a espécie que mais contribuiu com a abundância total, enquanto que na estação TG3 *Encyonema neomesianum* foi a mais abundante.

Na represa Cabuçu, *Achnantheidium minutissimum* foi a espécie mais abundante em ambos os períodos climáticos estudados e foi considerada dominante durante o verão, desde que contribuiu de maneira expressiva (> 70%) para a abundância total no período. No inverno, também apresentaram contribuições significativas *Fragilaria crotonensis* e *Discostella stelligera*.

Costa-Böddeker *et al.* (2012) relataram a presença de *Brachysira brebissonii* em estudo paleolimnológico efetuado em uma represa urbana de São Paulo (Lago das Garças), associando a espécie à fase oligotrófica do sistema, quando ocorreu maior transparência da água e dominância dos componentes bentônicos. Para regiões temperadas, a referida espécie foi observada em sistemas da América do Norte cujo pH se apresentou moderadamente ácido, mas também em sistemas desde oligo até mesotróficos (westerndiatoms.colorado.edu).

Round *et al.* (1990) mostraram que *Achnantheidium minutissimum* vem apresentando ampla tolerância a variações ambientais, podendo ser encontrada em ambientes tanto ricos quanto pobres em nutrientes. Da mesma forma, Lange-Bertalot (1979) caracterizou *A. minutissimum* como uma espécie que geralmente se destaca por sua alta densidade na comunidade por apresentar tolerância variável à poluição. Em um estudo efetuado em dois reservatórios com trofias diferentes, a referida espécie foi associada ao ambiente eutrófico, visto que foi registrada em altas densidades durante todo o período amostrado, enquanto que no ambiente oligotrófico a densidade foi comparativamente menor (Silva 2009). A espécie é característica por se apresentar presa ao substrato por mucilagem secretada pela rafe (Cox 1996).

Stevenson & Bahls (1999) referiram *A. minutissimum* como sendo responsável pela colonização primária de substratos perturbados. Para os referidos autores, a abundância relativa da espécie é diretamente proporcional ao tempo transcorrido desde o ultimo evento de perturbação e concluíram que as altas abundâncias relativas que observaram estavam relacionadas a eventos de perturbação de maior magnitude.

Dessa forma, a ampla faixa de tolerância de *Achnantheidium minutissimum* a diversos fatores e em diferentes tipos de ambientes dificulta sua interpretação ecológica. A ocorrência

da espécie em densidades elevadas em condições ambientais tão distintas impossibilita seu uso como bioindicador ambiental.

Poucas são as características ecológicas atualmente conhecidas para *Encyonopsis subminuta*. A espécie foi registrada em regiões de clima temperado e considerada cosmopolita (Krammer 1997). No Complexo Billings, um sistema eutrófico, a espécie foi abundante na comunidade planctônica (Wengrat 2011). Nos reservatórios do Piraquara e do Iraí, respectivamente oligotrófico e eutrófico, foi registrada a presença da espécie, porém, sem destacá-la em termos quantitativos em qualquer dos dois ambientes (Silva 2009).

No levantamento florístico da represa Tanque Grande, Oliveira (2008) caracterizou a espécie *Encyonema neomesianum* como de habitats perifítico e planctônico, podendo habitar ambientes desde oligo até eutrófico. Em um levantamento florístico da ordem Cybellales, a espécie mostrou-se amplamente distribuída no Estado de São Paulo (Marquardt 2012), entretanto, sem destacar as condições tróficas dos locais em que foi coletada.

Eunotia pseudosudetica contribuiu com a riqueza de táxons no braço rio Pequeno do Complexo Billings, compartimento ora classificado mesotrófico ora eutrófico, dependendo do período climático considerado, sendo considerada espécie abundante nos sedimentos superficiais (Wengrat 2011). Da mesma maneira, a espécie compôs a riqueza do Sistema Alto Cotia classificado mesotrófico (Silva 2012) e também do Sistema Cantareira (Nascimento 2012) classificado ultra-oligotrófico.

Fragilaria crotonensis foi descrita para ambientes com pH elevado (variável de 8,1 a 8,8) e foi encontrada em ambientes meso a eutróficos (Moro & Fürstenberger 1997). Wengrat (2011) associou *Fragillaria crotonensis* var. *oregona* a ambientes eutróficos a hipereutróficos e tolerante à contaminação por metais.

As espécies *Staurosira construens* e *Discostella stelligera* foram comuns no plâncton, nos sedimentos superficiais e no perifíton, sendo que a primeira espécie, como foi mencionado, apresenta uma ampla faixa de tolerância a condições ambientais e a segunda é geralmente documentada habitando em ambientes com baixas concentrações de nutrientes.

A estrutura da comunidade de diatomáceas perifíticas do Sistema Produtor de Guarulhos foi melhor influenciada pela sazonalidade e apresentou desde espécies com ampla tolerância a variações ambientais até outras que se desenvolvem em ambientes com concentrações específicas de nutrientes.

6.5. Associação de espécies de diatomáceas indicadoras de hábitat nas represas Tanque Grande e Cabuçu

A diversidade de diatomáceas no Sistema Produtor de Guarulhos foi bastante homogênea quando comparada com aquela das estações de amostragem intracompartimentar; e similar entre as represas. Com relação aos hábitats, a diversidade também foi parecida, pois algumas espécies foram encontradas nos três compartimentos: plâncton, sedimentos superficiais e perifíton.

As espécies indicadoras de hábitats foram avaliadas usando a análise de espécies indicadoras (IndVal), cujos grupos foram formados com base na contribuição da abundância e pela presença nos três hábitats estudados. O valor indicativo de uma espécie é uma medida amplamente utilizada para expressar a importância da espécie dentro de cada comunidade (Podani & Csányi 2010), desde que a detecção de espécies que melhor caracterizem um conjunto é uma ferramenta importante para avaliar e classificar ecologicamente uma comunidade.

Nem todas as espécies dominantes ou abundantes nos diferentes compartimentos foram consideradas indicadoras, a exemplo de *Staurosira construens* (abundante no plâncton), *Aulacoseira tenella* (abundante nos sedimentos superficiais) e *Achnanthyidium minutissimum* (dominante no perifíton). Considerando os três compartimentos (água, sedimentos superficiais e perifíton), 19 espécies foram consideradas indicadoras, das quais três o foram para o plâncton, sete para os sedimentos superficiais e nove para o perifíton.

Algumas espécies chamaram a atenção dentro de seus respectivos grupos devido ao seu alto valor indicativo (VI) como é o caso, por exemplo, de *Aulacoseira ambigua* que se destacou no grupo planctônico. De fato, essa espécie foi documentada como de hábito planctônico, comum em sistemas de água doce com produtividade moderada (Poister *et al.* 2012). Resultados de *A. ambigua* em experimentos em cultivo indicaram sua preferência por ambientes com maiores temperaturas e intensidade luminosa relativa, quando foi comparada com outras espécies do gênero (Shear *et al.* 1976). Esta espécie vem sendo relacionada com ambientes com mistura da coluna d'água (Zalat & Vildary 2007), de mesotróficos a eutróficos (Manoylov *et al.* 2009, Ferrari 2010, Wengrat 2011), mais também ultraoligotróficos (Nascimento 2012).

No grupo dos sedimentos superficiais, duas espécies se destacaram com o valor indicativo (VI) superior ao das demais e foram: *Nitzschia amphibia* e *Pseudostaurosira parasitica*. A primeira delas é, segundo Lowe (1974), de ambiente tipicamente eutrófico, podendo estar associada a uma ampla faixa de variação de pH (considerada indiferente para este fator) e viver tanto no perifíton quanto no bentos. A segunda espécie, *P. parasitica*,

possui um melhor desenvolvimento em ambientes com pH ao redor de 7 e ótimo desenvolvimento em pH acima de 7 sendo, por isso, considerada alcaliófila. Com relação à concentração de nutrientes, *P. parasitica* é considerada meso-eutrófica e de hábito tipicamente bentônico (van Dam *et al.* 1994). Curiosamente, as duas espécies que atualmente se destacaram no grupo dos sedimentos superficiais por possuírem valores indicativos expressivos, pouco contribuíram para a abundância relativa.

No grupo das diatomáceas perifíticas, os maiores valores indicativos foram obtidos por *Encyonema neogracile*, *Eunotia pseudosudetica* e *Frustulia saxonica*. Essas três espécies têm seu desenvolvimento ótimo em ambientes com pH menor do que 7 sendo, portanto, consideradas acidófilas. *Encyonema neogracile* foi descrita como de hábito bentônico, comum em ambientes tanto oligotróficos quanto mesotróficos (Denys 1991) e está amplamente distribuída no Estado de São Paulo (Marquardt 2012). *Eunotia pseudosudetica* foi identificada como oligo-mesotrófica, seu hábitat preferencial é o perifítico e seu ótimo desenvolvimento ocorre em ambientes com pH variando entre 4,5 e 5,5 (Furey 2011). *Frustulia saxonica* é uma espécie comum em ambientes oligotróficos e seu hábitat preferencial é o bentônico (van Dam *et al.* 1994).

De maneira geral, as espécies que se destacaram como bioindicadoras de hábitat foram coerentes com a literatura referente aos três compartimentos. As diatomáceas associadas ao hábitat perifítico caracterizou-se por uma maior diversidade, já que espécies de hábito planctônico ou mesmo as bentônicas podem desenvolver estratégias que proporcionam sua aderência ao substrato se as condições ambientais lhes forem propícias, facilitando assim sua permanência no ambiente. A grande maioria dos representantes indicadores de habitats está associada a águas com baixas concentrações de nutrientes, levemente ácidas e com maior transparência, corroborando dados do Índice de Estado Trófico.

Considerando a similaridade de Bray-Curtis para os três habitats, os sedimentos superficiais e o plâncton foram os grupos mais semelhantes entre si, principalmente, por compartilharem o maior número de espécies, o que reforça o papel acumulador dos sedimentos, desde que neles ocorrem espécies planctônicas e bentônicas. A comunidade perifítica foi, portanto, o grupo mais dissimilar desde que a composição florística desta comunidade, apesar de incluir espécies de outros habitats foi, na maioria, de espécies tipicamente perifíticas.

7

CONCLUSÕES E SUGESTÕES

O estudo das duas represas – Tanque Grande e Cabuçu – durante dois períodos climáticos contrastantes e sucessivos – seca e chuvas – permitiu que se concluísse que a maior variabilidade limnológica das represas ocorreu pela influência da escala temporal, em que o período de inverno foi caracterizado pela mistura da coluna d'água, maior transparência da água, maior disponibilidade de carbono livre, menores valores de pH, menor disponibilidade de sílica solúvel reativa e menores valores de nutrientes totais e dissolvidos, dando-se o inverso no período de verão. Permitiu também que:

- A escala espacial pouco contribuiu para a variabilidade das características limnológica nas represas, de forma que as estações de amostragem das zonas de montante, intermediária e de barragem apresentaram pouca e, algumas vezes, até nenhuma variação mostrando a inexistência de um gradiente longitudinal e mostrando a similaridade entre as estações de amostragem.
- As represas Tanque Grande e Cabuçu foram classificadas oligotróficas e as características limnológicas de ambas vêm se mantendo de acordo com o monitoramento realizado pela CETESB. No conjunto, as informações limnológicas mostraram que as represas do Sistema Produtor de Guarulhos permanecem em condições de baixo impacto antropogênico, relativamente bem protegidas, uma vez que estão inseridas dentro da Área de Proteção Ambiental Cabuçu-Tanque Grande, fazendo parte do Parque Estadual da Cantareira. Foram, por isso, consideradas neste estudo ambientes de referência para a Região Metropolitana de São Paulo.
- A comunidade das diatomáceas planctônicas foi constituída por 63 táxons entre espécies e categorias infraespecíficas distribuídos em 33 gêneros, dos quais oito foram considerados abundantes e apenas um (*Discostella stelligera*) dominante em duas estações de amostragem (CB1 e CB3).
- A organização da comunidade de diatomáceas planctônicas não sofreu influência da escala espacial e poucas alterações foram observadas na escala sazonal. Na represa

Tanque Grande, *Staurosira construens* foi a espécie mais abundante tanto no inverno quanto no verão, mostrando indiferença quanto à circulação da massa d'água ocorrida em ambos os períodos. Na represa Cabuçu, *Discostella stelligera* e *Aulacoseira tenella* foram abundantes, sendo a primeira dominante nos dois períodos climáticos amostrados e é uma espécie típica de ambientes com baixas concentrações de nutrientes, podendo ser utilizada como base para biomonitoramento no local.

- As diatomáceas dos sedimentos superficiais foram representadas por 60 táxons específicos e infraespecíficos distribuídos em 31 gêneros, sete espécies foram consideradas abundantes e duas dominantes, *Staurosira construens* e *Aulacoseira tenella*.
- A estrutura e a distribuição das espécies de diatomáceas dos sedimentos superficiais sofreram influência dos tributários e da profundidade das represas. Na Tanque Grande, a densidade de valvas foi maior na zona de montante, visto que a contribuição de diversos tributários proporcionou o acúmulo maior de diatomáceas nessa região. Na Cabuçu, o fluxo da água do tributário impediu a sedimentação das diatomáceas na região de montante, sendo estas depositadas na zona de barragem, que é a região mais profunda do sistema.
- Os sedimentos superficiais integraram elementos planctônicos de ambos os períodos climáticos avaliados e ainda espécies bentônicas, confirmando seu papel integrador e acumulador.
- A comunidade de diatomáceas perifíticas foi composta por 51 táxons específicos e infraespecíficos distribuídos em 26 gêneros, sendo que 14 espécies foram abundantes e apenas uma (*Achnanthes minutissimum*) dominante no período de verão na represa Cabuçu.
- A organização da comunidade perifítica foi influenciada, principalmente, pela escala sazonal e mais do que tudo na represa Cabuçu. No inverno, a circulação da água favoreceu a abundância de *A. minutissimum*, *Fragilaria crotonensis* e *Discostella stelligera*. No verão, o regime de mistura da coluna d'água e as altas temperaturas contribuíram para que *A. minutissimum* dominasse a comunidade. Isso mostra que a espécie *A. minutissimum* possui uma ampla faixa de tolerância a diversos fatores ambientais, impedindo que a espécie seja utilizada como indicadora ambiental. Na Tanque Grande, *Brachysira brebissonii* foi a espécie mais abundante no inverno e no verão, exceto na estação de amostragem TG3 em que *Encyonema neomesianum* foi a mais abundante.
- As espécies indicadoras de habitats foram consideradas boas representantes nos três compartimentos estudados (água, sedimentos superficiais e perifíton) e estiveram, na

maioria, associadas a águas com baixas concentrações de nutrientes, levemente ácidas e com maior transparência, características dos ambientes oligotróficos.

- A comparação entre as comunidades de diatomáceas mostrou que o plâncton e os sedimentos superficiais são bastante similares entre si, uma vez que os sedimentos recentes integram elementos tanto planctônicos quanto bentônicos de ambos os períodos climáticos avaliados. A comunidade perifítica apresentou padrão mais diferenciado apresentando táxons tipicamente perifíticos.

E, finalmente, sugerir que:

- Embora já possa ser perceptível o uso indevido do solo e da ocupação desordenada nas proximidades das duas represas, estas ainda preservam suas condições de equilíbrio. Salienta-se, entretanto, a necessidade urgente de ações que permitam conter o aporte de nutrientes provenientes das cidades vizinhas das bacias dos principais tributários, a fim de manter a qualidade ecológica das referidas represas e suas condições de referência entre os mananciais da Região Metropolitana de São Paulo.
- Destaca-se a importância de um estudo taxonômico mais minucioso da flórmula de diatomáceas das duas represas, para permitir o conhecimento autoecológico de seus componentes e, por conseguinte, a melhor caracterização das espécies e sua atuação como indicadoras de qualidade ecológica da água.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Academia de Ciências da Filadélfia** - Diatom Collection. Disponível em: research.calacademy.org/research/diatoms/names> Acesso em 10 de outubro de 2014.
- Almeida, J.C.H., Silva, L.G.E. & Valladares, C.S.** 1993. O Grupo Paraíba do Sul e rochas granitóides na região de Bananal (SP) e Rio Claro (RJ): uma proposta de formalização litoestratigráfica. *In: Simpósio de Geologia do Sudeste*, 3. Rio de Janeiro, 1993. Atas... Rio de Janeiro, SBG. p. 1161-167.
- Andersen, J.M.** 1976. An ignition method for determination of total phosphorus in lake sediments. *Water Research* 10: 329-331.
- Andrade, M.R.M.** 1999. Cartografia de aptidão para assentamento urbano do Município de Guarulhos. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Arcifa, M.S., Carvalho, M.A.J., Giancesella-Galvão, S.M.F., Shimizu, G.Y. Froehlich, C.G. & Castro, R.M.C.** 1981. Limnology of ten reservoirs in Southeastern Brazil. *Verhndlungen der Internationale Vereinigung der Limnologie* 21: 1048-1053.
- Ayres, F.M.** 2007. Diagnóstico da qualidade da água do Reservatório do Tanque Grande, Município de Guarulhos, Estado de São Paulo, no período compreendido entre 1990 e 2006. Dissertação de Mestrado. Universidade Guarulhos, Guarulhos, Guarulhos.
- Barbosa, V.S.** 2010. Ecologia de diatomáceas do reservatório Cabuçu, Guarulhos, SP: qualidade da água, sazonalidade e correlação com parâmetros físicos e químicos. Dissertação de Mestrado. Universidade Guarulhos, Guarulhos, Guarulhos.
- Battarbee, R.W.** 1986. Diatoms analysis. *In: Berglund, B.E. (ed.), Handbook of Holocene Palaeohydrology*. John Wiley & Sons, New York. p. 527-570.
- Battarbee, R.W., Anderson, N.J., Jeppensen, E. & Leavitt, P.R.** 2005. Combining paleolimnological and limnological approaches in assessing lake ecosystem response to nutrient reduction. *Freshwater Biology* 50: 1772-1780.
- Battarbee, R.W., Jones, V., Flower, R.J., Cameron, N., Bennion, H., Carvalho, L. & Juggins, S.** 2001. Diatoms. *In: Smol, J.P., Birks, H.J.B. & Last, W.M. (ed.), Tracking environmental change using lake sediments*. Kluwer Academic Publishers, London. vol. 3, p. 155-203.

- Bennion, H.** 1995. Surface-sediment diatom assemblages in shallow, artificial, enriched ponds and implications for reconstructing trophic status. *Diatom Research* 10: 1-19.
- Bennion, H., Battarbee, R.W., Sayer, C.D., Simpson, G.L. & Davidson, T.A.** 2011. Defining reference conditions and restoration targets for lake ecosystems using Paleolimnology: a synthesis. *Journal of Paleolimnology* 45: 533-544.
- Beyene, A., Addis, T., Kifle, D., Legesse, W., Kloos, H. & Triest, L.** 2009. Comparative study of diatoms and macroinvertebrates as indicators of severe water pollution: case study of the Kebena and Akaki rivers in Addis Ababa, Ethiopia. *Science Direct. Ecological Indicators* 9: 381-392.
- Bicudo, D.C.** 1990. Considerações sobre metodologias de contagem de algas do perifíton. *Acta Limnologica Brasiliensia* 3: 459-475.
- Bicudo, D.C., Forti, M.C., Carmo, C.F.C., Bourotte, C., Bicudo, C.E.M., Melfi, A. & Lucas, Y.** 2002. A atmosfera, as águas superficiais e os reservatórios no PEFI: caracterização química. *In*: Bicudo, D.C., Forti, M.C. & Bicudo, C.E.M. (eds), Parque Estadual das Fontes do Ipiranga: unidade de conservação ameaçada pela urbanização de São Paulo. Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, São Paulo. p. 161-200.
- Bigler, C. & Hall, R.J.** 2003. Diatoms as quantitative indicators of July temperature: a validation attempt at century-scale with meteorological data from northern Sweden. *Palaeolimnology* 189: 147-160.
- Birks, H.H. & Birks, H.J.B.** 2006. Multi-proxy studies in palaeolimnology. *Archaeobotany* 15: 235-251.
- Braga, B.P.F., Flecha, R., Pena, D.S. & Kelman, J.** 2008. Pacto federativo e gestão de águas. *Estudos Avançados* 22(63): 17-42.
- Branco, S.M.** 1966. Estudos das condições sanitárias da Represa Billings. *Arquivos da Faculdade de Higiene e Saúde Pública* 20(1): 57-86.
- Caballero, M., Vasquez, G., Lozano-García, S., Rodríguez, A., Sosa-Nájera, S., Ruiz-Fernandez, A.C. & Ortega, B.** 2006. Present limnological conditions and recent (ca. 340 yr) paleolimnological of a tropical lake in the Sierra de Los Tuxtlas, eastern Mexico. *Journal of Paleolimnology* 35: 83-97.
- Callegaro, V.L.M.** 1988. Diatomáceas da turfeira de Águas Claras, planície costeira do Rio Grande do Sul: taxonomia, aspectos ecológicos e subsídios à Paleolimnologia. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul Porto Alegre.
- Carpenter, S.R.** 2005. Eutrophication of aquatic ecosystems: stability and soil phosphorous. *Proceedings of the National Academic of Sciences of the United States of America*, 102: 10002-10005.
- CETESB.** 2014. Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo, 2013. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, São Paulo.

- Cetto, J.M., Leandrini, J.A., Felisberto, S.A. & Rodrigues, L.** 2004. Comunidade de algas perifíticas no reservatório de Irai, Estado do Paraná, Brasil. *Acta Scientiarum-Biological Sciences* 26(1): 1-7.
- Costa-Böddeker, S., Bennion, H., Jesus, T.A., Albuquerque, A.L.S., Rubens, C.L. Figueira & Bicudo, D.C.** 2012. Paleolimnologically inferred eutrophication of a shallow tropical urban reservoir, southeast Brazil. *Journal of Paleolimnology* 48: 751-776.
- Cox, E.J.** 1996. Identification of freshwater diatoms from live material. Universidade da California, Chapman & Hall.
- Cremer, H., Bunnik, F.P.M., Kirilova, E.P., Lammens, E.H.R.R. & Lotter, A.F.** 2009. Diatom-inferred trophic history of IJsselmeer (The Netherlands). *Hydrobiologia* 631: 279-287.
- Crossetti, L.O., Bicudo, D.C. & Bicudo, C.E.M.** 2008. Adaptations in phytoplankton life strategies to imposed change in a shallow urban tropical eutrophic reservoir, Garças Reservoir, over 8 years. *Hydrobiologia* 614: 91-105.
- Cruces, F., Urrutia, R., Araneda, A., Torres, L., Cisternas, M. & Vyverman, W.** 2001. Evolución trófica de Laguna Grande de San Pedro (VIII región, Chile) durante el último siglo, mediante el análisis de registros sedimentários. *Revista Chilena de Historia Natural* 74: 407-418.
- Cruces, F., Urrutia, R., Parra, O., Araneda, A., Treutler, H., Bertrand, S., Fagel, N., Torres, L., Barra, R. & Chirinos, L.** 2006. Changes in diatom assemblages in an Andean lake in response to a recent volcanic event. *Archiv für Hydrobiologie* 165: 23-35.
- Cunha, D.G.F., Calijuri, M.C. & Miwa, A.C.P.** 2006. Estudo do sedimento do rio Jacupiranguinha, Vale do Ribeira, SP. *Anais da 58ª Reunião Anual da SPBC, Florianópolis*.
- De Vault, A.** 2007. Links between climate change and the abundance of *Cyclotella stelligera* in Alpine Lakes. *Journal of Undergraduate Research* 10: 1-3.
- Dennys, L.** 1991. A check-list of the diatoms in the Holocene deposits of the western Belgian coastal plain with a survey of their apparent ecological requirements, 1: introduction, ecological code and complete list. *Service Geologique de Belgique, Professional Paper* 246: 1-41.
- Digby, P.G.N. & Kempton, R.A.** 1987. Multivariate analysis of ecological communities. Chapman and Hall, London and New York.
- Douglas, M.S.V, Hamilton, P.B., Pienitz, R., Smol, J.P.** 2004. Algal indicators of environmental change in arctic and Antarctic lakes and ponds. *In: Pienitz, R., Douglas, M.S.V. & Smol, J.P. (eds), Long-term environmental change in Arctic and Antarctic lakes.* Springer, Dordrecht. p. 40-158.

- Dumont, H.J. & Tundisi, J.G.** 1997. Preliminary data on the paleolimnology of four lakes, *In: Tundisi, J.G. & Saijo, Y. (eds), Limnological studies on the Rio Doce valley lakes, Brazil. Academia Brasileira de Ciências & USP, Rio de Janeiro.*
- Esteves, F.A.** 2011. Fundamentos de Limnologia. Interciência, Rio de Janeiro. (2ª edição).
- Faustino, S.B.** 2013. Distribuição espacial das diatomáceas nos sedimentos superficiais da represa Guarapiranga (São Paulo). Dissertação de Mestrado. Instituto de Botânica, São Paulo.
- Feio, M.J., Almeida, S.F.P., Craveiro, S.C. & Calado, A.J.** 2009. A comparison between biotic indices and predictive models in stream water quality assessment based on benthic diatom communities. *Science Direct, Ecological Indicators* 9: 497-507.
- Ferrareze, M.F.F., Nogueira, M.G. & Vianna, N.C.** 2005. Transporte de nutrientes e sedimentos no rio Paranapanema (SP/PR) e seus principais tributários nas estações seca e chuvosa. *In: Nogueira, M.G., Henry, R. & Jorcin, A. (eds), Ecologia de reservatórios: impactos potenciais, ações de manejo e sistemas em cascata. Editora RiMa, São Carlos. p. 435-459.*
- Ferrari, F.** 2010. Estrutura e dinâmica da comunidade de algas planctônicas (com ênfase nas diatomáceas) em reservatórios oligotrófico e hipertrófico (Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo). Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.
- Ferrari, F., Procopiak, L.K., Alentar, Y.B. & Ludwig, T.A.V.** 2007. Eunotiaceae (Bacillariophyceae) em igarapés da Amazônia Central, Manaus e Presidente Figueiredo, Brasil. *Acta Amazonica* 37: 1-16.
- Furey, P.** 2011. *Eunotia papilioforma*. *In: Diatoms of the United States.* http://westerndiatoms.colorado.edu/taxa/species/eunotia_papilioforma. Acesso em 11.11.2014.
- Fürstenberger, C.B. & Valente-Moreira, I.M.** 2000a. Diatomáceas (Bacillariophyta) perifíticas da lagoa Tarumã, Ponta Grossa, Paraná, Brasil, 1: Bacillariophycidae (exceto Eunotiaceae). *Insula* 29: 25-65.
- Fürstenberger, C.B. & Valente-Moreira, I.M.** 2000b. Diatomáceas (Bacillariophyta) perifíticas da lagoa Tarumã, Ponta Grossa, Paraná, Brasil, 2: Eunotiaceae. *Insula* 29: 117-134.
- Gianini, C.E.** 2002. Diatomáceas como indicadoras de acidificação em lagos da Amazônia Central. Tese de Doutorado. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus.
- Golterman, H.L. & Clymo, R.S.** 1969. Methods for chemical analysis of freshwaters. Blackwell Scientific Publications, Oxford. International Biological Programme. (IBP Handbook nº 8).

- Golterman, H.L., Clymo, R.S. & Ohmstad, M.A.M.** 1978. Methods for physical and chemical analysis of fresh waters. Blackwell Scientific Publications, Oxford. International Biological Program. (Handbook nº 8). (2ª edição).
- Gomes, D.F.** 2007. Elaboração de funções de transferência para a reconstituição de paleopropriedade na Lagoa do Boqueirão, RN, com base em diatomáceas. Tese de Doutorado, Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro.
- Gomez, N., Sierra, V.M., Cortelezzi, A. & Rodrigues, A.** 2008. Effects of discharges from textile industry on the biotic integrity of benthic assemblages. Science Direct, Ecotoxicology and Environmental Safety 69: 472-479.
- Graça, S.** 2007. Flora de diatomáceas moderna do Lago Estância das Águas Claras, Guarulhos (SP): avaliação da qualidade da água. Dissertação de Mestrado. Universidade Guarulhos, Guarulhos.
- Hamilton, P.** 2010. *Brachysira brebissonii*. In: Diatoms of the United States. http://westerndiatoms.colorado.edu/taxa/species/brachysira_brebissonii Acesso em 03.10.2014.
- Hedges, J.I. & Stern, J.H.** 1984. Carbon and nitrogen determinations of carbonate-containing solids. Limnology and Oceanography 29: 657-663.
- Hermany, G., Lobo, E.A., Schwarzbald, A. & Oliveira, M.A.** 2006. Ecology of the epilithic diatom community in a low-order stream system of the Guaíba hydrographical region: subsidies to the environmental monitoring of southern Brazilian aquatic system. Acta Limnologica Brasiliensia 8: 9-27.
- Hill, J.W., Feigl, D.M. & Baum, S.J.** 1993. Chemistry and life: an introduction to general, organic, and biological chemistry. Macmillan, Nova Iorque. (4ª edição).
- Hustedt F.** 1930. Die Susswasser-Flora Mitteleuropas. Otto Koeltz Science Publishers: Stuttgart, p. 1-466.
- IBGE.** 2014. Nota técnica: estimativas da população dos municípios brasileiros com data de referência em 1º de julho de 2014. Disponível em www.ibge.gov.br/.
- Johnson, R.K., Wiederholm, T. & Rosenberg, D.M.** 1993. Freshwater biomonitoring using individual organisms, populations, and species assemblages of benthic macroinvertebrates. In: Rosenberg, D.M. & Resh, V.H. (eds), Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. Chapman and Hall, New York. p. 40-158.
- Kalff, J.** 2002. Limnology. Prentice Hall, New Jersey.
- Kolwitz, R. & Marsson, M.** 1909. Ökologie der tierischen Saprobien. Beiträge zur Lehre von der biologischen Gewässerbeurteilung. International Review of Hydrobiology 2: 126-152.

- Krammer, K.** 1997. Die cymbelloiden Diatomeen: eine Monographie der weltweit bekannten Taxa, 2: *Encyonema* part., *Encyonopsis* and *Cymbellopsis*. Bibliotheca Diatomologica 37: 1-469.
- Krammer, K. & Lange-Bertalot, H.** 1991. Bacillariophyceae, 3: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. In: Sübwasserflora Mitteleuropas. In: Ettl, H., Gerloff, J., Heynig, H. & Mollenhauer, D. (orgs), G. Fischer, Stuttgart & Jena.
- Lacava, M.A.** 2007. Comportamento hídrico de superfície da Bacia do Rio Cabuçu de Cima, Núcleo Cabuçu do Parque Estadual da Cantareira, Guarulhos, SP. Dissertação de Mestrado. Universidade de Guarulhos, Guarulhos.
- Lamparelli, M.C.** 2004. Graus de trofia em corpos d'água do Estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Lane, R.C. & Brown, M.T.** 2007. Diatoms as indicators of isolated herbaceous wetland condition in Florida, USA. Science Direct, Ecological Indicators 7: 521-540.
- Lange-Bertalot, H. & Metzeltin D.** 1996. Indicators of Oligotrophy. Iconographia Diatomologica 2. 390 p.
- Lange-Bertalot, H.** 1979. Pollution tolerance of diatoms as a criterion for water quality estimations. Nova Hedwigia 64: 285-303.
- Lecointe, C., Coste, M. & Prygiel, J.** 1993. "Omnidia": software for taxonomy, calculation of diatoms.
- Lobo, E.A. & Ben da Costa, A.** 1997, Estudo da qualidade da água do Rio Pardinho, município de Santa Cruz do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil. Revista Tecnológica 1(1): 11-36.
- Lobo, E.A. & Bender, E.P.** 1998, Aplicabilidade de sistemas de sapróbios para avaliação da qualidade de águas correntes fortemente poluídas no sul do Brasil, utilizando diatomáceas. Anais do IV Congresso Latino Americano de Ficologia, 1996. Minas Gerais, Brasil, 1: 401-422.
- Lobo, E.A., Callegaro, V.L.M & Bender, E.P.** 2002. Utilização das algas diatomáceas epilíticas como indicadoras da qualidade da água em rios e arroios da Região Hidrográfica de Guaíba, RS, Brasil. Edunisc, Santa Cruz do Sul. (1ª edição).
- Lobo, E.A., Callegaro, V.L.M., Schullers, S., Oliveira, M.A., Salomoni, S. & Asai, K.** 1996. Pollution tolerant diatoms from rivers located in the Jacuí Basin, Rio Grande do Sul, Brazil, Iheringia, Sér. Bot. 47: 43-70.
- Lobo, E.A., Kirst, A., Costa, A. B. & Oliveira, M.A.** 1995. Estudo na qualidade da água do Arroio Boa Vista, Município de Carlos Barbosa, Rio Grande do Sul. Biociências 3(1): 43-63.

- Lobo, E.A. & Leighton, G.** 1986. Estruturas comunitárias de las fitocenosis planctónicas de los sistemas de desembocaduras de ríos y esteros de La zona Central de Chile. *Revista de Biología Marina* 22(1): 1-29.
- Lobo, E.A. & Torgan, L.C.** 1988. Análise da estrutura da comunidade de diatomáceas (Bacillariophyceae) em duas estações do sistema Guaíba, RS, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 1(2): 103-119.
- Lopes, M.R.M., Bicudo, C.E.M. & Ferragut, C.** 2005. Short term spatial and temporal variation of phytoplankton in a shallow oligotrophic reservoir, southeast Brazil. *Hydrobiologia* 542:235-247 p.
- Lowe, R.L.** 1974. Environmental requirements and pollution tolerance of freshwater diatoms. National Environmental Research Center, Cincinnati.
- Ludwig, T.A.V., Bigunas, P.I.T., Neiva, T.F., Coquemala, V. & Piccinini, C.** 2005. Diatomáceas (Ochrophyta) dos lagos do Jardim Botânico, Curitiba, Paraná. p. 301-323. *In: Anais da X Reunião Brasileira de Ficologia*. Rio de Janeiro, Sociedade Brasileira de Ficologia.
- Mackereth, F.J.H., Heron, J. & Talling, J.F.** 1978. Water analysis: some revised methods for limnologists. Titus Wilson & Son Ltd., Kendall. (Freshwater Biological Association Scientific Publication nº 36).
- Magurran, A.E.** 2004. Measuring biological diversity. Blackwell Publishing, Cambridge.
- Manly, B.F.J.** 1997. Randomization Bootstrap and Monte Carlo Methods in Biology. Chapman & Hall, Boca Raton. (2ª edição).
- Manoylov, K.M., Ognjanova-Rumenova, N. & Stevenson, R.J.** 2009. Morphotype variations in subfossil diatom species of *Aulacoseira* in 24 Michigan lakes, USA. *Acta Botanica Croatica* 68(2): 401-419.
- Marquardt, G.C.** 2012. A Ordem Cymbellales (Bacillariophyceae) no Estado de São Paulo: levantamento florístico. Dissertação de Mestrado. Instituto de Botânica, São Paulo.
- McCune, B.M.J. & Mefford, M.J.** 2006. PC-ORD Multivariate analysis of ecological data. Version 3.0. MJM. Software Design, Oregon.
- Medlin, L.K. & Kaczmarek, I.** 2004. Evolution of the diatoms, 5: morphological and cytological support for the major clades and taxonomic revision. *Phycologia* 43: 245-270.
- Miettinen, J.O.** 2003. A diatom-total phosphorus transfer function for freshwater lakes in southeastern Finland, including cross-validation with independent test. *Lake Boreal Environment Research* 8: 215-228.
- Monteith, D.T. & Evans, C.D.** 2005. The United Kingdom acid waters Monitoring networks: a review of the first 15 years and introduction to the special issue. *Environmental Pollution* 137: 3-13.

- Morales, E.A. & Vis, M.L.** 2007. Epilithic diatoms (Bacillariophyceae) from cloud forest and alpine streams in Bolivia, South America. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia* 156: 123-155.
- Moro, R.S.** 1998. Interpretações paleolimnológicas do Quaternário a partir da análise da comunidade de diatomáceas (Bacillariophyceae) nos sedimentos da Lagoa Dourada, Ponta Grossa, Paraná. Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.
- Moro, R.S. & Fürstenbeger, C.B.** 1997. Catálogo dos principais parâmetros ecológicos de diatomáceas não-marinhas. Editora da Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa.
- Moutinho, S.O., Garcia, M.J. & Oliveira, P.E.** 2007. Flora de diatomáceas do Reservatório Cabuçu, Município de Guarulhos (SP): análise qualitativa. *Revista UnG, Geociências* 6(1): 32-62.
- Mozeto, A.A.** 2004. Sedimentos e particulados lacustres: amostragem e análises biogeoquímicas. *In: Bicudo, C.E.M. & Bicudo, D.C (orgs), Amostragem em Limnologia.* RiMa Editora, São Carlos. p. 295-341.
- Nascimento, M.N.** 2012. Biodiversidade e distribuição das diatomáceas planctônicas e de sedimento superficial em represa profunda oligotrófica (Sistema Cantareira, Represa Jaguari-Jacareí). Dissertação de Mestrado. Instituto de Botânica, São Paulo.
- Naselli-Flores, L.** 1999. Limnological aspects of Sicilian reservoirs: a comparative ecosystemic approach. *In: Tundisi, J.G. & Straškraba, M. (eds), Theoretical reservoir ecology and its applications.* Backhuys Publishers, Leiden. p. 283-311.
- Oliveira, M.A., Torgan, L.C., Lobo, E.A. & Schwarzbald, A.** 2001. Association of periphytic diatom species on artificial substrate in lotic environments in the arroio Sampaio Basin, RS, Brazil. *Revista Brasileira de Biologia* 61(4): 523-540.
- Oliveira, R.C.M.** 2008. Flora de diatomáceas do Reservatório de Tanque Grande, Município de Guarulhos, SP, como indicadora da qualidade de água. Dissertação de Mestrado. Universidade Guarulhos, Guarulhos.
- Pappas, J.L. & Stoermer, E.F.** 1996. Quantitative method for determining a representative algal sample count. *Journal of Phycology* 32: 393-696.
- Patrick, R.** 1940. Some new diatoms from Brazil. *Notulae Naturae* 59: 1-7.
- Percebon, C.M., Bittencourt, A.V.L. & Filho, E.F.R.** 2005. Diagnóstico da temperatura das águas dos principais rios de Blumenau, SC. *Boletim Paranaense de Geociências* 56: 7-19.
- Piasentin, A.M.** 2009. Índice de qualidade da água: IQA da bacia contribuinte do reservatório Tanque Grande, Município de Guarulhos, SP. Dissertação de Mestrado. Universidade Guarulhos, Guarulhos.
- Pielou, E.C.** 1984. The interpretation of ecological data. John Willey and Sons, New York.

- Podani, J. & Csányi, B.** 2010. Detecting indicator species: some extensions of the IndVal measure. *Science Direct, Ecological Indicators* 10: 1119-1124.
- Poister, D., Kurth, A., Farrell, A. & Gray, S.** 2012. Seasonality of *Aulacoseira ambigua* abundance and filament length: biogeochemical implications. *Plankton & Benthos Research* 7(2): 55-63.
- Pompêo, M.L.M. & Moschini-Carlos, V.** 2003. Macrófitas aquáticas e perifíton: aspectos ecológicos e metodológicos. Editora RiMa, São Carlos.
- Potapova, M., Bixby, R. J., Charles, D.F., Edlund, M.B., Enache, M.E., Furey, P., Hamilton, P.B., Lowe, R.L., Manoylov, K.M., Ognjanova-Rumenova, N., Ponader, K.C., Ren, L., Siver, P.A., Spaulding, S.A. & Zalack, J.** 2008. Eighteenth NAWQA Workshop on Harmonization of Algal Taxonomy: Representatives of the genus *Aulacoseira* Thwaites in NAWQA samples. The Academy of Natural Sciences of Philadelphia, Philadelphia.
- Poulicková, A., Duchoslav, M. & Dokulil, M.** 2004. Littoral diatom assemblages as bioindicators of lake trophic status: a case study from perialpine lakes in Austria. *European Journal of Phycology* 39: 143-152.
- Räsänen, M.** 1986. Recent sedimentation in a freshwater reservoir in SW-Finland: the diatomological and chemical evidence of sediments on the development of the water body. *Hydrobiologia* 143: 361-369.
- Räsänen, J., Kauppi, T. & Salonen, V.** 2006 Sediment-based investigation of naturally or historically eutrophic lakes: implications for lake management. *Journal of Environmental Management* 79: 253-265.
- Rebouças, A.C.** 1999. Água doce no mundo e no Brasil. In: Rebouças, A.C., Braga, B. & Tundisi, J.G. (orgs), *Águas doces do Brasil: capital ecológico, uso e conservação*. Escrituras Editora, São Paulo. p. 1-37.
- Ribeiro, F.C.P., Senna, C.S.F & Torgan, L.C.** 2010. The use of diatoms for paleohydrological and paleoenvironmental reconstructions of Itupanema Beach, Pará State, Amazon region during the last millennium. *Revista Brasileira de Paleontologia* 13(1): 21-32.
- Rocha, A.C.R.** 2012. Influência do hábitat e do estado trófico na biodiversidade e distribuição das diatomáceas (Bacillariophyta) em reservatórios da sub-bacia do Alto Tietê, São Paulo. Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.
- Rodrigues, L. & Bicudo, D.C.** 2001. Similarity among periphyton algal communities in a lentic-lotic gradient of the upper of Paraná river floodplain, Brazil. *Revista Brasileira de Botânica* 24(3): 235-248.
- Rodrigues, L.M. & Lobo, E.A.** 2000. Análise da estrutura de comunidades de diatomáceas epilíticas no arroio Sampaio, município de Mato Leitão, RS, Brasil. *Caderno de Pesquisas, Sér. Bot.* 12: 5-27.

- Round, F.E., Crawford, R.M. & Mann, D.G.** 1990. The diatoms: biology & morphology of the genera. Cambridge University Press, New York.
- Ruhland, K., Paterson, A.M. & Smol, J.P.** 2008. Hemispheric-scale patterns of climate-related shifts in planktonic diatoms from North American and European lakes. *Global Change Biology* 14: 2740-2754.
- Saad, A.R., Semensatto Jr, D.L., Ayres, F.M. & Oliveira, P.E.** 2007. Índice de Qualidade da Água: IQA do Reservatório do Tanque Grande, Município de Guarulhos, Estado de São Paulo, Brasil: 1990-2006. *Revista UnG-Geociências* 6(1): 118-133.
- SAAE.** 2013. Serviço Autônomo Água e Esgoto de Guarulhos. Disponível em www.saaeguarulhos.sp.gov.br.
- Salomoni, S.E., Rocha, O., Callegaro, V.L. & Lobo, E.A.** 2006. Epilithic diatoms as indicators of water quality in the Gravataí river, Rio Grande do Sul, Brazil. *Hydrobiologia* 559: 233-246.
- Santos, S.A.D.** 2005. Tanque Grande: um espaço em transformação: estudo da região do Tanque Grande-Guarulhos: Área de Proteção de Mananciais. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- Sartori, A.A.C., Barbosa, A.P., Pisani, R.J., Oliveira, F.O. & Zimback, C.R.L.** 2009. Mapeamento de conflitos de solo em áreas de preservação permanente na Bacia Experimental do Rio Pardo, São Paulo, Brasil. *Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Natal, Brasil, INPE. p. 6197-6202.
- Sartory, D.P. & Grobbelaar, J.E.** 1984. Extraction of chlorophyll a from freshwater phytoplankton for spectrophotometric analysis. *Hydrobiologia* 114: 177-187.
- Shear, H., Nalewajko, C. & Bacchus, H.M.** 1976. Some aspects of the ecology of *Melosira* ssp. In Ontario Lakes. *Hydrobiologia* 50(2): 173-176.
- Shepherd, G.J.** 1996. Fitopac 1: manual do usuário. Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- Silva, A.M.** 2009. Diatomáceas com potencial indicador do estado trófico de dois reservatórios com diferentes padrões de trofia: Piraquara e Irai. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- Silva, C., Oliveira, A.M.S., Figueira, R.C.L., Semensatto, D. & Labuto, G.** 2011. Estudo do assoreamento do Reservatório Tanque Grande, Guarulhos (SP). *Geociências* 30(2): 253-267.
- Silva, L.F.** 2008. Distribuição longitudinal da comunidade de diatomáceas de sedimentos superficiais nos reservatórios em cascata do rio Paranapanema. Dissertação de Mestrado. Instituto de Botânica, São Paulo.

- Silva, P.D.A.** 2012. Biodiversidade e distribuição das diatomáceas planctônicas e de sedimento superficial nas represas de abastecimento do Sistema Alto Cotia (SP). Dissertação de Mestrado. Instituto de Botânica, São Paulo.
- Simpson, E.H.** 1949. Measurement of diversity. *Nature* 163: 888.
- Siver, P. & Kling, H.** 1997. Morphological observations of *Aulacoseira* using scanning electron microscopy. *Canadian Journal of Botany* 75: 1807-1835.
- Siver, P.A., Hamilton, P.B., Stachura-Suchoples, K. & Kociolek, J.P.** 2005. Diatoms of North America: the Freshwater Flora of Cape Cod. *Iconographia Diatomologica* 14: 1-463.
- Smol, J.P.** 2008. Pollution of lakes and rivers: a paleoenvironmental perspective. (2ª edição).
- Smol, J.P. & Stoermer, E.F.** 2010. The diatoms: applications for the environmental and Earth Sciences. Cambridge University Press: New York.
- Souza, G.S., Koenig, M.L., Leça, E.E. & Coelho, M.P.C.A.** 2007. Diatomáceas indicadoras de paleoambientes do Quaternário de Dois Irmãos, Recife, PE, Brasil. *Acta Botânica Brasílica* 21(3): 521-529.
- Souza, M.G.M. & Moreira Filho, H.** 1999a. Diatoms (Bacillariophyceae) of two aquatic macrophyte banks from Lagoa Bonita, Distrito Federal, Brazil, I: Thalassiosiraceae and Eunotiaceae. *Bulletin du Jardin Botanique National de Belgique* 67: 259-278.
- Spaulding, S. & Edlund, M.** 2008. *Aulacoseira*. In: Diatoms of the United States. <http://westerndiatoms.colorado.edu/taxa/genus/Aulacoseira> Acesso em 20.08.2014.
- Spaulding, S. & Edlund, M.** 2009. *Brachysira*. In: Diatoms of the United States. <http://westerndiatoms.colorado.edu/taxa/genus/Brachysira> Acesso em 30. 09. 2014.
- Stevenson, R.J. & Bahls, L.L.** 1999. Periphyton protocols. In: Barbour, M.T., Gerritsen, J., Snyder, B.D. & Stribling, J.B. (eds.), Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers: periphyton, benthic macroinvertebrates and fish. EPA 841-B-99-002. United States Environmental Protection Agency, Washington. p. 6-1-6-22. (2ª edição).
- Stoof-Leichsenring K.R., Junginger, A., Olaka, L.A., Tiedemann, R. & Trauth, M.H.** 2011. Environmental variability in Lake Naivasha, Kenya, over the last two centuries. *Journal of Paleolimnology* 45: 353-367.
- Strickland, J.D. & Parsons, T.R.** 1965. A manual of sea water analysis. Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada 125: 1-185 (2ª edição revista).
- Taylor, J.C., Harding, W.R. & Archibald, G.M.** 2007. An illustrated guide to some common diatom species from South Africa. WRC Report TT 282/07.
- Ter-Braak, C.J.F.** 1986. Canonical Correspondence Analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology* 67: 1167-1179.

- Thomaz, S.M., Roberto, M.C. & Bini, L.M.** 1997, Caracterização limnológica dos ambientes aquáticos e influência dos níveis fluviométricos. *In: Vazzoler, A.E.A., Agostinho, A.A. & Hahn, N. S. (eds), A planície de inundação do alto rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e sócio-econômicos.* Editora Universidade de Maringá. p. 73-102.
- Thorton, K.W., Kimmel, B.L. & Payne, F.E.** 1990. Perspectives on reservoir limnology. *In: Thorton, K.W., Kimmel, B.L. & Payne, F.E. (ed.), Reservoir limnology: ecological perspectives.* Wiley-Interscience, New York.
- Tison, J., Giraudel, J.L. & Coste, M.** 2008. Evaluating the ecological status of rivers using an index of ecological distance: an application to diatom communities. *Science Direct, Ecological Indicators* 8: 285-291.
- Torgan, L.C. & Aguiar, L.W.** 1974. Nota preliminar sobre a flora diatomológica do Guaíba, RS, *In: XXV Congresso Nacional de Botânica, Mossoró, Rio Grande do Norte, Anais da Sociedade Botânica do Brasil.*
- Tremarin, P.I., Bertolli, L.M., Faria, D.M. & Ludwig, T.A.V.** 2009a. *Gomphonema* Ehrenberg e *Gomphosphenia* Lange-Bertalot (Bacillariophyceae) do rio Maurício, Paraná, Brasil. *Biota Neotropica* 9(4). Disponível em <http://www.biotaneotropica.org.br>.
- Tuji, A. & Williams D.M.** 2005. Examination of the type material of *Synedra rumpens* = *Fragilaria rumpens*, Bacillariophyceae. *Phycological Research* 54: 99-103.
- Tundisi, J.G.** 2003. Água no século XXI: enfrentando a escassez. Editora RiMa, São Carlos.
- Tundisi, J.G. & Calijuri, M. do C.** 1991. Limnologia e perspectiva para o gerenciamento da *In: SABESP. 1992. Relatório Técnico de Projeto. Plano de Proteção da Reserva Florestal do Morro Grande.*
- Tundisi, J.G. & Matsumura-Tundisi, T.M.** 2008. Limnologia. Oficina de Textos, São Paulo.
- Tundisi, J.G.** 2005. A água no século XXI: enfrentando a escassez. Editora RiMa, São Carlos. (2ª edição).
- Tundisi, J.G., Matsumura Tundisi, T. & Galli, C.S.** 2006. Reservatórios da Região Metropolitana de São Paulo: consequências e impactos da eutrofização e perspectivas para o gerenciamento e recuperação. *In: Tundisi, J. G.; Matsumura-Tundisi, T. & Sidagis Galli, C. (eds), Eutrofização na América do Sul: causas, consequências e tecnologias de gerenciamento e controle.* IIE, IIEGA, ABC, IAP, Ianas.
- Valderrama, J.C.** 1981. The simultaneous analysis of total nitrogen and total phosphorus in natural waters. *Marine Chemistry* 10: 109-122.
- Van Dam, H., Mertens, A. & Sinkeldam, J.** 1994. A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands. *Netherlands Journal of Aquatic Ecology* 28: 117-133.

- Vilaclara, G., Rico, R. & Miranda, J.** 1997. Effects of perturbations on diatom assemblages in Tlaxcala paleolake, México. *Verhandlungen der Internationale Vereinigung der Limnologie* 26: 846-851.
- Wehr, J.D. & Sheath, R.G.** 2003. *Freshwater Algae of North America: ecology and classification*. Academic Press, San Diego.
- Wengrat, S.** 2011. Biodiversidade e distribuição das diatomáceas no Complexo Billings, São Paulo: influência da compartimentalização espacial e do estado trófico. Dissertação de Mestrado, Instituto de Botânica, São Paulo.
- Wetzel, C.E.** 2011. Biodiversidade e distribuição espacial de diatomáceas (Bacillariohyceae) na bacia hidrográfica do rio Negro, Amazonas, Brasil. Instituto de Botânica de São Paulo, tese de doutorado, 1922p.
- Wetzel, R.G. & Likens, G.E.** 1991. *Limnological analysis*. Springer Verlag, New York.
- Wetzel, R.G.** 2001. *Limnology: lake and river ecosystems*. Academic Press, San Diego.
- Whately, M. & Cunha, P.M.** 2007. Cantareira 2006: um olhar sobre o maior manancial de água da Região Metropolitana de São Paulo, resultados do diagnóstico socioambiental participativo do Sistema Cantareira, São Paulo, Instituto Socioambiental, São Paulo.
- Winkler, L.W.** 1888. Die Bestimmung des im Wasser gelösten Sauerstoffes. *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft* 21: 2843-2855.
- Wolf, H.** 1982. Method of coding of ecological data from diatoms for computer utilization. *Med. Rijks. Geol. Dienst.* 36(2): 95-98.
- Yang, X., Anderson, N.J. Dong, X & Shen, J.I.** 2008. Surface sediment diatom assemblages and epilimnetic total phosphorus in large, shallow lakes of the Yangtze floodplain: their relationships and implications for assessing long-term eutrophication. *Freshwater Biology* 53:1273-1290.
- Zalat, A. & Vildary, S.S.** 2007. Environmental change in Northern Egyptian Delta lakes during the late Holocene, based on diatom analysis. *Journal of Paleolimnology* 37: 273-299.
- Zalat, A.A.** 2000. Distribution and paleoecological significance of fossil diatom assemblages from the Holocene sediments of Lake Manzala Egypt. *Diatom Research* 15: 167-190.
- Zanata, L.H. & Espíndola, E.L.G.** 2002. Longitudinal processes in Salto Grande reservoir (Americana, SP, Brazil) and its influence in the formation of compartment system. *Brazilian Journal of Biology* 62: 347-361.

Anexo 1

Resultado das análises quantitativas das diatomáceas com abundância $\geq 2\%$ da comunidade planctônica, do sedimento superficial e perifítica das represas Tanque Grande e Cabuçu.

Tabela 1. Abundância relativa (%) dos táxons de diatomáceas planctônicas com abundância $\geq 2\%$ das represas Tanque Grande e Cabuçu.

Táxons	Fitoplâncton inverno						Fitoplâncton verão					
	TG1	TG2	TG3	CB1	CB2	CB3	TG1	TG2	TG3	CB1	CB2	CB3
<i>Achnantidium minutissimum</i>	1.37	0.00	3.29	0.48	2.37	3.10	13.05	9.02	3.68	4.55	5.37	3.96
<i>Aulacoseira ambigua</i>	2.74	4.18	0.94	2.39	4.03	5.00	0.99	3.66	4.41	0.00	2.20	0.93
<i>Aulacoseira tenella</i>	10.96	3.25	11.50	36.12	36.02	32.38	0.25	0.00	6.13	10.29	24.63	42.89
<i>Brachysira neoexilis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.19	3.66	1.96	0.00	0.00	0.00
<i>Brachysira brebissonii</i>	13.70	12.53	15.96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Brachysira microcephala</i>	0.00	0.00	0.00	0.24	1.90	2.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.23
<i>Discostella stelligera</i>	6.85	8.12	11.27	56.70	47.87	50.00	22.91	20.98	36.52	72.49	59.27	46.39
<i>Encyonema neomesianum</i>	1.37	1.16	1.88	0.24	0.00	0.71	1.97	2.20	3.43	0.72	1.46	0.93
<i>Encyonopsis subminuta</i>	1.37	0.46	1.17	0.96	1.18	0.24	3.69	3.90	0.00	0.96	0.49	0.23
<i>Gomphonema gracile</i>	0.00	3.02	0.70	0.00	0.00	1.43	0.25	0.49	0.00	0.24	0.24	0.00
<i>Navicula cryptocephala</i>	2.74	0.93	0.00	0.24	0.71	0.00	0.00	0.00	1.23	0.24	0.73	0.70
<i>Navicula sp.</i>	0.00	0.00	2.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Sellaphora sp.</i>	0.00	0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	2.96	0.73	2.21	0.00	0.00	0.00
<i>Staurosira construens</i>	45.21	49.65	40.14	0.96	2.37	1.90	31.03	43.90	30.88	6.94	0.00	1.17
<i>Staurosirella pinnata</i>	1.37	1.86	0.70	0.24	0.00	0.00	4.68	5.37	0.49	0.00	0.00	0.00
<i>Ulnaria ulna</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.21	0.00	0.00	0.00

Tabela 2. Abundância relativa (%) dos táxons de diatomáceas do sedimento superficial com abundância $\geq 2\%$ das represas Tanque Grande e Cabuçu.

Táxons	Sedimento superficial					
	TG1	TG2	TG3	CB1	CB2	CB3
<i>Aulacoseira ambigua</i>	0.69	0.67	0.73	0.23	2.46	0.24
<i>Aulacoseira tenella</i>	8.51	9.13	10.65	49.07	46.31	69.41
<i>Brachysira microcephala</i>	0.46	0.89	3.87	0.23	0.49	0.47
<i>Discostella stelligera</i>	7.36	6.90	11.86	29.53	42.12	21.88
<i>Eunotia incisa</i>	0.23	0.45	2.18	0.00	0.00	0.00
<i>Staurosira construens</i>	66.90	64.81	54.48	7.44	2.96	0.47
<i>Staurosirella pinnata</i>	7.82	2.67	1.21	0.93	0.00	0.00

Tabela 3. Abundância relativa (%) dos táxons de diatomáceas perifíticas com abundância $\geq 2\%$ das represas Tanque Grande e Cabuçu.

Táxons	Perifíton inverno				Perifíton verão			
	TG1	TG2	TG3	CB1	TG1	TG2	TG3	CB1
<i>Achnantheidium minutissimum</i>	10.42	20.15	15.10	31.75	11.06	12.05	6.86	75.00
<i>Aulacoseira tenella</i>	0.00	0.00	0.00	8.29	0.25	0.00	0.25	0.24
<i>Brachysira brebissonii</i>	43.92	31.84	45.79	0.00	26.04	23.37	6.37	0.00
<i>Brachysira microcephala</i>	0.00	0.00	0.00	1.18	0.00	0.00	0.00	7.21
<i>Discostella stelligera</i>	1.24	0.75	0.99	12.80	0.49	0.00	3.19	1.92
<i>Encyonema neogracile</i>	1.49	2.24	3.22	0.24	8.11	4.82	5.39	0.00
<i>Encyonema neomesianum</i>	0.50	4.23	0.25	0.95	3.44	3.61	24.26	0.96
<i>Encyonema sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	3.44	5.78	0.00	0.00
<i>Encyonopsis subminuta</i>	4.47	12.44	9.16	0.24	2.95	1.45	6.37	0.96
<i>Eunotia flexuosa</i>	3.23	3.23	0.25	0.00	0.98	0.00	0.00	0.00
<i>Eunotia incisa</i>	1.74	1.99	5.45	2.61	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Eunotia veneres</i>	1.24	1.00	0.25	0.00	10.81	17.11	6.86	0.24
<i>Fragilaria capuccina</i>	0.74	0.00	0.00	0.00	2.46	4.10	0.00	0.00
<i>Fragilaria crotonensis</i>	0.00	0.00	0.00	27.25	0.74	0.48	1.72	2.64
<i>Frustulia saxonica</i>	4.96	3.73	1.49	0.71	3.44	1.20	0.00	0.24
<i>Gomphonema gracile</i>	6.70	4.98	5.94	6.87	4.18	11.08	6.13	5.77
<i>Navicula cryptocephala</i>	2.73	1.49	0.99	0.71	0.00	0.00	0.25	0.00
<i>Staurosira construens</i>	10.42	6.22	6.44	4.03	17.44	9.40	16.67	2.88
<i>Ulnaria acus</i>	0.00	0.00	0.00	0.47	0.00	0.72	7.11	0.48

Anexo 2

Diatomáceas planctônicas, do sedimento superficial e perifíticas das represas Tanque Grande e Cabuçu.

Relação dos táxons abundantes e dominantes da comunidade de diatomáceas planctônicas, dos sedimentos superficiais e perifíticas das represas Tanque Grande e Cabuçu, com base na classificação de Medlin & Kaczmarska (2004) para os táxons supra-ordinais e Roud *et al.* (1990) para os subordinais, exceto para os gêneros posteriores a essa obra.

Divisão Bacillariophyta

Subdivisão Coscinodiscophytina

Classe Coscinodiscophyceae

Ordem Aulacoseirales

Família Aulacoseiraceae

Gênero *Aulacoseira* Thwaites

Aulacoseira ambigua (Grunow) Simonsen

Aulacoseira tenella (Nygaard) Simonsen

Ordem Thalassiosirales

Família Stephanodiscaceae

Gênero *Discostella* Houk & Klee

Discostella stelligera (Cleve & Grun.) Houk & Klee

Classe Fragilariophyceae

Ordem Fragilariales

Família Fragilariaceae

Gênero *Staurosira* Ehrenberg

Staurosira construens Ehrenberg

Gênero *Pseudostaurosira* D.M.Williams & Round

Pseudostaurosira parasitica (W.Smith) Morales

Gênero *Staurosirella* D.M.Williams & Round

Staurosirella pinnata (Ehrenberg) D.M.Williams & Round

Gênero *Fragilaria* Lyngbye

Fragilaria crotonensis Kitton

Classe Bacillariophyceae

Ordem Cymbellales

Família Cymbellaceae

Gênero *Encyonema* Kützing

Encyonema neomesianum Krammer

Encyonema neogracile Krammer

Encyonema silesiacum (Bleisch) D. G. Mann

Gênero *Encyonopsis* Krammer

Encyonopsis subminuta Krammer & Reichardt

Família Gomphonemataceae

Gênero *Gomphonema* Ehrenberg

Gomphonema gracile Ehrenberg

Ordem Achnanthales

Família Achnanthidiaceae

Gênero *Achnanthidium* Kützing

Achnanthidium minutissimum (Kützing) Czarnecki

Ordem Eunotiales

Família Eunotiaceae

Gênero *Eunotia* Ehrenberg Kützing*Eunotia veneris* (Kützing) De Toni

Ordem Naviculales

Família Brachysiraceae

Gênero *Brachysira* Kützing*Brachysira brebissonii* Ross*Brachysira neoexilis* Lange-Bertalot

Família Amphipleuraceae

Gênero *Frustulia* Rabenhorst*Frustulia saxonica* Rabenhorst

Ordem Bacillariales

Família Bacillariaceae

Gênero *Nitzschia* Hassall*Nitzschia amphibia* Grunow

Prancha 1

Escala: 10 μm (exceto para MEV).

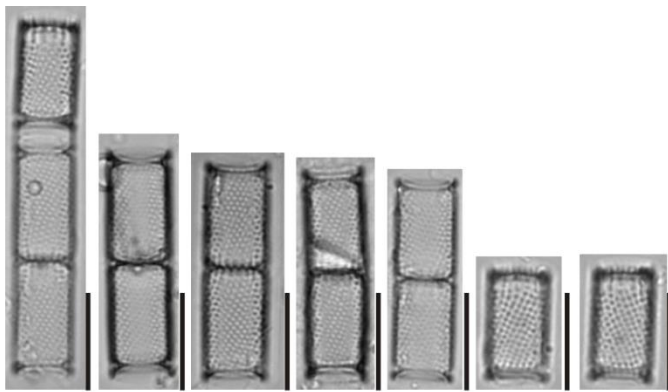
Figuras 1-7. (MO) *Aulacoseira ambigua* (Grunow) Simonsen.

Figuras 8-15. (MO) *Aulacoseira tenella* (Nygaard) Simonsen.

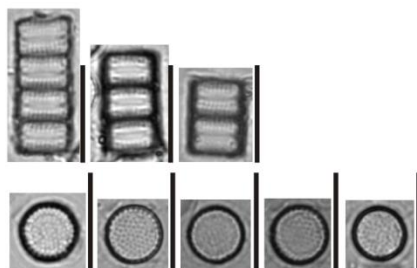
Figuras 16-17. (MEV) *Aulacoseira tenella* (Nygaard) Simonsen. (Escala: 2 μm).

Figuras 18 – 24. (MO) *Discostella stelligera* (Cleve & Grun.) Houk & Klee.

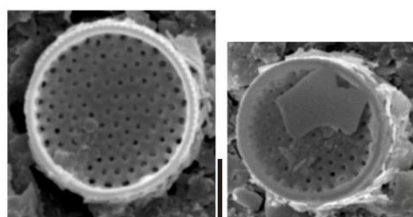
Figuras 25-26. (MEV) *Discostella stelligera* (Cleve & Grun.) Houk & Klee. (Escala: 5 μm).



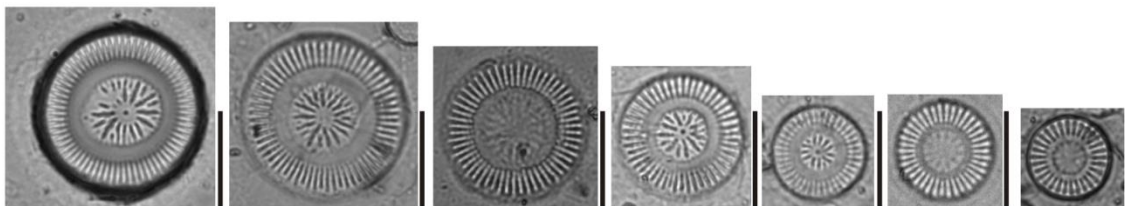
1 - 7



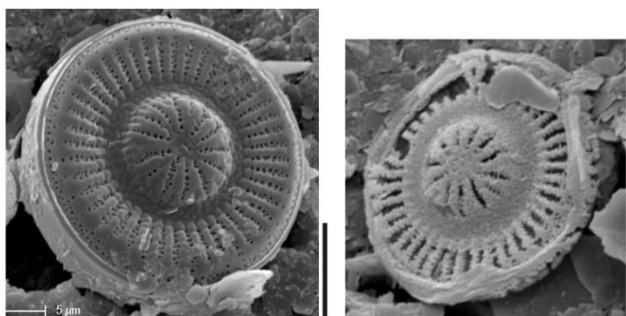
8 - 15



16 - 17



18 - 24



25 - 26

Prancha 2

Escala: 10 μm (exceto para MEV).

Figuras 1-7. (MO) *Staurosira construens* Ehrenberg.

Figuras 8-10. (MEV) *Staurosira construens* Ehrenberg. (Escala: 5/10 μm).

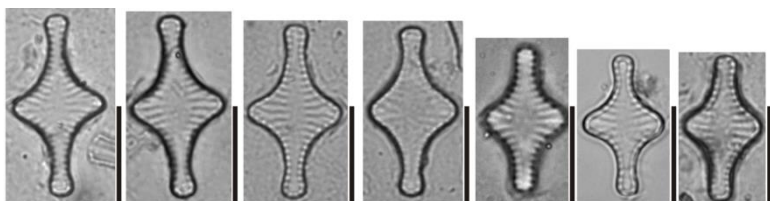
Figuras 11-19. (MO) *Pseudostaurosira parasitica* (W.Smith) Morales.

Figuras 20-28. (MO) *Staurosirella pinnata* (Ehrenberg) D.M.Williams & Round.

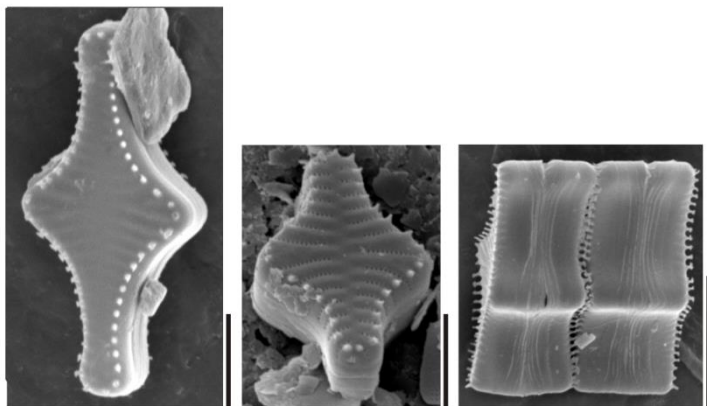
Figuras 29-31. (MO) *Staurosirella pinnata* (Ehrenberg) D.M.Williams & Round.

Figuras 32-33. (MEV) *Staurosirella pinnata* (Ehrenberg) D.M.Williams & Round.
(Escala: 5 μm).

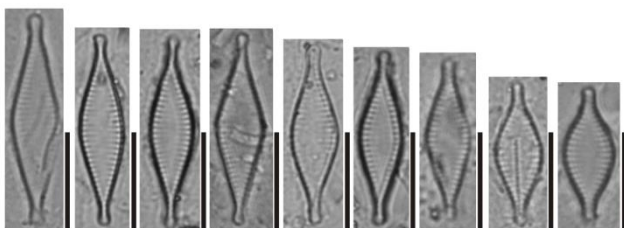
Figuras 34-37. (MO) *Fragilaria crotonensis* Kitton.



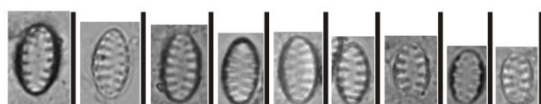
1 - 7



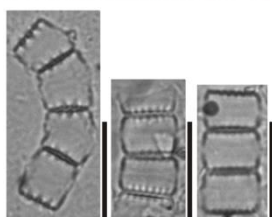
8 - 10



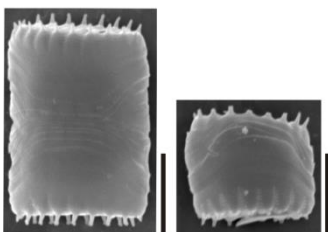
11 - 19



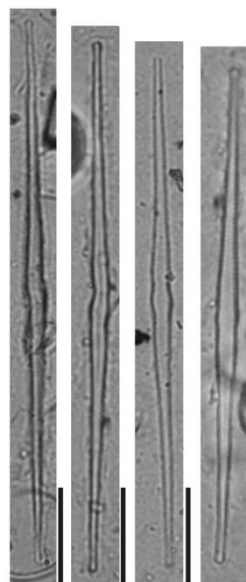
20 - 28



29 - 31



32 - 33



34 - 37

Prancha 3

Escala: 10 µm.

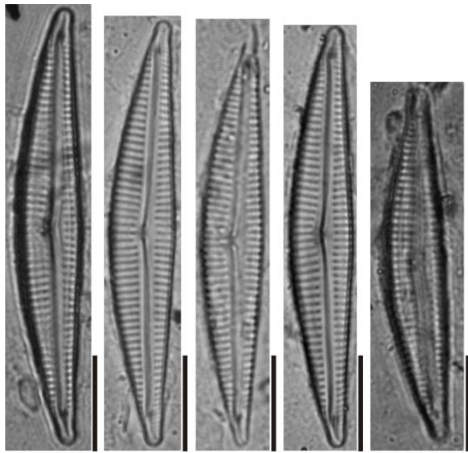
Figuras 1-5. (MO) *Encyonema neogracile* Krammer.

Figuras 6-10. (MO) *Encyonopsis subminuta* Krammer & Reichardt.

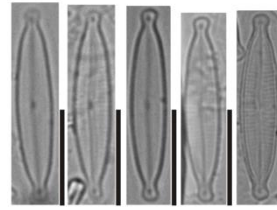
Figuras 11-15. (MO) *Encyonema neomesianum* Krammer.

Figuras 16-18. (MO) *Gomphonema gracile* Ehrenberg.

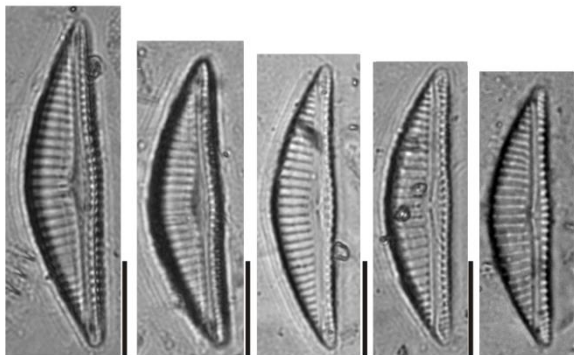
Figuras 19-23. (MO) *Encyonema silesiacum* (Bleisch) D.G. Mann.



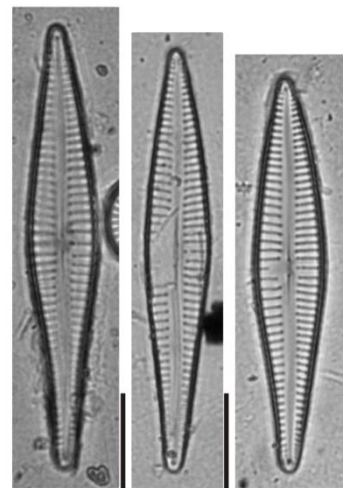
1 - 5



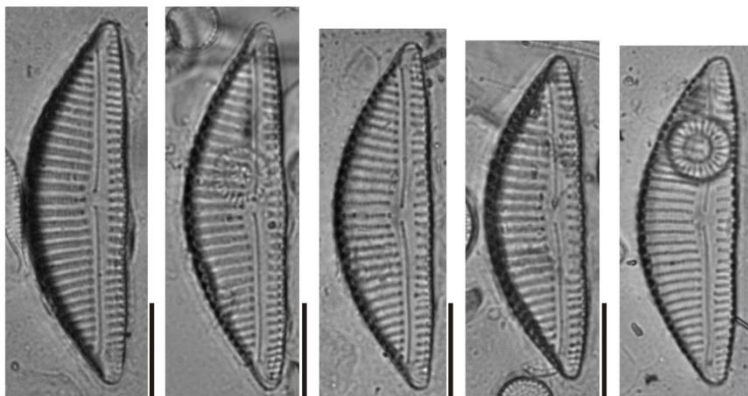
6 - 10



11 - 15



16 - 18



19 - 23

Prancha 4

Escala: 10 µm.

Figuras 1-4. (MO) *Achnantheidium minutissimum* (Kützing) Czarnecki.

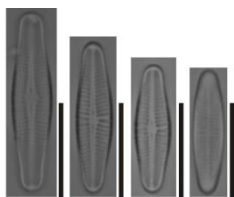
Figuras 5-7. (MO) *Brachysira brebissonii* Ross.

Figuras 8-11. (MO) *Eunotia pseudosudetica* Metzeltin Lange-Bertalot & Garcia-Rodriguez.

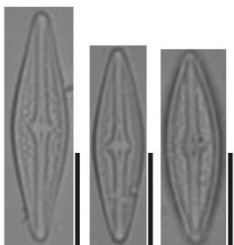
Figuras 12-18. (MO) *Nitzschia amphibia* Grunow.

Figuras 19-22. (MO) *Brachysira neoexilis* Lange-Bertalot.

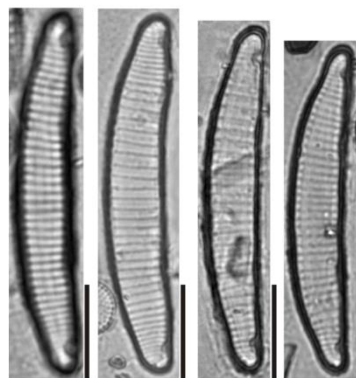
Figuras 23-27. (MO) *Frustulia saxonica* Rabenhorst.



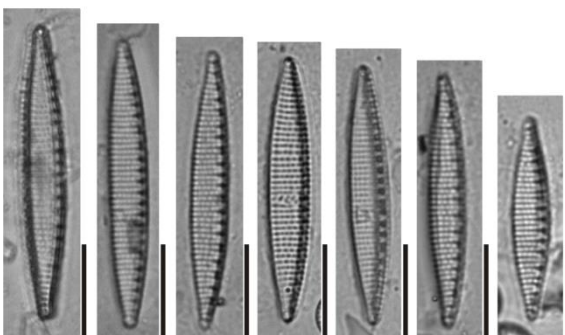
1 - 4



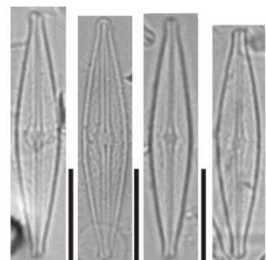
5 - 7



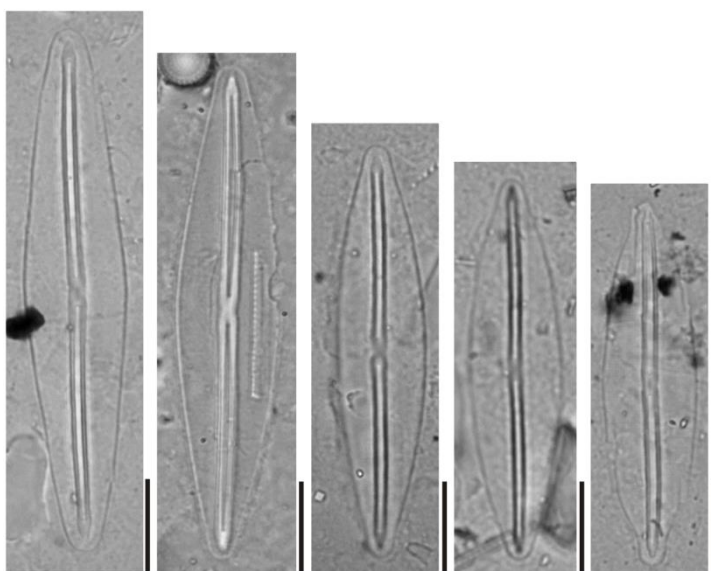
8 - 11



12 - 18



19 - 22



23 - 27