

JULIANA WOJCIECHOWSKI

**VARIAÇÃO NICTEMERAL DO FITOPLÂNCTON NO RESERVATÓRIO
RIO VERDE, PARANÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso no formato de Monografia apresentado à Universidade Federal do Paraná como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientador: Luciano F. Fernandes.

CURITIBA

2010

SUMÁRIO	
LISTA DE TABELAS	i
LISTA DE FIGURAS	ii
RESUMO	iii
1. INTRODUÇÃO	11
1.1 Fitoplâncton	11
1.2 Fatores reguladores do fitoplâncton	12
1.3 Reservatórios e eutrofização	13
1.4 Grupos funcionais do fitoplâncton	14
1.5 Características do fitoplâncton em função da região	15
1.6 Estudos de curta duração	16
1.7 Região Metropolitana de Curitiba	18
2. OBJETIVO	19
3. MATERIAL E MÉTODO	19
3.1 Área de estudo	19
3.2 Metodologia	20
3.3 Parâmetros analisados	22
3.4 Estatística	23
4. RESULTADOS	24
4.1 Dados meteorológicos	24
4.2 Variáveis limnológicas	25
4.3 Fitoplâncton e clorofila-a	29
5. DISCUSSÃO	37
6. CONCLUSÃO	45
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46
APÊNDICE	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Variáveis amostradas durante as coletas nictemerais de verão e inverno no reservatório Rio Verde em campo, em laboratório e através da estação meteorológica.	18
Tabela 2 – Densidade média, mínima e máxima (células/mL) por classes, durante as campanhas nictemerais de verão e inverno no reservatório Rio Verde.	27
Tabela 3 – Organismo descritor, grupo funcional a que pertence, período em que foi representativo para a densidade do fitoplâncton total (>2%) e representatividade respectiva ao período.	29
Tabela 4 – Classificação em padrões de distribuição vertical das espécies descritoras do ambiente para a coleta nictemeral de verão e inverno no reservatório Rio Verde.	32

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Posição geográfica da Bacia do Rio Verde, Região Metropolitana de Curitiba - Paraná.	16
Figura 2 – Localização da estação de amostragem para as coletas intensivas e nictemerais no reservatório Rio Verde. O mapa superior esquerdo refere-se a localização da bacia do Rio verde.	17
Figura 3 – Radiação Solar (W/m^2), Temperatura do ar ($^{\circ}C$), Precipitação (mm), medidos em intervalos de 15 minutos, e Velocidade do vento média (m/s), a cada 30 minutos, referentes a um período total de 10 dias (nove dias anteriores a cada coleta nictemeral), na região do reservatório Rio Verde.	21
Figura 4 – Gráfico de isolinhas da variação nictemeral nos perfis de temperatura ($^{\circ}C$), oxigênio dissolvido (mg/L), pH e condutividade ($\mu S/cm$) no reservatório Rio Verde durante as coletas nictemerais de verão e inverno.	23
Figura 5 – Perfil da concentração de nutrientes (mg/L) registrados durante as coletas nictemerais de verão e inverno no reservatório Rio Verde.	25
Figura 6 – Perfil de sílica dissolvida ($\mu g/L$) durante as coletas de verão e inverno no reservatório Rio Verde.	26
Figura 7 – Comparação da contribuição relativa dos grupos do fitoplâncton para a densidade total (cél/mL) nas coletas nictemerais de verão e inverno no reservatório Rio Verde.	27
Figura 8 – Algumas das algas inventariadas durante as coletas nictemerais no reservatório Rio verde.	28
Figura 9 – Densidade (cél/mL) do fitoplâncton total e Clorofila-a ($\mu g/L$) no reservatório Rio Verde, durante as coletas nictemerais de verão e inverno.	30
Figura 10 – Densidade (cél/mL) das Clorófitas descritoras do ambiente (>2% do fitoplâncton total) apenas para a coleta nictemeral de verão no reservatório Rio Verde.	31
Figura 11 – Densidade (cél/mL) das Clorófitas descritoras do ambiente (>2% do fitoplâncton total) apenas para a coleta nictemeral de inverno no reservatório Rio Verde.	31
Figura 12 – Densidade (cél/mL) das Cianobactérias descritoras do ambiente (>2% do fitoplâncton total) apenas para a coleta nictemeral de verão no reservatório Rio Verde.	32
Figura 13 – Densidade (cél/mL) das espécies flageladas descritoras do ambiente (>2% do fitoplâncton total) para as coletas nictemerais de verão	32

e inverno no reservatório Rio Verde.

Figura 14 – Densidade (células/mL) das Diatomáceas descritoras do ambiente (>2% do fitoplâncton total) apenas para a coleta noturna de inverno no reservatório Rio Verde. 32

Figura 15 – Perfil de Oxigênio dissolvido (mg/L), densidade de *Cryptomonas* sp. (células/mL), Nitrogênio amoniacal ($\mu\text{g/L}$) e Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) na coluna de água durante a coleta de março (verão) no reservatório Rio Verde. 34

"Existem apenas duas maneiras de ver a vida. Uma é pensar que não existem milagres e a outra é que tudo é um milagre."
Albert Einstein

A William J. Wojciechowski, o maior
incentivador deste trabalho, pelo esforço de
uma vida.

AGRADECIMENTOS

Ao meu pai e amigo, William, por sempre me incentivar e acreditar em mim. A toda minha família, em especial a minha irmã, Amanda, minha grande companheira.

Ao meu orientador, Dr. Luciano F. Fernandes, pelo exemplo, pelas horas de conversa sobre todos os assuntos e também pelas broncas, muitas vezes merecidas. Minha admiração e minha gratidão.

A banca, Priscila Tremarim, Thomás A. Paggiore e Thelma Ludwig, pelas correções e valiosas sugestões.

A Dr. Kelly Gutseit pelo convívio, sugestões, idéias, conselhos e, principalmente, por me fazer acreditar na profissão.

Aos amigos que estiveram comigo desde o início dessa jornada, Vinícius Richardi, Vanessa Ribeiro, Ligia Strey e Luisa Miranda, por dividir as angústias da graduação, pelas risadas e pelo companheirismo.

A todos os amigos que encontrei no meio do caminho, pelas conversas no “quadrado”, ajudas, por aguentar meu mau humor pré prova de cálculo (especialmente a Viviane Mottin), pelos dias inteiros que passamos estudando juntos para as provas de genética (valeu a pena) e por todo companheirismo.

Aos amigos “normais”, aqueles que não são biólogos, por compreender a ausência involuntária em épocas de provas e, notavelmente, no final do curso. Especialmente a Yuri Missau Capobianco por todas as vezes que me tirou do caminho quando isso era o que eu mais precisava.

A Hugo Okumoto e Alysson Troguer por estarem sempre presentes quando me faltava força física nas coletas.

A minha amiga “semi bióloga” Surya Martins pelo apoio e por estar sempre disposta e interessada em ajudar no meu trabalho.

A futura doutora e amiga Patricia E. D. Lagos pelos bons momentos que passamos juntas e por ter despertado em mim a paixão pela limnologia.

A Universidade Federal do Paraná pelas oportunidades e pelo orgulho de fazer parte da história dessa instituição. Aos professores que participaram desta importante etapa da minha vida. A nossa querida Rô, Rosane Cavet Martins, por me aguentar todo semestre chorando por vaga em disciplina e correção de matrícula.

A SANEPAR e a todos os meus colegas de trabalho pelo aprendizado e maravilhoso convívio.

A PETROBRAS pela bolsa e financiamento do “Projeto Interdisciplinar sobre Eutrofização na Bacia do Rio Verde, Araucária, PR”.

E a Deus por colocar todos na minha vida. Hoje aqui estou por tudo o que vivi e aprendi com as pessoas que encontrei no meu caminho.

RESUMO

A dinâmica nictemeral e o padrão de distribuição vertical do fitoplâncton são movidos por fatores que produzem pequenas modificações nas taxas de crescimento populacional ou que promovem a redistribuição das populações no lago. Estas dinâmicas são dependentes não somente de alterações na estrutura vertical da coluna de água (estratificação/mistura), que interferem na acessibilidade a nutrientes e luz, mas também da capacidade de auto-regulação de populações que podem se deslocar verticalmente na coluna de água como por exemplo através de flagelos ou aerótopos. O objetivo deste trabalho foi descrever a variação nictemeral do fitoplâncton no reservatório Rio Verde, em dois períodos do ano, a fim de detectar alterações na distribuição das espécies ao longo da coluna de água, assim como discutir as possíveis causas deste comportamento. O reservatório Rio Verde (subtropical, monomítico quente) está localizado na Região Metropolitana de Curitiba, Paraná. As coletas foram realizadas durante dois períodos (em Março e Julho de 2009) na região mais profunda do lago (11 metros), sempre em quatro profundidades. Foram utilizadas duas estratégias de coleta: diária (às 10 horas da manhã durante uma semana) e nictemeral (durante um período de 24 horas, com 4 horas de intervalos entre as amostragens). Com base nos resultados das contagens do fitoplâncton e levando em conta a auto-ecologia dos grupos funcionais, as espécies foram classificadas em três padrões de distribuição vertical na coluna de água. O padrão 1 foi composto por espécies presentes em todo o epilímnio (até 6 metros), como *Aulacoseira granulata*, *Tetrastrum* sp., *Dyctiosphaerium* sp., *Hyaloraphidium* sp. e *Monoraphidium minutum*. Espécies como *Aphanocapsa* sp., *Aulacoseira ambigua* e *Merismopedia* sp., que se apresentaram concentradas na base do metalímnio (em torno de 6 e 7 metros), formaram o padrão 2. Já as espécies que exibiram algum tipo de migração vertical, como *Cryptomonas* sp. e os nanoflagelados, foram enquadradas no padrão 3. Durante a coleta de Março de 2009, a estratificação térmica da coluna de água favoreceu claramente a distribuição diferencial do fitoplâncton entre epilímnio, metalímnio e hipolímnio. Neste período, a presença de amônia esteve praticamente restrita ao hipolímnio, direcionando a distribuição de *Cryptomonas* sp. para a base do metalímnio. Já durante a coleta de Julho de 2009, a distribuição do fitoplâncton na coluna de água esteve relativamente homogênea, decrescendo em direção a zona afótica. Durante esta coleta foi possível detectar um padrão de migração diferente para *Cryptomonas* sp. em função da baixa disponibilidade de luz presente no período de inverno, adicionada a uma acentuada depleção da radiação solar durante este ciclo nictemeral. Além disso, a migração pode ter sido favorecida pela estabilidade da coluna de água, mesmo durante o inverno, que parece não ter sofrido ação de ventos fortes durante a amostragem. Tendências observadas durante o estudo nictemeral indicam que a dinâmica de estratificação e circulação, a disponibilidade de recursos, como nutrientes e luz, e a capacidade de migração ativa de algumas espécies, são fatores determinantes da distribuição do fitoplâncton no reservatório Rio Verde.

Palavras chave: *Cryptomonas* sp., ambiente lântico, distribuição vertical.

1 INTRODUÇÃO

1.1 FITOPLÂNCTON

A comunidade do fitoplâncton é composta por microalgas procariontes e eucariontes fotoautótrofas portadoras de clorofila, suspensas na coluna de água e que não apresentam locomoção suficiente para vencer os movimentos da água (Reynolds, 1984; Fernandes *et al.*, 2005). Esta definição inclui organismos que não são necessariamente intimamente relacionados do ponto de vista evolutivo, como por exemplo as cianobactérias, mais próximas das bactérias do que das outras algas (Lee, 2008). Estes organismos podem ser unicelulares ou coloniais, porém, mesmo microscópicos, possuem densidade ligeiramente superior a da água, necessitando de algum mecanismo que diminua sua taxa de afundamento ou que regule sua posição na coluna de água, já que, em geral, não são capazes de sobreviver no escuro (Fernandes *et al.*, 2005; Tundisi e Tundisi, 2008). A maioria das células possui parede celular composta por celulose, podendo conter uma série de compostos inorgânicos como carbonato de cálcio, ferro e sílica. Algumas apresentam membrana celular espessada ou carapaças gelatinosas. Podem ou não possuir flagelos (Reynolds, 1984). Com relação ao tamanho, o fitoplâncton pode ser classificado em nanofitoplâncton (2 - 20 μm) e microfitoplâncton (20 - 200 μm), mas podem existir espécies maiores (Sieburth *et al.*, 1978). Diferentes tipos de clorofila e pigmentos acessórios possibilitam ampla faixa de captação de luz no espectro visível pelo aparato fotossintético. Todas as espécies depositam algum tipo de amido como material de reserva (Lee, 2008).

Na maioria dos corpos de água lênticos o fitoplâncton é o produtor primário mais importante, contribuindo para o sequestro de carbono inorgânico e sua assimilação em biomassa através da fotossíntese (Esteves, 1998), permitindo que seja disponibilizado para outros organismos. Através do processo da fotossíntese, as algas possuem papel fundamental na manutenção da vida no planeta, liberando oxigênio e consumindo gás carbônico. Além disso, seu breve ciclo de vida permite que respondam prontamente às mudanças que ocorrem no corpo de água, constituindo um importante elemento para avaliação da qualidade ambiental (Gentil, 2007).

1.2 FATORES REGULADORES DO FITOPLÂNCTON

Dentre os fatores reguladores do crescimento das microalgas estão a radiação solar, temperatura, micro e macronutrientes, concentração de oxigênio dissolvido, estabilidade física da coluna de água, competição e herbivoria pelo zooplâncton (Fernandes *et al.*, 2005; Reynolds, 2006).

A radiação solar fornece a luz e o calor que desencadearão e determinarão vários processos bióticos e abióticos de um lago. Por exemplo, promovendo processos de estratificação térmica e mistura da coluna de água em vários tipos de lagos, influenciando a distribuição e densidade do fitoplâncton, ou fornecendo a radiação fotossinteticamente ativa (RFA) que permite a realização da fotossíntese por estes organismos. Além disso, os eventos de estratificação/desestratificação são responsáveis pela ressuspensão dos nutrientes, afetando fortemente o crescimento e as variações anual e sazonal do fitoplâncton (Fernandes *et al.*, 2005).

A concentração de nutrientes tem papel fundamental sobre a produtividade primária do fitoplâncton. Entre os nutrientes mais importantes estão o nitrogênio, o fósforo e o silicato. O nitrogênio é um elemento importante no metabolismo algal, participando da composição molecular de proteínas e enzimas, das quais dependem as reações químicas celulares, e limitando a produção primária quando presente em baixas concentrações (Fernandes *et al.*, 2005). O nitrato e a amônia são abundantes e preferencialmente absorvidos pelas células do fitoplâncton, devido ao baixo consumo de energia para sua assimilação, constituindo as principais fontes de nitrogênio para os produtores primários (Reynolds, 1997). O fósforo das águas doces encontra-se como fosfato e, embora seja requerido em baixas concentrações, é igualmente essencial para os organismos. Este elemento está envolvido nos processos de armazenamento e liberação de energia, nas ligações estruturais do DNA e RNA e na composição da membrana plasmática (Esteves, 1998). O fósforo, geralmente, é o principal limitante da produtividade primária em águas continentais, pois está sempre abaixo das concentrações necessárias para o crescimento rápido e sustentável da comunidade (Tundisi e Tundisi, 2008), contudo, é considerado o maior responsável pela eutrofização artificial em reservatórios. O silicato, por sua vez, é o principal controlador da produtividade das diatomáceas, sendo o principal elemento da parede celular deste grupo (Esteves, 1998).

1.3 RESERVATÓRIOS E EUTROFIZAÇÃO

Em diversas partes do mundo, grandes rios têm sido regulados pela construção de barragens, construídas com objetivo de armazenar recursos hídricos tanto para obtenção de volume adequado para o consumo humano como para a geração de energia. Os reservatórios desempenham importantes papéis ecológicos, econômicos e sociais. A formação de corpos de água lênticos gera, além dos impactos causados pela inundação, efeitos negativos referentes a qualidade da água, o que afeta diretamente a vida aquática. Vários fatores podem influenciar na qualidade da água como a morfometria do reservatório, as características dos tributários, o clima da região, o uso da bacia hidrográfica, o funcionamento da barragem, etc.

No Brasil, as represas de maior volume foram construídas para o fornecimento de energia e estão localizadas em sua maioria na região sudeste (Sebastien, 2004). Grande parte dos reservatórios artificiais brasileiros apresenta algum tipo de degradação, em especial os reservatórios situados próximos aos grandes centros urbanos. Entre as causas mais comuns da diminuição da qualidade da água armazenada estão o crescimento acelerado das cidades e os despejos domésticos, além dos rejeitos industriais que são lançados nos rios. Nas regiões mais afastadas dos grandes centros, os corpos de água são afetados principalmente por carreamento do solo, pelas atividades agrícolas e subprodutos da agropecuária (Andreoli, 2003; Sirigate *et al.*, 2005). Esta interação entre o corpo de água e a bacia leva ao enriquecimento da água com nutrientes e matéria orgânica, o que desencadeia o processo de eutrofização artificial (Esteves, 1998).

O fenômeno da eutrofização reduz as possibilidades dos usos múltiplos nos reservatórios e causa considerável aumento no custo do tratamento de água para fins de abastecimento público. Atualmente, os recursos hídricos, além de escassos, estão cada vez mais pobres em qualidade, tornando o gerenciamento e a conservação da qualidade e quantidade de água destinada ao abastecimento público o principal desafio deste novo século (Costa, 2003; Andreoli e Carneiro, 2005).

Reservatórios eutrofizados são, geralmente, rasos, com transparência limitada e alto potencial para produção de biomassa, sendo frequente a ocorrência de florações algais (Andreoli e Carneiro, 2005). O fitoplâncton reage rapidamente às mudanças ambientais, podendo ser fortemente afetado pelo processo de

enriquecimento de águas. Muitas espécies de microalgas, quando em condições ambientais adequadas, crescem em altas densidades e em rápido intervalo de tempo, originando uma floração (Esteves, 1998). As florações tendem a durar poucos dias ou semanas, decaindo rapidamente. Em alguns casos podem durar de semanas a meses, como ocorre com espécies de cianobactérias em reservatórios hipereutróficos. Dentre os impactos causados pelas florações nos ecossistemas aquáticos estão a depleção de oxigênio e as alterações substanciais na estrutura das redes alimentares, com modificação da composição de espécies e da biodiversidade do meio aquático (REFERENCIA).

As florações são problemas importantes na gestão e manejo dos recursos hídricos (Fernandes *et al.*, 2005). O problema agrava-se quando as espécies de cianobactérias são capazes de produzir toxinas. A toxicidade dos diferentes morfotipos é diversa e muitas morfoespécies podem ou não produzir diferentes toxinas em várias partes do mundo, ou ainda podem não ser tóxicas. Essas substâncias nocivas podem causar vários sintomas negativos aos organismos aquáticos e inclusive à saúde humana. As toxinas podem ser classificadas de acordo com seu modo de ação em hepatoxina, neurotoxina, irritantes para a pele e outras toxinas (Carmichael, 1992).

As florações de cianobactérias vêm aumentando em intensidade e frequência em muitos lagos e reservatórios tropicais. Segundo Huszar e Silva (1999), este grupo domina a comunidade fitoplanctônica em cerca de 50% dos ecossistemas aquáticos brasileiros. A produção de cianotoxina já foi detectada em reservatórios de diversas regiões brasileiras (Aguiar e Azevedo, 1993; Bobeda e Azevedo, 1993; Azevedo *et al.*, 1994; Azevedo *et al.*, 1996; Barreto *et al.*, 1996; Yunes *et al.* 1996; Kamogae *et al.*, 2002; Lagos *et al.*, 2002, 2003; Fernandes *et al.*, 2003; Vitola *et al.*, 2003; Ventura *et al.*, 2003, 2004; Chellappa *et al.*, 2008; Costa *et al.*, 2009). No entanto, o conhecimento sobre padrões de distribuição e fatores que regulam a dominância de cianobactérias e que condicionam a produção de toxinas ainda é pequeno (Bozelli e Huszar, 2003).

1.4 GRUPOS FUNCIONAIS DO FITOPLÂNCTON

A disponibilidade de nutrientes e a estrutura física do ambiente influenciam, direta ou indiretamente, a periodicidade e a composição geral do fitoplâncton (Reynolds, 1984). Cada uma das espécies do fitoplâncton apresenta um conjunto de

adaptações às condições abióticas e bióticas do ambiente, que viabiliza sua sobrevivência e o crescimento da população (Fernandes *et al.*, 2005).

Baseado no trabalho de Grime (1979) sobre a vegetação terrestre, Reynolds (1997) propôs o sistema de grupos funcionais para o fitoplâncton, depois atualizado por Reynolds *et al.* (2002). Neste sistema as espécies do fitoplâncton são divididas em associações identificadas por códigos alfanuméricos e reunidas de acordo com características ecológicas e fisiológicas, como habitat, sensibilidades e tolerâncias a fatores ambientais. Apesar de geralmente polifiléticos, esses grupos respondem similarmente a um determinado conjunto de condições ambientais, podendo dominar ou co-dominar em um determinado ambiente (Reynolds *et al.*, 2002). Por esse motivo, os grupos funcionais podem ser usados como ferramenta para indicar o estado trófico do ambiente com grande precisão (Becker *et al.*, 2005; Reynolds, 1997) e é, provavelmente, mais preciso do que os grupos filogenéticos (Huszar e Caraco 1988; Kruk *et al.*, 2002).

Um dos objetivos dos profissionais que atuam em manejo de lagos e reservatórios é controlar a composição de espécies de algas, favorecendo espécies inócuas, em detrimento das reportadas como tóxicas (Bozelli e Huszar, 2003). A aplicação da abordagem de grupos funcionais em sistemas aquáticos fornece informações importantes para a compreensão da dinâmica de seleção de espécies nas comunidades pelágicas em regiões de clima temperado, tropical e subtropical (Becker *et al.*, 2009).

1.5 CARACTERÍSTICAS DO FITOPLÂNTON EM FUNÇÃO DA REGIÃO

Estudos sobre o fitoplâncton em regiões tropicais são escassos quando comparados ao grande número de investigações em zonas temperadas (Bozelli e Huszar, 2003). Algumas diferenças entre essas regiões devem ser consideradas. De maneira geral, os ecossistemas aquáticos diferem de uma região para outra, principalmente, em função da temperatura que é mais elevada nos trópicos. Nestas regiões, ocorre maior variação sazonal na extensão da camada de mistura e há uma maior eficiência na ciclagem de nutrientes, o que acaba influenciando a sucessão do fitoplâncton. Além disso, a menor variabilidade na intensidade de irradiação solar nas regiões tropicais leva a níveis mais altos de produção primária pelo fitoplâncton. Por outro lado, em lagos temperados a disponibilidade de nutrientes é mais importante que a estrutura térmica do ambiente. Em zonas temperadas, os lagos são

em sua maioria dimíticos, enquanto em zonas tropicais, são fundamentalmente monomíticos quentes (Lewis, 2000).

No Brasil, a maioria dos estudos sobre o fitoplâncton é relacionada à estrutura da comunidade e está ainda mais concentrada na região Sudeste (Bozelli e Huszar, 2003). Por possuir grande extensão, o Brasil possui regiões com características climáticas contrastantes, que influenciam nos padrões de sucessão do fitoplâncton. Nas regiões Centro-Oeste, Norte e Nordeste, a temperatura da água e a intensidade luminosa são relativamente constantes e o aporte de nutrientes é regulado pela época de estiagem e de cheia (Esteves, 1998). Nas regiões Sul e Sudeste, há maior contraste entre as estações do ano. No outono, ocorrem temperaturas mais baixas e menor intensidade luminosa, com fotoperíodo mais curto. A redução da temperatura e o aumento da intensidade dos ventos promovem a circulação da coluna de água, com consequente ressuspensão de nutrientes do hipolimnio. Este período é favorável ao crescimento de diatomáceas. No fim da primavera e parte do verão, a elevação da temperatura conduz à estratificação da coluna de água. Além disso, um maior volume de precipitação acarreta o aporte de nutrientes. Neste caso, as clorófitas e flagelados nanoplanctônicos tendem a dominar (Fernandes *et al.*, 2005). Esse padrão é comum em reservatórios oligotróficos a mesotróficos. Por outro lado, ambientes eutrofizados tendem a ser constantemente dominados por cianobactérias, independente da estação do ano (Esteves, 1998).

Essas flutuações temporais na composição e biomassa da comunidade fitoplanctônica são indicadoras eficientes das alterações naturais ou antrópicas nos ecossistemas aquáticos (Reynolds, 1997).

1.6 ESTUDOS DE CURTA DURAÇÃO

Estudos sazonais em reservatórios permitem a observação das modificações hidrológicas interanuais provocadas pelas flutuações climáticas, além das consequências das ações antropogênicas no ambiente da bacia. A variabilidade temporal da estrutura da comunidade fitoplanctônica apresenta fundamental importância para o metabolismo dos sistemas aquáticos (Calijuri *et al.*, 2002). Este tipo de estudo permite, até certo ponto, prever e gerar soluções para possíveis problemas práticos nesses ambientes, como a ocorrência de florações, além de auxiliar nos estudos de conservação da biodiversidade.

Por outro lado, estudos de curta duração sobre a dinâmica nictemeral e distribuição vertical das comunidades do fitoplâncton podem contribuir para uma melhor compreensão dos fatores que regulam espécies-chave (Ganf, 1974; Bozelli *et al.*, 1990). As necessidades fisiológicas e respostas que conduzem às mudanças na estrutura e composição da comunidade fitoplanctônica são rápidas, proporcionais ao breve ciclo de vida desse grupo de organismos (poucos dias e até mesmo horas). Estudos de curta duração permitem identificar diferentes padrões de distribuição vertical da comunidade, assim como verificar mudanças na biomassa e diversidade de espécies. Estes processos estão intimamente relacionados a disponibilidade de luz e nutrientes causados pelas alterações na estrutura vertical da coluna de água (mistura ou estratificação) (Calijuri e Dos Santos, 2002).

Dessa forma, a dinâmica nictemeral e o padrão de distribuição vertical do fitoplâncton são movidos, principalmente, por fatores que produzem pequenas modificações nas taxas de crescimento populacional ou que são responsáveis pela redistribuição da população no lago (Reynolds, 2006). Essas dinâmicas são reportadas como dependentes não só dos padrões de mistura da massa de água, mas também através da presença de auto-regulação de populações (flagelos ou aerótopos), da ocorrência de espécies de crescimento rápido, que podem variar amplamente em número ao longo de um ciclo diurno único, e da pressão de herbivoria (Melo e Huszar, 2000;. Knapp *et al.*, 2003). Além disso, as mudanças periódicas são devidas não somente aos ciclos de luz/escuro, que afetam a atividade dos organismos, mas a ação dos fatores climatológicos sobre a estrutura vertical do sistema. As variações nictemeraias de parâmetros hidrológicos conjuntamente com medidas climatológicas podem indicar os principais mecanismos de funcionamento e as interações que ocorrem em curtos períodos de tempo nos sistemas aquáticos (Barbosa, 2002).

As espécies do fitoplâncton desenvolveram estratégias adaptativas para sobreviver em diferentes ambientes (Reynolds, 1998), incluindo adaptações particulares para sobreviver às variações verticais e diárias (Becker *et al.*, 2009). Em condições de estratificação térmica, tais adaptações são importantes tanto para explorar camadas mais ricas em nutrientes (Fernandes *et al.*, 2005), como condições ótimas de luz (Arvola *et al.*, 1991). Algumas espécies de cianobactérias possuem vacúolos de gás, responsáveis pela flutuação e posicionamento na coluna de água. A redução da densidade pode ainda ser promovida por gotículas de óleo ou

produção de camada de mucilagem ao redor da colônia. Além disso, a presença de organelas de locomoção, como flagelos, em algumas espécies, também confere a vantagem de explorar com maior eficiência recursos limitantes (Lee, 2008).

1.7 REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA

Curitiba e região metropolitana são abastecidas pelos reservatórios Iraí e Passaúna, classificados como criticamente degradados a poluídos, Piraquara I, classificado como pouco degradado, e, mais recentemente, Piraquara II e Rio Verde, ambos em bom estado de conservação. Esses corpos de água são classificados como monomíticos quentes, exceto o Iraí, um reservatório classificado como polimítico (IAP, 2009).

A degradação dos mananciais dessa região vem ocorrendo de forma tão agressiva que muitos dos cursos de água já não têm capacidade de proporcionar qualidade adequada para o abastecimento público (Andreoli, 2003). O Iraí e o Passaúna possuem elevadas concentrações de nutrientes e matéria orgânica, e qualidade de água classificada como baixa (IAP, 2009). Esses reservatórios são dominados por cianobactérias e sofrem com constantes florações de gêneros produtores de toxina como *Microcystis*, *Anabaena* e *Cylindrospermopsis* (Fernandes *et al.*, 2005; Coquemala *et al.*, 2006). As florações são causadas pelo lançamento inadequado de esgoto nos corpos de água, rejeitos industriais e excesso de fertilizantes na agricultura, além do desflorestamento quase total das bacias hidrográficas, nas quais os reservatórios estão inseridos, o que implica em elevada quantidade de nutrientes sendo carreados para os reservatórios (Andreoli e Carneiro, 2005).

Por outro lado, o reservatório Rio Verde encontra-se em bom estado de conservação, com reduzidas concentrações de nutrientes, turbidez e clorofila-a, além de outros indicadores químicos em níveis satisfatórios (IAP, 2009). Apesar da boa qualidade da água, em abril de 2005 ocorreu uma floração da cianobactéria *Cylindrospermopsis raciborskii* com densidade de cerca de 90.000 céls/mL, tornando a água, naquele momento, potencialmente nociva para o uso e abastecimento humano de acordo com a Portaria 518/2004 do Ministério de Saúde. A água do reservatório abastece a Refinaria Presidente Getúlio Vargas (Petrobrás) e preocupada com a qualidade da água utilizada nos processos industriais da sua refinaria a Petrobrás investiu no financiamento do “Projeto Interdisciplinar de

Pesquisa sobre Eutrofização no Reservatório Rio Verde, Araucária, PR”, no período de 2008-2009. O projeto Rio Verde foi composto por vinte sub-projetos distribuídos em núcleos temáticos que estudaram as características físicas, econômicas e sociais da bacia, assim como as comunidades biológicas do reservatório. O presente trabalho é produto do sub-projeto “Efeitos de eventos meteorológicos sobre a comunidade fitoplanctônica”, e teve por objetivo descrever a variação diária do fitoplâncton no reservatório Rio Verde, em um período de estratificação térmica (verão) e um período de mistura da coluna de água (inverno), assim como discutir as causas da migração vertical das espécies que exibem este comportamento.

2 OBJETIVOS

Descrever a variação do fitoplâncton em um período de 24 horas (variação nictemeral), no inverno e no verão, para detectar alterações na distribuição das espécies ao longo da coluna de água e avaliar os fatores intervenientes da distribuição vertical das espécies.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

O reservatório Rio Verde (entre as coordenadas 25°29'19”S e 49°30'48”W) concluído em 1976, está localizado no município de Araucária, Região Metropolitana de Curitiba, Paraná, precisamente na Bacia do Alto Iguaçu (Figura 1). A área superficial do reservatório é de 5,9 km², com volume médio de 25,6 milhões de m³ e tempo de residência de aproximadamente 218 dias. As profundidades máxima e média são de 11 e 5,6 m, respectivamente. Orientado na direção Nordeste-Sudoeste, possui comprimento de aproximadamente 7,5 km e máxima largura de 1,3 km (dados não publicados). O reservatório situa-se na zona climática classificada como temperada úmida, com verões moderados e sem estações secas bem definidas. De acordo com a classificação de Köppen o clima é do tipo Cfb, ou seja, clima subtropical com verões frescos, úmidos, e invernos brandos, sendo comum a ocorrência de geadas.

O Instituto Ambiental do Paraná (IAP), que realiza o monitoramento da área desde 1993, classifica o reservatório Rio Verde como monomítico quente (IAP, 2009). Nesses ambientes típicos de regiões subtropicais, ocorre uma circulação

completa da coluna de água por ano e estratificação térmica nos meses mais quentes. Nesse reservatório, a estratificação térmica ocorre entre os meses de novembro e abril (Dados não publicados).



Figura 1 – Posição geográfica da Bacia do rio Verde, Região Metropolitana de Curitiba - Paraná.

3.2 METODOLOGIA

Durante este trabalho, duas estratégias de coletas foram adotadas (intensiva e nictemeral), ambas realizadas em uma estação selecionada na região mais profunda lago, próxima à barragem (Figura 2). As datas das coletas foram estabelecidas com base em características climáticas distintas dos períodos e do padrão de circulação da região lântica do reservatório. As coletas nictemerais ocorreram nos dias 5 e 6 de Março de 2009 (coletas de verão) e 9 e 10 de Julho de 2009 (coletas de inverno). Durante o verão, através do aumento da temperatura do ar, há a possibilidade de estratificação térmica do reservatório, enquanto durante o inverno, quando ocorrem ventos mais fortes, ocorre a mistura da coluna de água. As campanhas intensivas foram realizadas diariamente, durante cinco dias, sempre às 10 horas da manhã, em 4 profundidades (em geral, sub-superfície, 3 m, 6 m e 10 m), determinadas com base na extensão da zona fótica, calculada a partir da leitura da profundidade do disco de Secchi multiplicando-se o valor obtido pelo fator 2,7 (Esteves, 1998). A campanha intensiva de verão foi realizada do dia 3 ao dia 7 de

Março de 2009 e a de inverno do dia 7 ao dia 11 de Julho de 2009. Os ciclos de coleta nictemeral aconteceram na semana da coleta intensiva, tanto no verão quanto no inverno, quando foram coletadas amostras em intervalos de quatro horas durante um período de 24 horas, sempre nas mesmas profundidades determinadas no início da coleta.

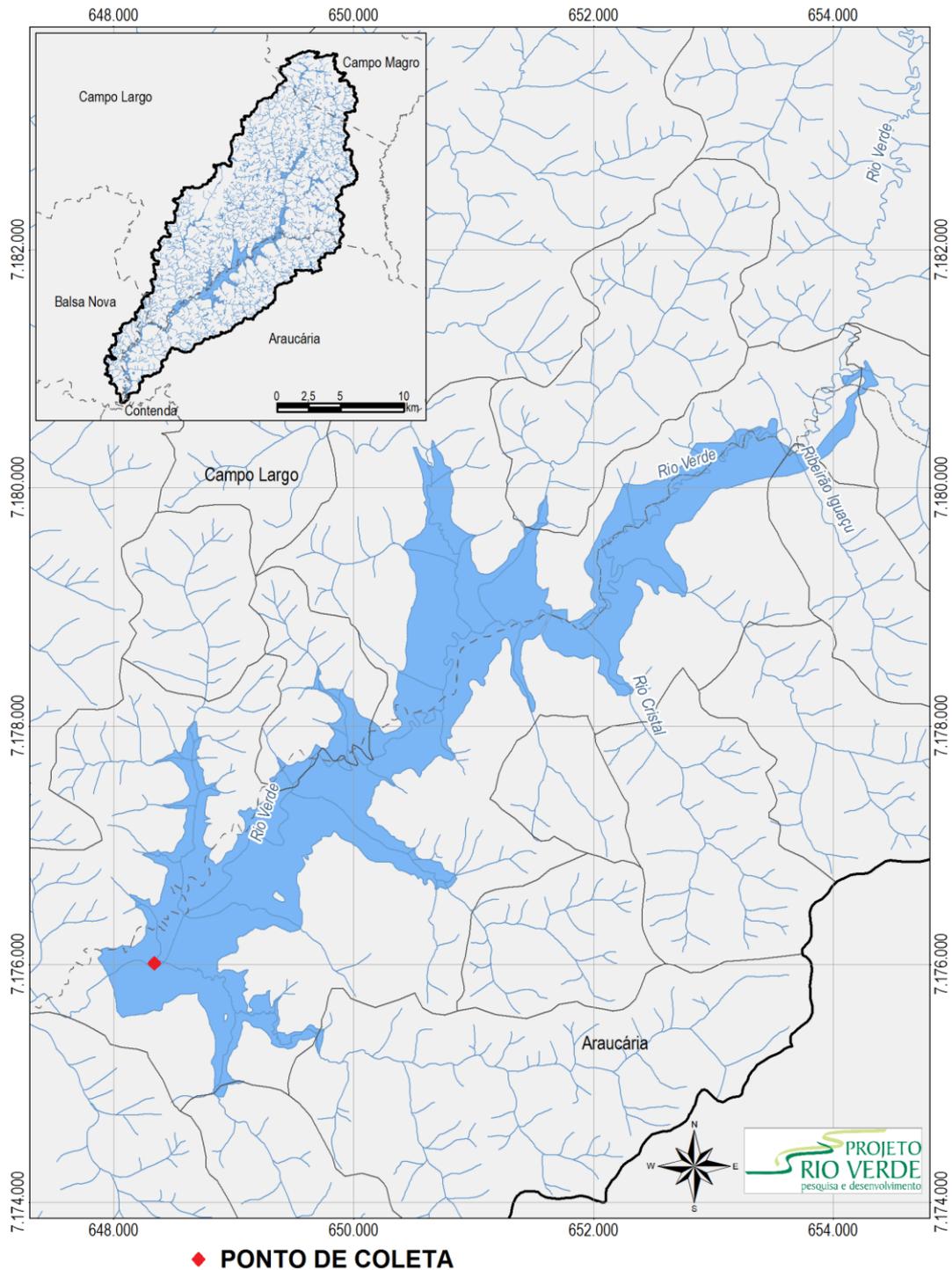


Figura 2 – Localização da estação de amostragem para as coletas intensivas e nictemerais no reservatório Rio Verde. O mapa superior esquerdo refere-se a localização da bacia do Rio verde.

3.3 PARÂMETROS ANALISADOS

Em todas as coletas foram medidos parâmetros meteorológicos, físico-químicos e biológicos, conforme a Tabela 1.

Os dados meteorológicos (radiação solar, precipitação e intensidade e direção do vento) foram obtidos a partir de uma estação meteorológica situada na barragem do próprio reservatório. O equipamento utilizado para a medição de vento foi um Anemômetro de Hélice Young modelo 05103. Os dados de temperatura foram obtidos por um Termohigrômetro Campbell Sci, Inc, modelo CS500. Para medir a radiação solar foi utilizado um Piranômetro Kipp & Zonen modelo SP-Lite. A precipitação foi medida por um pluviômetro MRI modelo 302. Para as análises, foram utilizados os dados meteorológicos referentes à semana de coleta e os de dez dias anteriores a elas.

Parâmetros físico-químicos da água como temperatura, pH, oxigênio dissolvido e condutividade, foram medidos em campo com o auxílio de uma sonda multiparâmetros Horiba modelo U22XD, a cada 0,5 metros em toda a extensão da coluna de água.

Tabela 1 – Variáveis amostradas durante as coletas nictemerais de verão e inverno no reservatório Rio Verde em campo, em laboratório e através da estação meteorológica.

CAMPO	LABORATÓRIO	ESTAÇÃO METEOROLÓGICA
Temperatura Água	Fósforo total e inorgânico	Velocidade do Vento
Oxigênio Dissolvido	Série Nitrogênio	Direção do Vento
pH	Fitoplâncton	Temperatura do Ar
Condutividade	Clorofila-a	Radiação Solar
Profundidade do disco de Secchi	Silicato	Precipitação

As amostras para a análise quantitativa da comunidade fitoplanctônica foram coletadas das profundidades escolhidas com garrafa de Van Dorn e acondicionadas em frascos âmbar após serem fixadas com lugol acético. Para a análise qualitativa do fitoplâncton as amostras foram coletadas utilizando rede de plâncton (0,6 x 1,3 m) com abertura de malha de 20 µm, acondicionadas em frascos de polietileno e observadas, ainda vivas, em microscópio óptico no mesmo dia da coleta. Essas amostras tiveram uma alíquota preservada em solução de Transeau, adicionando-se igual volume do fixador ao volume da amostra.

A densidade dos organismos do fitoplâncton (céls/mL) foi obtida através de contagem em câmara de sedimentação (Ütermohl, 1958) com volume de 10 mL, por contagem direta utilizando microscópio invertido Olympus IX70 do Laboratório de

Ficologia da Universidade Federal do Paraná, no aumento de 40 vezes sem optovar. O número de indivíduos (colônias, cenóbios ou filamentos) também foi registrado. Para concluir a contagem da amostra, além da curva de estabilização, um número mínimo de 70 campos foi considerado ou contagem superior a 100 células de cada uma das duas espécies mais abundantes (Venrick, 1979). Respeitou-se o tempo mínimo de sedimentação proposto (3 horas). O cálculo da densidade de células foi realizado através da fórmula: $\text{cél/mL} = (\text{número de células contadas/área do campo} \times \text{número de campos contados}) \times (1/\text{altura da câmara}) \times \text{fator conversão}$. Para evitar possíveis erros, não foram incluídas as amostras de hipolimnio, que apresentavam muito sedimento e poucas células, na maioria das vezes, senescentes. Os grupos funcionais fitoplanctônicos foram caracterizados segundo os critérios propostos por Reynolds *et al.* (2002), Reynolds (2006) e Kruk *et al.* (2002), sendo consideradas espécies dominantes (ou organismos descritores) aquelas que ocorreram em densidades superiores a 2% da densidade total do fitoplâncton do período em que foi coletada.

As amostras para as análises de clorofila-a e nutrientes foram coletadas das mesmas profundidades e mantidas sob refrigeração e protegidas da luz durante transporte para o Laboratório de Limnologia do IAP, que realizou as análises de clorofila-a através do método de Nusch (1980). Os nutrientes (série fósforo e nitrogênio) foram analisados pelo Laboratório de Análises Ambientais da PUC-PR, de acordo com Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 1995). As análises de sílica dissolvida foram realizadas no Laboratório de Biogeoquímica Marinha do Centro de Estudos do Mar da Universidade Federal do Paraná.

3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A interpretação dos resultados foi realizada através de correlações simples utilizando as médias das profundidades das variáveis coletadas durante as duas coletas nictemerais (Março e Julho de 2009). O programa utilizado foi o STATISTICA 6.0. As variáveis biológicas foram correlacionadas com variáveis químicas, físicas e meteorológicas. Para a elaboração de gráficos e tabelas foram utilizados os programas Surfer 7.0, Stickplot e Excel.

4 RESULTADOS

4.1 DADOS METEOROLÓGICOS

O mês de março apresentou temperaturas mais quentes e elevada radiação solar. A temperatura máxima do ar registrada chegou a 31°C em torno das 16 horas do dia 2 de Março de 2009. A média diária variou de 19 a 26°C. Durante o mês de Julho de 2009 ocorreram temperaturas mais baixas, menor fotoperíodo e menor radiação solar média diária. A temperatura média diária para a coleta realizada em Julho de 2009 oscilou de 11 a 17°C, com máxima de 22,9°C, no dia 7 de julho em torno das 16 horas e mínima de 5,3°C, registrada no início da manhã do dia 4 de julho de 2009 (Figura 3).

Quanto à radiação solar, os valores chegaram a 1.100 W/m² em torno do meio dia na campanha de verão e a 750 W/m² no início da tarde no inverno (Figura 3). Nos dias 9 e 10 de Julho (dia da coleta nictemeral), a radiação máxima chegou a apenas 197 W/m², devido a cobertura total do céu por nuvens e chuvas leves.

Para a região Sul, não há claramente definidos períodos de estiagem e chuvas. No geral, ocorreram chuvas com maior volume durante o verão, com a precipitação diária acumulada chegando a 80,3 mm no dia 28 de fevereiro, o que corresponde a quase totalidade (98%) do valor acumulado nos 10 dias amostrados. No período de inverno as chuvas foram mais distribuídas, persistindo por vários dias. O acumulado do período foi 52 mm, com máxima de 26,7 mm no dia 10 de julho. As médias diárias foram semelhantes entre verão (0,11 mm) e inverno (0,07 mm) (Figura 3).

Os ventos sopraram com intensidades semelhantes nos dois períodos de coleta, velocidade média de 2,4 m/s durante o verão e 1,8 m/s durante o inverno, com rajada máxima de 5,7 e 4,6 m/s, respectivamente. A direção do vento predominante na região é Nordeste (NE), que coincide com o alinhamento do eixo do reservatório (de jusante para montante) (Figura 3).

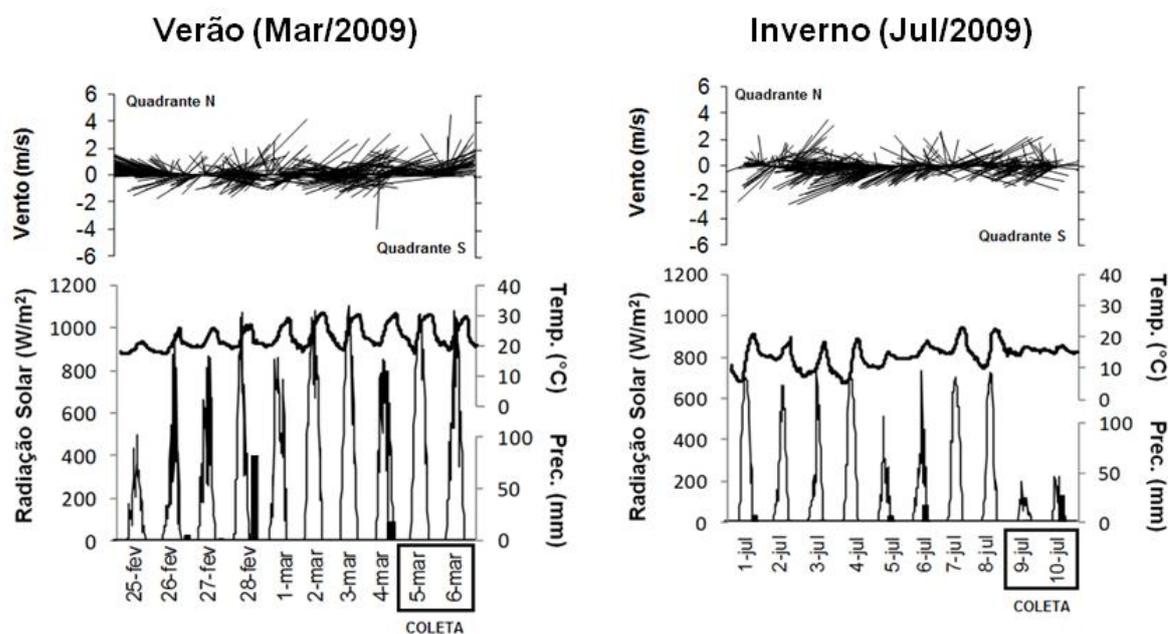


Figura 3 – Velocidade do vento média (m/s), a cada 30 minutos, referentes a um período total de 10 dias (nove dias anteriores a cada coleta nictemeral), Temperatura do ar (°C), Radiação Solar (W/m^2) e Precipitação (mm) medidos em intervalos de 15 minutos na região do reservatório Rio Verde.

4.2 VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS

A temperatura da água durante a coleta de março de 2009 (final de verão) variou de $18,5^{\circ}C$, nas camadas mais profundas, a $27,4^{\circ}C$, na superfície. Maiores temperaturas foram registradas durante a tarde (às 14 e 18 h), com as camadas inferiores permanecendo estáveis durante todo o ciclo. Foi possível distinguir três camadas ao longo da coluna de água: epilímnio (0 a 5 m), metalímnio (5 a 7 m) e hipolímnio (< 7 m). Um forte gradiente vertical pode ser observado, com o epilímnio em média $8,2^{\circ}C$ mais quente que o hipolímnio (Figura 4).

Já durante a campanha de julho de 2009, a coluna de água apresentou-se mais homogênea, com gradiente vertical inferior a $1,5^{\circ}C$, refletindo a circulação característica do período de inverno, embora com estratificação térmica discreta. As temperaturas variaram entre $15,8$ e $17,2^{\circ}C$. Mesmo nas camadas superficiais, a variação de temperatura foi pequena (de $16,9^{\circ}C$, durante o início da manhã, a $17,2^{\circ}C$ durante a tarde) e as camadas mais profundas (< 6 m) permaneceram praticamente sem variação durante todo o ciclo nictemeral (Figura 4).

A estratificação térmica durante os dias investigados no verão esteve acompanhada de estratificação química. O perfil de concentração de oxigênio dissolvido acompanhou o forte gradiente de temperatura, com maiores concentrações nas camadas superficiais e com hipolímnio anóxico (a partir dos 5 m

de profundidade). O maior valor registrado neste período foi de 8,9 mg/L. Quando comparado a coleta de Julho de 2009, a coluna de água apresentou em Março de 2009 menores concentrações de oxigênio dissolvido. Na coleta de inverno as concentrações foram mais homogêneas (entre 6,4 e 10,7 mg/L) e o hipolímnio não chegou a anoxia (Figura 4).

Os valores de pH apresentaram-se mais elevados durante a coleta de verão (média de 7,1) com as camadas superficiais apresentaram-se levemente básicas (valores em torno de 8), decrescendo em direção ao hipolímnio (entre 6 e 6,5). Esta variável esteve entre 6,1 e 8,1, com. Em julho, os valores apresentaram-se mais homogêneos, de levemente básico nas camadas superficiais a pH neutro próximo ao fundo. No inverno a média ficou em 7,4 (Figura 4).

A condutividade elétrica chegou a 195 $\mu\text{S}/\text{cm}$ durante a coleta de março de 2009 e a mínima neste período foi 93 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (média de 123 $\mu\text{S}/\text{cm}$), com um leve gradiente com valores crescendo em direção ao fundo. No inverno os valores foram mais homogêneos (de 95 a 99 $\mu\text{S}/\text{cm}$) (Figura 4). A transparência da água, das 6 horas da manhã até as 18 horas, oscilou de 2,5 a 2,9 m, e a extensão da zona eufótica calculada foi de 6,7 e 7,9 m, respectivamente. Durante a coleta de julho de 2009 (inverno), quando os dias foram mais curtos, a profundidade do disco de Secchi às 10 e às 14 horas foi 2,1 e 2,3 m, respectivamente, e extensão da zona eufótica foi de 5,7 e 6,2 m (Figura 4).

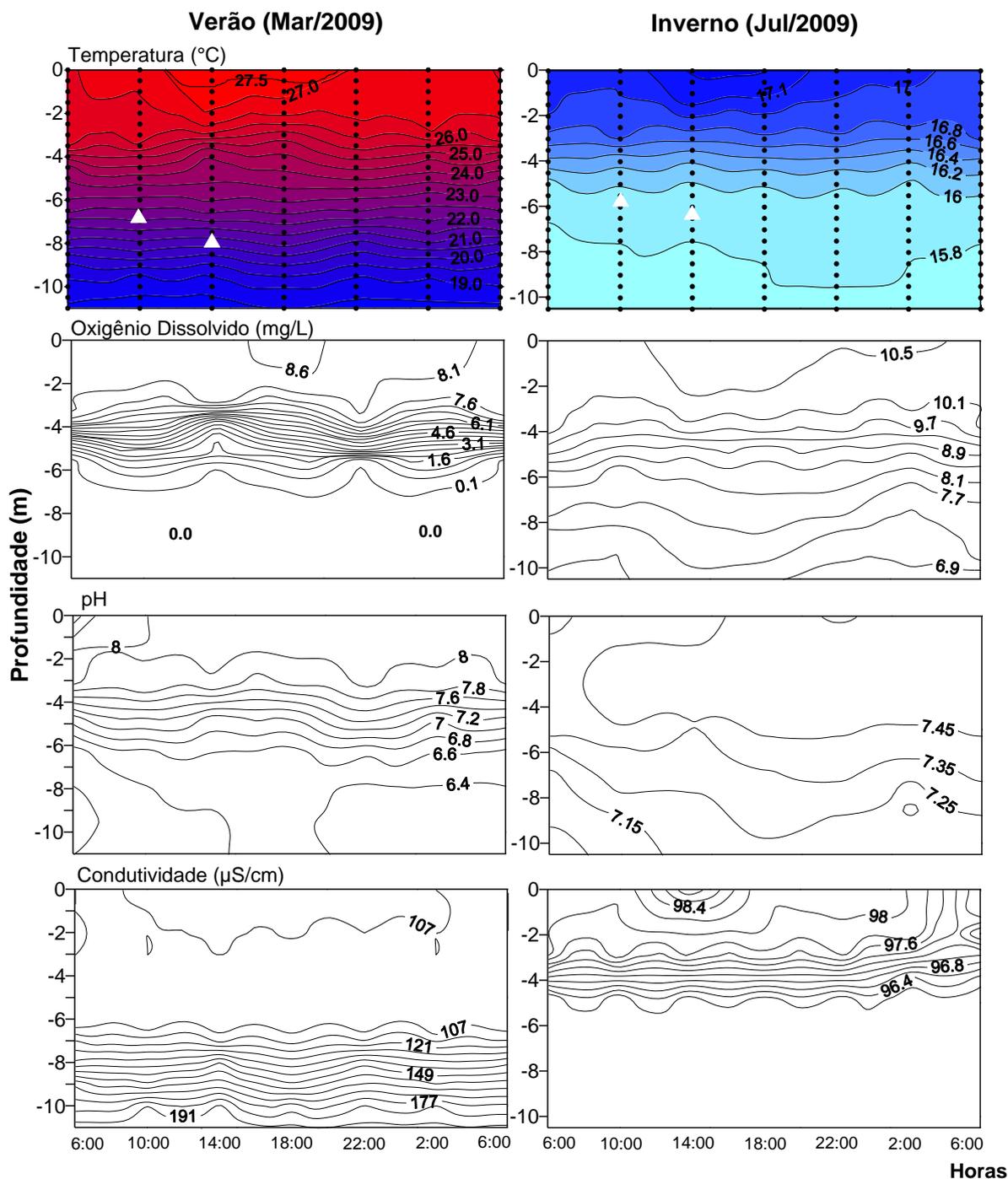


Figura 4 – Gráfico de isolinhas da variação nictemeral nos perfis de temperatura (°C), oxigênio dissolvido (mg/L), pH e condutividade (µS/cm) no reservatório Rio Verde durante as coletas nictemerais de verão e inverno.

● Profundidades amostradas, △ Profundidade da zona eufótica.

Durante a coleta de verão, o fósforo total variou de 0,02 a 0,07 mg/L, com média de 0,04 mg/L. No inverno, a mínima foi de 0,03 e a máxima de 0,06 mg/L, com média de 0,05 mg/L. O fósforo reativo (SRP) teve mínimo de 0,01 e máximo de 0,045 mg/L, durante o verão. A média ficou em 0,025 mg/L. No inverno, os valores oscilaram de 0,015 a 0,08 mg/L, com média de 0,04 mg/L. O nitrogênio amoniacal

variou de 0,014 a 3,3 mg/L, durante o verão, com maiores concentrações registradas no hipolíminio (9 metros). A média para esta profundidade foi de 2,7 mg/L, enquanto que na superfície foi de 0,045 mg/L. Durante a coleta de inverno, a coluna de água esteve mais homogênea, e os valores registrados nesse período foram de 0,2 a 0,4 mg/L. O nitrogênio orgânico variou de 0,14 a 0,9 mg/L, durante o verão. A média para este período foi de 0,5 mg/L. Na coleta de inverno, os valores registrados variaram de 0,13 a 0,6 mg/L e a média ficou em 0,37 mg/L. O nitrogênio total Kjeldahl variou de 0,3 a 1,7 mg/L durante a coleta de verão e de 0,4 a 0,9 mg/L durante a coleta de inverno (Figura 5).

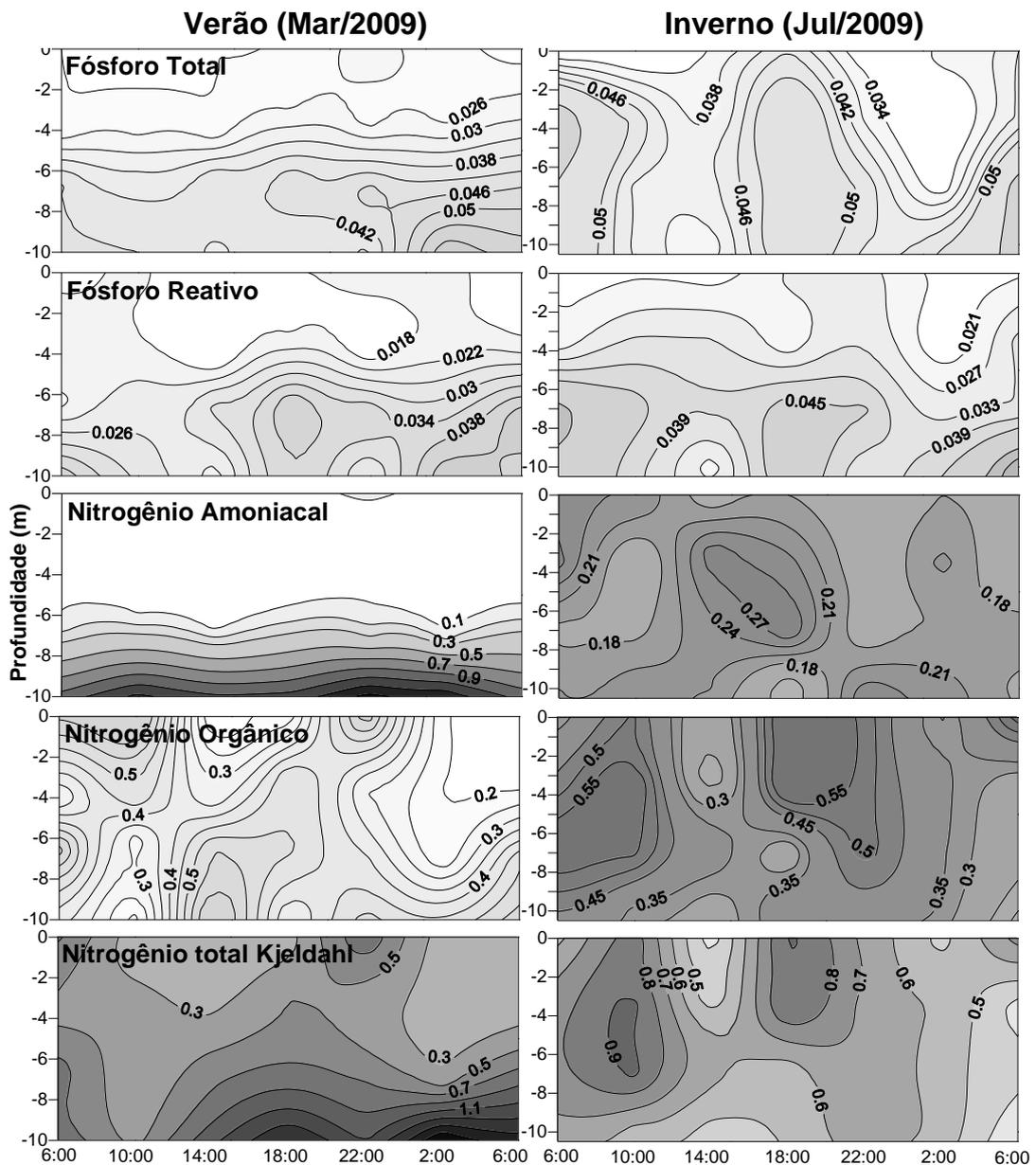


Figura 5 – Perfil da concentração (mg/L) de nutrientes registrados durante as coletas nictemerais de verão e inverno no reservatório Rio Verde.

Os valores de silicato variaram de 0,56 a 1,33 mg/L durante o verão, com média de 0,91 mg/L. Já durante o inverno, a menor concentração registrada foi de 0,78 mg/L e a maior chegou a 3,3 mg/L. A média para este período foi 1,75 mg/L (Figura 6).

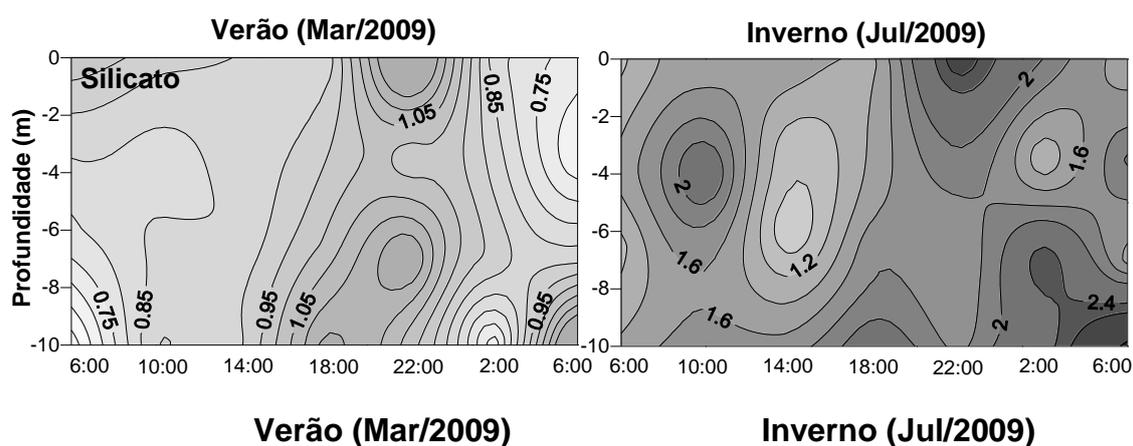


Figura 6 – Perfil de sílica dissolvida (mg/L) durante as coletas de verão e inverno no reservatório Rio Verde.

4.3 FITOPLÂNCTON E CLOROFILA-A

Durante as análises das amostras quantitativas do fitoplâncton, 106 espécies foram inventariadas e distribuídas em 11 grupos taxonômicos. De maneira geral, todas as espécies apareceram nos dois períodos de coleta, com uma pequena diminuição da riqueza durante a coleta de inverno. Durante a coleta de março (final de verão) foram registradas 100 espécies, sendo 19 exclusivas deste período (Lista de espécies - apêndice). As densidades ficaram, em média, em torno de 550 céls/mL (Tabela 2) e os grupos que mais contribuíram para a densidade relativa foram Chlorophyceae (30%), Nanoflagelados (27%), Cyanophyceae (21%), Cryptophyceae (11%) e Bacillariophyceae (5%). Outros grupos somaram 6% (Figura 7). Durante a coleta de julho (inverno) ocorreram seis espécies exclusivas e a riqueza de espécies foi reduzida para 87 espécies, assim como a densidade média que ficou em torno de 220 céls/mL (Tabela 2). Os grupos que mais contribuíram para a densidade relativa deste período foram Nanoflagelados (40%), Chlorophyceae (25%), Bacillariophyceae (15%) e Cryptophyceae (11%). Os outros grupos somaram 9% (Figura 7).

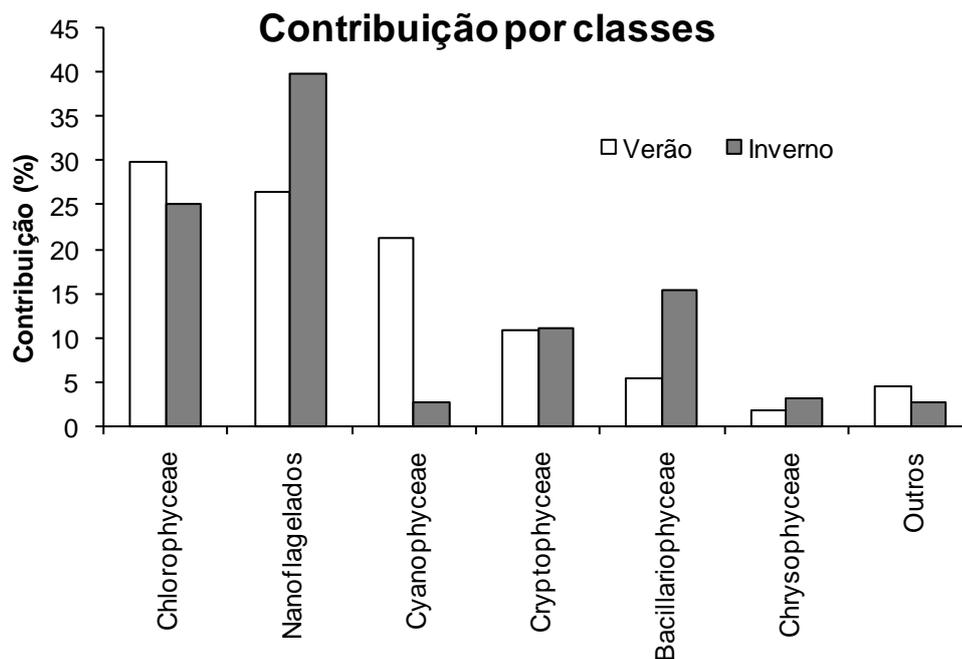


Figura 7 – Comparação da contribuição relativa dos grupos do fitoplâncton para a densidade total (células/mL) nas coletas nictemerais de verão e inverno no reservatório Rio Verde. Outros: Contribuição inferior a 3% da densidade total do fitoplâncton. Soma da contribuição de Zygnemaphyceae, Euglenophyceae, Dynophyceae e Xantophyceae.

Tabela 2 – Densidade média, mínima e máxima (células/mL) por classes, durante as campanhas nictemerais de verão e inverno no reservatório Rio Verde. Média (Mínima - Máxima).

Classe	Densidade	
	Verão	Inverno
Cyanobacteria	1387 (12 - 9009)	68 (0 - 878)
Bacillariophyceae	305 (0 - 967)	420 (36 - 1428)
Chlorophyceae	1719 (0 - 3760)	635 (220 - 1318)
Zygnemaphyceae	84 (0 - 205)	5 (0 - 15)
Chrysophyceae	92 (0 - 216)	67 (0 - 252)
Cryptophyceae	667 (7 - 7837)	274 (7 - 644)
Euglenophyceae	49 (0 - 234)	16 (0 - 38)
Dynophyceae	25 (0 - 113)	21 (0 - 54)
Xanthophyceae	1 (0 - 6)	1 (0 - 6)
Fitoflagelados	1507 (0 - 3529)	860 (65 - 3043)
Outros	137 (0 - 422)	71 (0 - 814)
Fitoplâncton Total	159006	54748

Em ambos os períodos, as Chlorophyceae apresentaram a maior riqueza em espécies (43), correspondendo a aproximadamente 40% de todas as espécies inventariadas durante ambas as coletas, sendo a ordem Chlorococcales a mais comum. Os gêneros *Scenedesmus* e *Pediastrum* (Figura 8 - F) foram abundantes em ambas as coletas. Formas coloniais nanoplanctônicas, como *Dictyosphaerium* e *Tetrastrum* (Figura 8 - E), em ordem decrescente, são os gêneros que mais contribuíram para a densidade do fitoplâncton total durante o verão. Durante o inverno, formas solitárias nanoplanctônicas, como *Monoraphidium* (Figura 8 - C) e *Hyaloraphidium*, aumentaram em densidade.

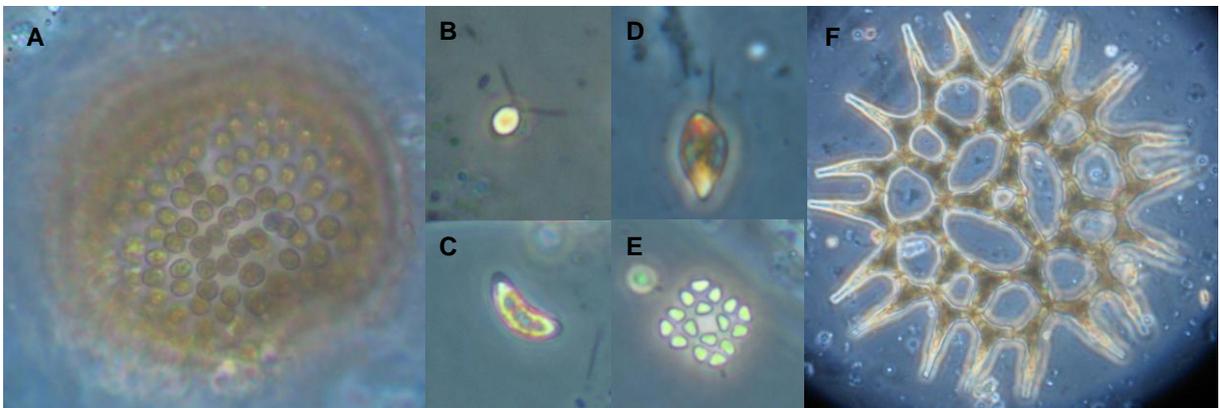


Figura 8 – Algumas das algas inventariadas durante as coletas nictemeraias no reservatório Rio verde. A) *Woronichinia* sp. (diâmetro da colônia $\approx 62 \mu\text{m}$); B) Nanoflagelado não identificado ($\approx 3 \mu\text{m}$); C) *Monoraphidium minutum* ($\approx 9 \mu\text{m}$); D) *Cryptomonas* sp. ($\approx 35 \mu\text{m}$); E) *Tetrastrum* sp. (célula $\approx 4 \mu\text{m}$); F) *Pediastrum simplex* (diâmetro da colônia $\approx 120 \mu\text{m}$).

Algumas das espécies descritoras foram enquadradas nos grupos funcionais propostos por Reynolds *et al.* (2002), conforme tabela 3.

Tabela 3 – Organismo descritor, grupo funcional a que pertence, período em que foi representativo para a densidade do fitoplâncton total (>2%) e representatividade respectiva ao período.

Organismo Descritor	Grupo Funcional	Período	%
Nanoflagelados	X2	Verão-Inverno	19 – 35
<i>Cryptomonas</i> sp.	Y	Verão-Inverno	10 – 4
<i>Pediastrum simplex</i>	J	Verão-Inverno	2 – 3
<i>Scenedesmus ecornis</i>	J	Verão-Inverno	2 – 2
<i>Aphanocapsa</i> sp.	K	Verão	3
<i>Tetrastrum</i> sp.	F ¹	Verão	2
<i>Dyctiosphaerium</i> sp.	F	Verão	15
<i>Merismopedia</i> sp.	Lo	Verão	8
<i>Aulacoseira ambigua</i>	C	Inverno	9
<i>Aulacoseira granulata</i>	P	Inverno	2
<i>Microcystis</i> sp1	Lm	Inverno	2
<i>Hyaloraphidium</i> sp.	X1 ¹	Inverno	2
<i>Monoraphidium minutum</i>	X1	Inverno	14

Legenda (Características dos grupos funcionais do reservatório Rio verde. Modificado de Reynolds *et al.*, 2002):

X2: Espécies que habitam a camada de mistura de lagos mesotróficos rasos, tolerantes a estratificação e sensíveis a mistura profunda e herbivoria.

Y: Organismos presentes, geralmente, em pequenos lagos com águas enriquecidas. Toleram baixa intensidade luminosa.

J: Organismos de lagos enriquecidos e rasos, que sofrem com a sedimentação e a baixa luminosidade.

K: Adaptadas a escassez de nutrientes, sensíveis a mistura profunda.

F: Clorófitas coloniais que habitam epilímnios claros, sensíveis a turbulência e deficiência de CO₂, tolerantes a falta de nutrientes.

Lo: Habitam epilímnio de verão em lagos mesotróficos. Toleram segregação de nutrientes e sofrem com mistura profunda ou prolongada.

C: Algas de reservatórios eutróficos, de pequenos a médios, com água homogênea. Resistem a alta luminosidade e a privação de carbono. São sensíveis a falta de sílica e a estratificação.

P: Grupo de epilímnion eutrófico. Toleram baixa luminosidade e deficiência de carbono. Sensíveis a estratificação e exaustão de sílica.

Lm: Epilímnio de verão em lagos eutróficos. Toleram carbono muito baixo e são sensíveis a mistura e baixa luminosidade.

X1: Algas de camadas superficiais misturadas em condições de enriquecimento. Resistem a estratificação e sofrem com a falta de nutrientes e herbivoria.

¹ Espécies não estão na classificação proposta por Reynolds *et al.* (2002), por isso foram enquadradas, preliminarmente durante este estudo, nos mesmos grupos de outras espécies que apresentaram comportamento semelhante (presente durante o mesmo período, sob as mesmas condições ambientais, distribuição e densidade). *Hyaloraphidium* sp. foi enquadrada por ser semelhante a *Monoraphidium* sp. no grupo X1 e *Tetrastrum* sp. por ser semelhante a *Dyctiosphaerium* sp. no grupo F.

Maiores densidades do fitoplâncton total (células/mL), por amostra, ocorreram durante a coleta de verão, com máximo de 19.552 células/mL, a 7 m de

profundidade (metalímnio), às 6 horas da manhã, e mínima de 2.945 células/mL, a 9 metros de profundidade, às 10 horas da manhã. Durante as amostragens de inverno, as densidades encontradas foram comparativamente inferiores, com máxima de 4.724 células/mL, a 3 metros de profundidade, às 14 horas, e mínima de 1.349 células/ml, a 7 metros, às 2 horas da manhã (Figura 9).

A concentração de clorofila-a seguiu o mesmo padrão observado para a densidade do fitoplâncton total durante o verão, quando notou-se um forte gradiente vertical com maiores concentrações em direção a base do metalímnio. Enquanto a média para a superfície foi de 8,5 µg/L, chegou a 27,1 µg/L no metalímnio. Já durante a campanha de inverno os valores foram ligeiramente maiores na superfície (média de 4,3 µg/L para a superfície e 2,5 µg/L para as outras profundidades).

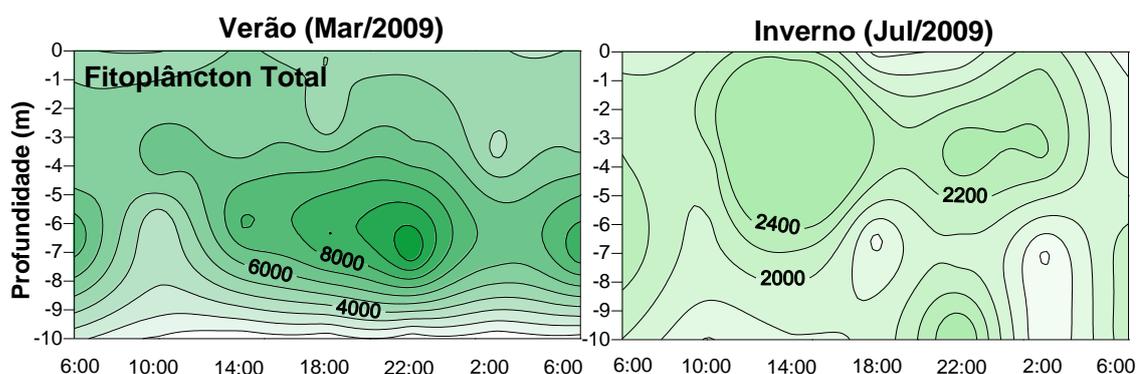


Figura 9 – Densidade (células/mL) do fitoplâncton total no reservatório Rio Verde, durante as coletas nictemerais de verão e inverno.

De maneira geral, em março de 2009, as maiores densidades do fitoplâncton total estiveram entre 5 e 7 m (metalímnio). Já durante a coleta de inverno, o fitoplâncton não se concentrou em uma profundidade particular, pela falta de uma termoclina definida e aprofundamento da camada de mistura. Os nanoflagelados (Figura 10) e clorófitas, como *Tetrastrum* sp. (Figura 11), *Dyctiosphaerium* sp. (Figura 11), *Monoraphidium minutum* (Figura 12), *Hyaloraphidium* sp. (Figura 12), *Scenedesmus ecornis* e *Pediastrum simplex*, ocorreram distribuídos por todo o epilímnio. Na coleta de verão (março de 2009), as cianobactérias *Aphanocapsa* sp. e *Merismopedia* sp. (Figura 13) e a criptofíceia *Cryptomonas* sp. (Figura 10) apresentaram-se concentradas no metalímnio, aos 6 metros de profundidade. Na figura 14 são apresentados dados de concentração de oxigênio dissolvido (mg/L), densidade de *Cryptomonas* sp. (células/mL), concentração de nitrogênio amoniacal (µg/L) e temperatura (°C) na coluna de água durante a coleta de março de 2009.

Nesse período houve um aumento da densidade dessa criptofíceia em profundidades onde ocorreram altas concentrações de amônia e baixas concentrações de oxigênio dissolvido. No inverno, após a circulação da coluna de água, houve maior homogeneidade na distribuição de *Cryptomonas* sp. (Figura 10), com máximo de densidade na sub-superfície entre as 14 e 18 horas. Também durante o inverno, houve um aumento na densidade de diatomáceas, sendo *Aulacoseira ambigua* uma das espécies mais importantes para o grupo. Essa espécie apresentou-se concentrada entre 6 e 7 metros, apesar de não haver estratificação térmica aparente (Figura 15).

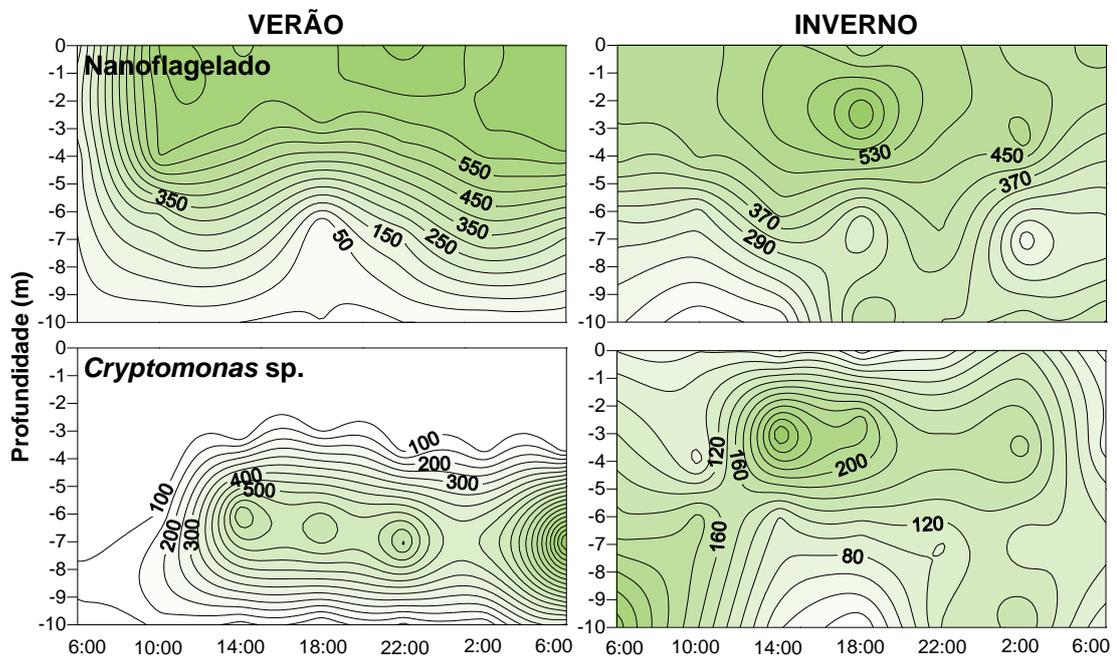


Figura 10 – Densidade (cél/mL) das espécies flageladas descritoras do ambiente (>2% do fitoplâncton total) para as coletas nictemerais de verão e inverno no reservatório Rio Verde.

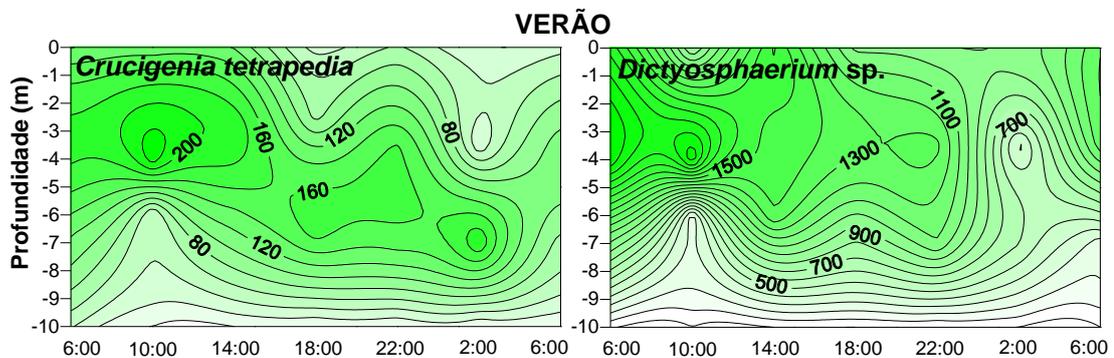


Figura 11 – Densidade (cél/mL) das clorófitas descritoras do ambiente (>2% do fitoplâncton total) apenas para a coleta nictemeral de verão no reservatório Rio Verde.

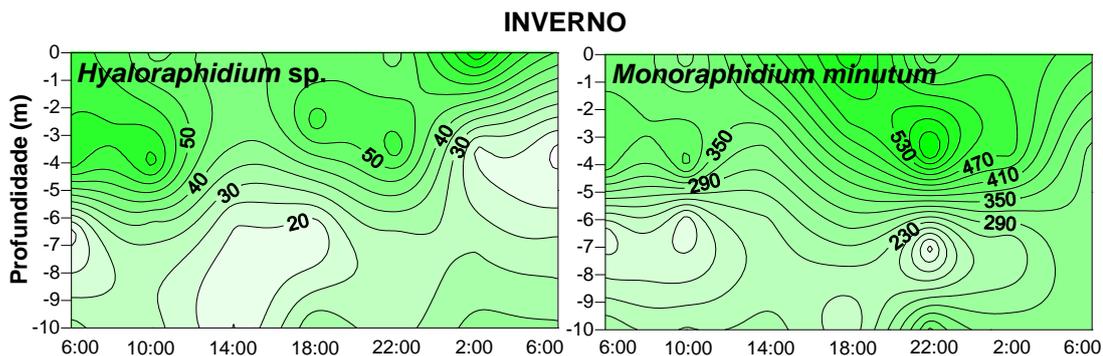


Figura 12 – Densidade (cél/mL) das clorófitas descritoras do ambiente (>2% do fitoplâncton total) apenas para a coleta nictemeral de inverno no reservatório Rio Verde.

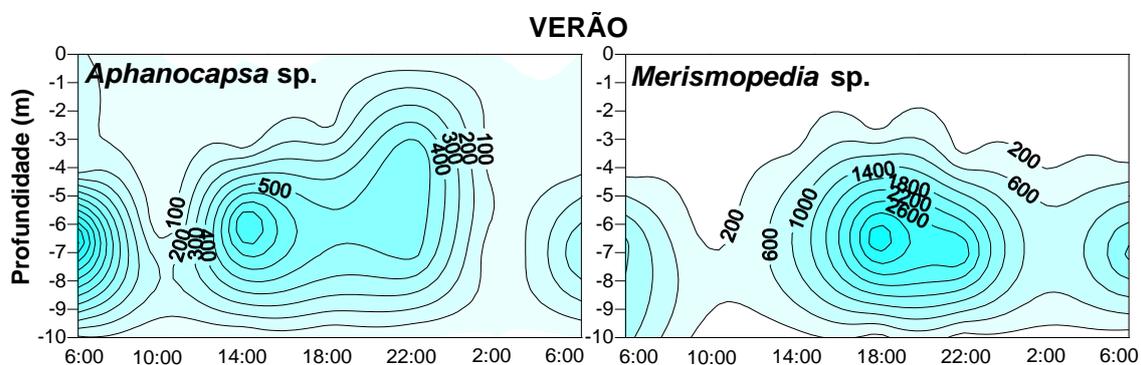


Figura 13 – Densidade (cél/mL) das cianobactérias descritoras do ambiente (>2% do fitoplâncton total) apenas para a coleta nictemeral de verão no reservatório Rio Verde.

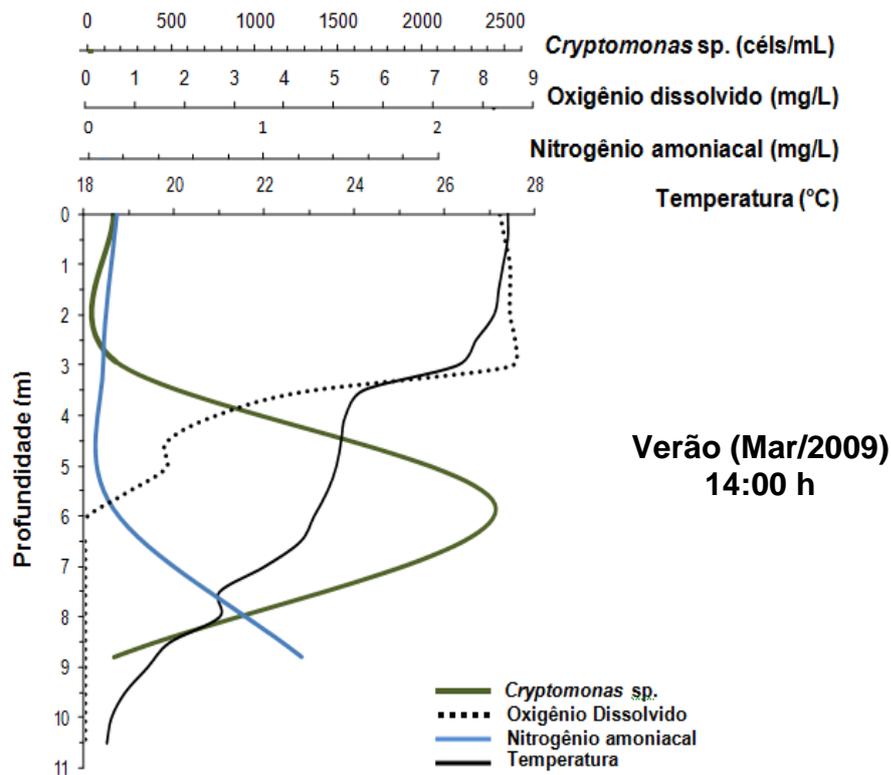


Figura 14 – Perfil de Oxigênio dissolvido (mg/L), densidade de *Cryptomonas* sp. (cél/mL), Nitrogênio amoniacal ($\mu\text{g/L}$) e Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) na coluna de água medidos às 14 h durante a coleta de março (verão) no reservatório Rio Verde.

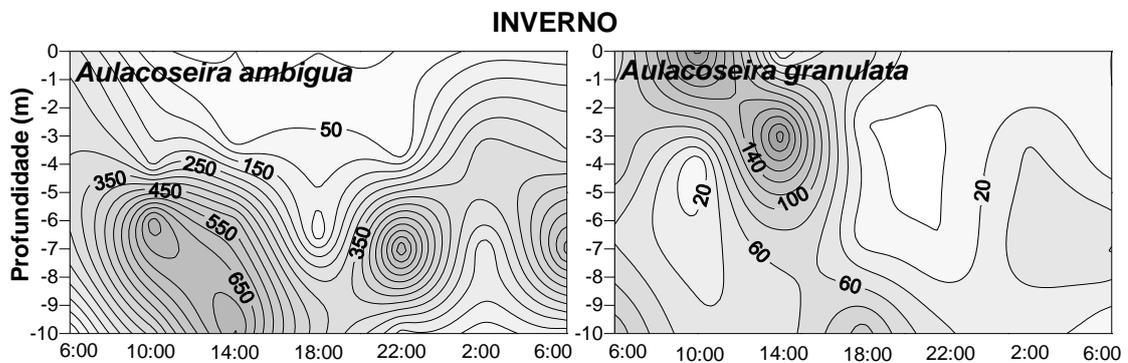


Figura 15 – Densidade (cél/mL) das diatomáceas descritoras do ambiente (>2% do fitoplâncton total) apenas para a coleta nictemeral de inverno no reservatório Rio Verde.

Com base nas análises quantitativas do fitoplâncton e nas observações dos resultados, levando em conta a auto-ecologia dos grupos funcionais propostos por Reynolds *et al.* (2002), as espécies foram classificadas em três padrões de distribuição vertical na coluna de água: 1) espécies presentes em todo o epilímnio (até 6 metros); 2) espécies que se apresentaram concentradas na base do metalímnio (em torno de 6 e 7 metros), e 3) espécies que exibiram algum tipo de migração vertical, conforme tabela 4.

Tabela 4 – Classificação em padrões de distribuição vertical das espécies descritoras do ambiente para a coleta nictemeral de verão e inverno no reservatório Rio Verde.

Padrão	Comportamento	Espécies	Grupo Funcional	Coleta
1	Presente em todo o Epilimnio	<i>Tetrastrum</i> sp.	F*	Março/09
		<i>Dictyosphaerium</i> sp.	F	Março/09
		<i>Hyaloraphidium</i> sp.	X ₁ *	Julho/09
		<i>Monoraphidium minutum</i>	X ₁	Julho/09
		<i>Scenedesmus ecornis</i>	J	Ambas
		<i>Pediastrum simplex</i>	J	Ambas
		<i>Aulacoseira granulata</i>	P	Julho/09
2	Acúmulo na base do Metalimnio	<i>Aulacoseira ambigua</i>	C	Julho/09
		<i>Aphanocapsa</i> sp.	K	Março/09
		<i>Merismopedia</i> sp.	L _o	Março/09
3	Migração ativa	<i>Cryptomonas</i> sp. ¹	Y	Ambas
		Nanoflagelados ²	X ₂	Ambas

¹ Não exibiu migração ativa por grandes distâncias durante a campanha de março de 2009 (final de verão).

² Não foi possível detectar um padrão de migração durante as campanhas.

* Enquadrados primariamente nos grupos funcionais de espécies com comportamento semelhante.

5 DISCUSSÃO

No reservatório Rio Verde, a densidade e a distribuição do fitoplâncton observadas durante as coletas nictemerais foram influenciadas pelo padrão de estratificação/circulação da coluna de água. Durante a campanha de verão (março de 2009), a estratificação térmica da coluna de água, detectada no ponto de coleta, refletiu-se na distribuição desigual não somente de nutrientes e gases, mas também do fitoplâncton. Maiores densidades de algas, assim como maior concentração de clorofila-a, foram observadas no metalímnio (5 a 7 m), associado a alta concentração de nutrientes (por exemplo, amônia). Durante a coleta de inverno (julho de 2009) maiores densidades do fitoplâncton foram observadas na superfície, decrescendo em direção ao fundo, com um gradiente menos nítido em relação a coleta de março de 2009.

Além da estrutura física da coluna de água, a luminosidade e a sua atenuação vertical tiveram papel fundamental na distribuição destes organismos fotossintéticos na coluna de água. Durante o ciclo diurno no reservatório Rio Verde, as espécies fitoplanctônicas sem a capacidade de auto-regulação (*Aulacoseira ambigua*, *Aulacoseira granulata*, *Tetrastrum* sp., *Dictyosphaerium* sp., *Hyaloraphidium* sp.,

Monoraphidium minutum, *Scenedesmus ecornis* e *Pediastrum simplex*), e aquelas capazes de regular sua posição vertical (*Cryptomonas* sp. e nanoflagelados) foram distribuídos em profundidades diferentes, conforme a atenuação da luz na coluna de água.

Com base nas observações do presente estudo e na auto-ecologia dos grupos funcionais do fitoplâncton (Reynolds *et al.*, 2002) as espécies encontradas foram classificadas em três padrões de disposição vertical na coluna de água. Os padrões 1 e 2 são compostos por grupos fitoplanctônicos sem capacidade de auto-regulação, que foram distribuídos de acordo com a segregação das camadas na coluna de água. O padrão 1 engloba as espécies detectadas em todo o epilímnio (até 5 metros) e o padrão 2 é representado pelos organismos que se apresentaram concentrados no metalímnio (entre 5 e 7 m). O padrão 3 é composto por aquelas espécies capazes de regular sua posição na coluna de água por migração vertical ativa e que foram influenciadas pelo regime de mistura, suprimento de luz e nutrientes.

De maneira geral, em ambos os períodos, as clorófitas foram detectadas em maior concentração nas camadas superficiais e mais iluminadas do reservatório, mesmo após a circulação da coluna de água no inverno. Essas pequenas espécies, solitárias ou coloniais, com mucilagem espessa e que, em consequência destas características, tenderam a distribuir-se preferencialmente nos primeiros metros da coluna de água, foram enquadradas no padrão 1. Num estudo realizado por Pivato *et al.* (2006) no reservatório de Corumbá, em Goiás, essas espécies com bainha mucilagínosa também estiveram distribuídas predominantemente na camada epilimnética, pois conseguem manter-se em suspensão na coluna de água.

Espécies como *Scenedesmus ecornis* e *Pediastrum simplex*, exibiram este tipo de comportamento durante ambas as campanhas. Os gêneros *Scenedesmus* e *Pediastrum* (grupo J) estiveram presentes em densidades relativamente constantes nas coletas nictemerais de março e julho de 2009. De acordo com Reynolds *et al.*, (2002) o grupo J é composto por espécies coloniais mucilagínosas, típicas de lagos enriquecidos e rasos, sensíveis a sedimentação e a baixa luminosidade.

Pequenas clorófitas coloniais não-móveis como *Tetrastrum* sp. e *Dyctiosphaerium* sp., também foram classificadas no padrão 1, sendo mais representativas durante o período de estratificação. O gênero *Dyctiosphaerium* (grupo F) representou 15% do total de células durante a coleta de março de 2009,

reduzindo drasticamente sua densidade na coleta de julho de 2009 (<1%). A baixa disponibilidade de nutrientes no epilímnio durante o verão pode ter sido um fator importante para a dominância do grupo funcional **F**, pois as espécies desse grupo são tolerantes à escassez de nutrientes e, portanto, persistem por maior tempo na água, após a exclusão de outras espécies menos tolerantes à escassez desse recurso. Já a mistura da coluna de água pode ter sido responsável pela sua drástica diminuição no inverno, já que essas espécies são sensíveis à turbulência. Além da tolerância à estratificação, este grupo consegue desenvolver-se sob condições de alta luminosidade, o que possibilitou sua permanência nas camadas superficiais durante a coleta de março de 2009.

As células do grupo funcional **F** podem ser constantemente redistribuídas nas camadas superficiais do epilímnio no verão, através da mistura parcial da água, superficialmente. Esse processo, chamado atelomixia, foi observado por Barbosa e Padisák (2002) no Lago Rio Doce em Minas Gerais, e considerado por esses autores como um fator chave na manutenção das células suspensas no epilímnio. A maior disponibilidade de luz nessa camada também pode justificar a distribuição, por todo o epilímnio, dessas clorofíceas em maior concentração que outros grupos, já que as algas verdes coloniais têm, em geral, uma maior exigência de luz que muitas cianobactérias planctônicas ou diatomáceas (Reynolds *et al.*, 2002).

De maneira geral, durante a coleta de inverno, o fitoplâncton do reservatório Rio Verde apresentou distribuição mais homogênea, quando comparado à campanha de verão. Parece ter havido uma leve estratificação no dia da coleta de inverno, ou pelo menos uma relativa estabilidade da coluna de água, que, associada à capacidade de alguns grupos do fitoplâncton de controlar sua posição na coluna de água, influenciou na maior distribuição do fitoplâncton no epilímnio. Pequenas clorófitas solitárias como *Monoraphidium minutum* e *Hyaloraphidium* sp., que também foram classificadas no padrão 1, estiveram presentes em maior densidade durante a campanha de inverno. *Monoraphidium minutum* (grupo **X₁**) esteve presente em ambos os períodos, porém representou apenas 1% da densidade total durante a coleta de verão (março de 2009) e chegou a 14% na de inverno (julho de 2009). A circulação da coluna de água durante o período de inverno pode ter ressuspensionado o fósforo reativo do hipolímnio, influenciando no aumento da concentração dessa espécie, que requer altas concentrações de fósforo para seu crescimento (Reynolds *et al.*, 2002).

Diferentes grupos e classes de tamanhos do fitoplâncton dependem diretamente da circulação para não afundarem até o hipolímnio, como por exemplo, as diatomáceas, que, por possuírem robustas carapaças de sílica, estão sujeitas a constantes perdas por sedimentação (Esteves, 1998). Portanto, esse grupo é particularmente sensível aos períodos de estratificação e circulação da coluna de água. Durante a estratificação, o aumento da temperatura e a diminuição da viscosidade, levam a um desequilíbrio na relação do peso específico das diatomáceas com relação ao meio, causando sua sedimentação (Reynolds, 1984). Durante a coleta de inverno, houve um aumento da contribuição dessas algas após a mistura da coluna de água e ressuspensão de silicato do hipolímnio, essencial para o seu crescimento. Além de íons, células do metalímnio, remanescentes do verão, podem ser ressuspendidas. *Aulacoseira granulata*, uma diatomácea filamentosa pesada pertencente ao grupo funcional **P**, teve sua densidade incrementada durante a coleta de julho. Essa espécie tem sido registrada em grandes reservatórios tropicais, devido à sua capacidade de permanecer no sedimento em condições de estratificação e tolerar períodos de mistura da coluna de água (Reynolds, 1999).

Outra diatomácea, *Aulacoseira ambigua* (grupo **C**), abundante durante a campanha de inverno, foi classificada no padrão 2 de distribuição vertical, por apresentar-se concentrada entre 6 e 7 m, mesmo após a circulação da coluna de água. Essa distribuição, incomum em situações de circulação, pode ter ocorrido devido à estabilidade da coluna de água e de uma leve estratificação química observadas durante a coleta de inverno. As concentrações de fósforo reativo durante essa campanha aumentaram em direção ao fundo e, possivelmente, em associação com a redução de oxigênio dissolvido na mesma direção e a estabilidade da coluna de água, possibilitaram a formação de camadas de água com diferentes densidades na região mais profunda do reservatório. Essas camadas foram capazes de manter as algas imobilizadas por tempo limitado, já que foi possível observar a sedimentação tanto de *Aulacoseira ambigua* quanto de *Aulacoseira granulata* nas horas que se seguiram. A dominância de *A. ambigua* (grupo **C**), durante a campanha de inverno, também pode ser explicada pelas condições encontradas no inverno. O grupo **C** seria mais favorecido pela menor sensibilidade às baixas temperaturas da água e disponibilidade de luz na zona eufótica, assim como a mistura da coluna de água, características do período.

Na coleta de verão, as cianobactérias coloniais *Aphanocapsa* sp. e *Merismopedia* sp. também foram classificadas no padrão 2 de distribuição vertical. Apesar da ocorrência de uma floração da cianobactéria *Cylindrospermopsis raciborskii* no reservatório Rio Verde em 2005, essa espécie não foi observada durante os períodos de amostragem. Entre os gêneros de cianobactérias registrados durante as coletas nictemerais estão, entre outros, *Aphanocapsa*, *Merismopedia*, *Microcystis* e *Woronichinia*, algumas delas potencialmente tóxicas, porém presentes em baixas densidades. *Merismopedia* sp. (grupo **L_o**) é referida por Reynolds *et al.* (2002) como parte do microplâncton de metalímnio e, assim como *Aphanocapsa* sp. (grupo **K**), sensível à mistura prolongada. Foi observado durante as contagens diretas do fitoplâncton que a maioria das células destas espécies se apresentava senescente (colônias imperfeitas, pouco verdes e com tamanho reduzido). A reduzida disponibilidade de nutrientes no epilímnio, que pode não ter sido suficiente para o desenvolvimento desse grupo, pode ter levado as células a sedimentação. Já as algas distribuídas nas camadas mais profundas parecem ter conseguido se desenvolver mesmo sob baixa luminosidade, já que as cianobactérias são capazes de se adaptar às mudanças qualitativas e quantitativas de radiação na coluna de água (Esteves, 1998).

Alguns grupos de espécies podem regular ativamente sua posição na coluna de água através de substâncias intracelulares reguladoras da densidade ou organelas como flagelos e aerótopos. Alguns nanoflagelados e espécies do gênero *Cryptomonas*, identificados durante as coletas nictemerais no reservatório Rio Verde, apresentam alta vantagem competitiva por possuírem reduzidas dimensões e capacidade de migração ativa, permitindo assim, maximizar o aproveitamento de recursos (Pivato *et al.*, 2006) como nutrientes e luz. Os nanoflagelados (grupo **X₂**), encontrados durante as coletas nictemerais no reservatório Rio Verde, são espécies solitárias, capazes de migração ativa e, por isso, foram enquadrados do padrão de distribuição vertical 3. Essas espécies foram mais abundantes durante o inverno (35% do total de células do fitoplâncton) que no verão (19% do total de células). Segundo Reynolds *et al.* (2002), o grupo **X₂** é composto por espécies adaptadas a condições de altas temperaturas e radiação solar, elevados teores de sais e pH alcalino, e são tolerantes a baixas concentrações de nutrientes, especialmente fósforo, o que pode explicar sua permanência nas camadas superficiais. Durante a coleta de inverno foi possível observar que a massa de água do reservatório havia

sofrido circulação, característica do período de inverno, pois se apresentou mais homogênea do que o verão principalmente quanto à temperatura. Todavia, parece não ter havido grande influência de ventos durante a semana, o que refletiu em estabilização da coluna de água. As condições de estabilidade da coluna de água durante as coletas, tanto de verão quanto de inverno, podem ter favorecido a migração dessas espécies. Apesar disso, não foi possível detectar um padrão de migração dos nanoflagelados devido ao grande número de espécies e a alta densidade de células.

Por outro lado, foi possível detectar intensa migração vertical da criptofíceia *Cryptomonas* sp. (grupo **Y**) que contribuiu consideravelmente para a densidade total de células durante ambas as coletas. Segundo Reynolds *et al.* (2002) esse grupo possui a habilidade de constituir uma camada monoespecífica no metalímnio de lagos estratificados. A baixa disponibilidade de luz durante o inverno pode ter favorecido esse grupo e também as diatomáceas do grupo **C** e **P** (*A. ambigua* e *A. granulata*, respectivamente), mas outros grupos adaptados a esta condição, como as criptofíceas (grupo **Y**).

O gênero *Cryptomonas* exibiu dois padrões distintos de distribuição vertical na coluna de água, entre as coletas de verão e inverno, a partir da sua capacidade de migração ativa. Durante a campanha de inverno, após a mistura da coluna de água, essas espécies exibiram um padrão de migração diária ativa, sendo classificadas no padrão 3. De maneira geral, esses indivíduos apresentaram-se em camadas profundas no início da manhã, seguida de concentração superficial na zona eufótica (3 m) durante o período mais iluminado da tarde, migrando para camadas mais profundas no final do dia. A concentração na superfície (acima de 3 metros) foi relativamente menor, pois essas espécies evitam altos níveis de radiação (Arvola *et al.*, 1991). O padrão de migração exibido por esse gênero pode estar relacionado principalmente às diferenças na intensidade luminosa, concentração de nutrientes e oxigênio dissolvido nas profundidades do reservatório. Alguns autores (Arvola *et al.*, 1991, Gervais, 1997; Knapp *et al.*, 2003) têm registrado padrões semelhantes de distribuição vertical relacionado à migração circadiana exibida por espécies do gênero *Cryptomonas*.

É possível que o padrão de migração observado para essa espécie tenha ocorrido em função da baixa disponibilidade de luz, principalmente durante o ciclo diurno (no inverno), quando houve uma acentuada depleção da radiação solar,

devido a nebulosidade total do céu, ao longo das 24 horas de amostragem (Figura 3). Além disso, a migração pode ter sido favorecida pela já mencionada estabilidade da coluna de água. Arvola *et al.* (1991) demonstraram, em estudos de laboratório, que o padrão de migração vertical diária de espécies de *Cryptomonas* é dependente tanto de fatores endógenos e do estado nutricional das próprias células quanto de condições físicas e químicas do ambiente, principalmente luminosidade.

Todavia, a fototaxia não pode explicar sozinha a migração de *Cryptomonas* no Rio Verde, já que em período de escuridão no final do ciclo (2 horas da manhã) ainda foi possível observar uma concentração de células no epilímnio. A partir de um estudo sobre a migração vertical diária de *Cryptomonas* no lago Schlachtensee, em Berlin, Gervais (1997) demonstrou que a qualidade do recurso também pode influenciar no comportamento de migração. Esse autor demonstrou que quando a luminosidade esteve alta a migração descendente das populações de criptofíceas já iniciavam no período da tarde, por outro lado, quando a fonte de luz era fraca (ou seja, apenas uma pequena quantidade de luz atingia a região do metalímnio no final da manhã), a subida e descida foram adiadas.

Outra explicação para a permanência de *Cryptomonas* ainda no epilímnio durante o final do ciclo nictemeral pode ser a pressão exercida pelo zooplâncton. Segundo Reynolds *et al.* (2002) o grupo Y é eficientemente consumido por herbívoros e como sugerido por Gervais (1997), a migração pode contribuir para uma redução da herbivoria durante a noite. A pressão de herbivoria pelo zooplâncton devido ao seu padrão de migração foi relatada por Melo *et al.* (2004). Porém, durante o presente estudo, a densidade dos organismos zooplactônicos não foi acompanhada.

No período de estratificação, um padrão de distribuição vertical diferente foi detectado para essa mesma espécie. Durante a coleta de verão, *Cryptomonas* não apresentou migração ativa entre as camadas de água, permanecendo na região do metalímnio (entre 5 e 7 m) durante todo o ciclo nictemeral. É possível que este comportamento esteja relacionado a uma resposta migratória de *Cryptomonas* à maior disponibilidade de nutrientes nas camadas mais profundas do reservatório. Os resultados das análises de nitrogênio amoniacal dessa campanha mostraram nítida relação com o processo de estratificação, com distribuição desse nutriente praticamente restrita ao hipolímnio. As concentrações de fósforo também foram maiores na mesma profundidade. Como já observado por Arvola *et al.* (1991), a

migração vertical diurna confere a capacidade de utilizar os recursos verticalmente separados, de luz e nutrientes, em águas estratificadas. Situação semelhante a do Rio Verde foi observada por Knapp *et al.* (2003) num pequeno reservatório mesotrófico situado na Universidade de Kansas, EUA, onde a densidade e migração de *Cryptomonas* foram relacionadas principalmente a fósforo e amônia no hipolímnio anóxico. Segundo Becker *et al.* (2009), a anoxia e o alto conteúdo de matéria orgânica em camadas profundas, podem favorecer flagelados habitantes de fundo, que são adaptados às condições mixotróficas e capazes de migrar na coluna vertical. Nesse cenário, é possível que espécies adaptadas a migrar para regiões de maior concentração de nutrientes possam levar vantagem em relação a outras espécies não-móveis que tendem a permanecer nas camadas onde ocorre maior utilização.

Esse comportamento também pode estar relacionado a extensão da zona eufótica, que esteve entre 6,7 e 7,9 m de profundidade, atingindo o metalímnio. O baixo suprimento de luz presente nestas profundidades pode ter sido compensado pela alta concentração de nutrientes. A permanência desta espécie em altas concentrações de nutrientes no período de verão, corrobora a teoria de que os organismos migram em busca de nutrientes (por exemplo, Salonen e Rosenberg, 2000). Todavia, de acordo com Gervais (1997), fatores que restringem a migração das populações de criptofíceas para perto da camada limite oxica/anóxica devem ser melhor estudados. Ritmos endógenos ou idade das células de uma população são alguns dos fatores que podem interferir no padrão de migração de criptofíceas, segundo Arvola *et al.* (1991). Para este autor, tanto populações naturais quanto cultivadas de *Cryptomonas* podem alterar radicalmente o seu comportamento durante os ciclos de crescimento da população.

6 CONCLUSÃO

As algas mais representativas no fitoplâncton do reservatório Rio Verde são, em geral, formas nanoplanctônicas com mucilagem. As tendências observadas durante o estudo nictemeral indicam a dinâmica de estratificação e circulação deste reservatório monomítico, assim como a capacidade de migração de algumas espécies, como fatores determinantes da distribuição e seleção do fitoplâncton. Durante a coleta de verão, a estratificação térmica da coluna de água favoreceu a distribuição diferencial do fitoplâncton entre epilímnio, metalímnio e hipolímnio. Já durante a coleta de inverno, a distribuição foi mais homogênea (na zona eufótica) com gradiente decrescendo em direção ao fundo, reflexo da circulação que a coluna de água sofreu nesse período.

Com base nos resultados das contagens do fitoplâncton e levando em conta a auto-ecologia dos grupos funcionais propostos por Reynolds (2002), as espécies foram classificadas em três padrões de distribuição vertical na coluna de água.

Os nanoflagelados (grupo **X₂**) aumentaram em densidade no inverno. Não foi possível detectar seu padrão de migração devido ao grande número de espécies e a alta densidade de células.

No período de inverno, com reduzida luminosidade e circulação da coluna de água, houve favorecimento de diatomáceas (grupo **C** e **P**).

A segregação de nutrientes e a capacidade de cianobactérias, como *Merismopedia* sp. (grupo **L_o**) e *Aphanocapsa* sp. (grupo **K**), de adaptarem-se às mudanças de luminosidade na coluna de água, possibilitou sua presença no metalímnio no verão.

Sobre o padrão geral de migração de *Cryptomonas* observado neste trabalho, durante a estratificação térmica de verão a capacidade de migração vertical diária permitiu a exploração mais eficiente do suprimento de nutrientes disponível no metalímnio. Já no inverno, a migração possibilitou a otimização da utilização da luz durante o dia, devido a baixa radiação solar, e a possível diminuição da pressão de herbivoria pelo zooplâncton.

A estrutura física da coluna de água parece ter influenciado a distribuição vertical do fitoplâncton, mais fortemente no verão, no entanto no inverno a circulação não impediu a distribuição vertical diferenciada do fitoplâncton pelo menos durante o período analisado.

7 REFERÊNCIAS

- AGUIAR, D.G. e AZEVEDO, S.M.F.O.. Ocorrência de diferentes cepas tóxicas de *Microcystis aeruginosa* em diversos corpos d'água brasileiros. In: Reunião Brasileira de Ficologia, Tramandaí. **Livro de Resumos**. 1993.
- ALVES, V.R.E.; CAVALCANTI, C.G.B. e MATOS, S.P.. Análise comparativa de parâmetros físicos, químicos e biológicos, em um período de 24 horas, no lago Paranoá, Brasília - DF, Brasil. **Acta Limnol. Brasil.**, v. 11, p. 199-218, 1988.
- ANDREOLI, C.V. e CARNEIRO, C.. **Gestão integrada de mananciais de abastecimento eutrofizados**. Curitiba: Sanepar Finep, 2005.
- ANDREOLI, C.V.. **Mananciais de abastecimento: planejamento e gestão. Estudo de caso do Altíssimo Iguaçu**. Curitiba: Sanepar Finep, 2003.
- APHA - American Public Health Association. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. Washington, DC, 1995.
- ARVOLA, L.; OJALA, A.; BARBOSA, F. e HEANEY, S.I.. Migration Behaviour of Three Cryptophytes in Relation to Environmental Gradients: an Experimental Approach. **Br. phycol. J.**, v. 26, p. 361-373, 1991.
- AZEVEDO, S.M.F.O.. Toxic cyanobacteria and the Caruaru tragedy In: **Simpósio da Sociedade Brasileira de Toxicologia**, Recife, n. 4, *Anais.*, 1996.
- AZEVEDO, S.M.F.O.; EVANS, W.R.; CAMICHAEL, W.W. e NAMIKOSHI, M.. First report of microcystins from a brazilian isolate of the cyanobacterium *Microcystis aeruginosa*. **Journal Applied Phycology**, Netherlands, n. 6, p. 261-265, 1994.
- BARBOSA, F.A. e PADISÁK, J.. The forgotten lake stratification pattern: atelomixis, and its ecological importance. **Verhandlungen internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie**, n. 28, p. 1385-1395, 2002.
- BARBOSA, J.E.L.. **Dinâmica do fitoplâncton e condicionantes limnológicos nas escalas de tempo (nictemeral/sazonal) e de espaço (horizontal/vertical) no açude Taperoá II: trópico semi-árido nordestino**. Tese (doutorado) – Universidade Federal de São Carlos, 2002.

BARRETO, V.; LIRA, V.; FIGUEIREDO, J.; FITTIPALDI, H.; JUCÁ, N.; GAYOTTO, I.C.; RAPOSO, F.; BARBOSA, J.; HOLMES, C.E.M.; CARDO, D.; AZEVEDO, S.M.F.O.; CARMICHAEL, W.W.. “Caruaru syndrome” a previously undescribed form of acute liver disease in human caused by microcystin with high lethality rate. In: Simpósio da Sociedade Brasileira de Toxicologia, n. 4., Recife. **Anais**, p. 88, 1996.

BECKER V., CARDOSO L.S. e HUSZAR, V.L.M.. Diel variation of phytoplankton functional groups in a subtropical reservoir in southern Brazil, during an autumnal stratification period. **Aquatic Ecology**, 43, p. 285-293, 2009.

BECKER, V.; CARDOSO, L.S.; YUNES, J.S. e HUSZAR, V.L.M.. Dinâmica nictemeral dos grupos funcionais fitoplanctônicos em um reservatório de água do município de Caxias do Sul, RS, Brasil. In: Congresso Brasileiro de Limnologia, 10, Porto Seguro. **Anais**. CD-ROM, 2005.

BECKER, V.; HUSZAR, V.L.M.; NASELLI-FLORES, L. e PADISÁK, J.. Phytoplankton equilibrium phases during thermal stratification in a deep subtropical reservoir. **Freshwater Biology**, 53, p. 952–963, 2008.

BOBEDA, C.R.R. e AZEVEDO, S.M.F.O.. Análise quali-quantitativa da produção de toxinas em um “bloom” *Microcystis aeruginosa* no Reservatório do Funil, Município de Resende, RJ. In: Reunião Brasileira de Ficologia, 6, Tramandaí. **Livro de Resumos**, 1993.

BOZELLI, R.L. e HUSZAR, V.L.M.. Comunidades fito e zooplanctônicas em tempo de avaliação. **Limnotemas**, São Carlos, v. 3, p. 1-32, 2003.

BOZELLI, R.L.; ESTEVES, F.A; CAMARGO, A.F.M.; ROLAND, F. e THOMAZ, S.M.. Dinâmica nictemeral dos principais nutrientes inorgânicos e clorofila-a em duas lagoas costeiras fluminenses. **Acta Limnol. Brasil.**, v. 3, p. 319-346, 1990.

CALIJURI, M.C. e DOS SANTOS, A.C.A.. Temporal changes in the phytoplankton community structure in a tropical end eutrophic reservoir (Barra Bonita, SP – Brasil). **J. Plankton Res.**, v. 24, n. 7, p. 617-634, 2002.

CARMICHAEL, W.W.. A review: cyanobacteria secondary metabolites — the cyanotoxins. **Journal of applied bacteriology**, 72, p. 445-459, 1992.

CHELLAPPA, N.T.; BORBA, J.M. e ROCHA, O.. Phytoplankton community and physical-chemical characteristics of water in the public reservoir of Cruzeta, RN, Brazil. **Braz. J. Biol.**, v. 68, n. 3, p. 477-494, 2008.

COQUEMALA, V.. **Variação anual do fitoplâncton no reservatório Passaúna, Paraná.** Tese (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, 2006.

COSTA, I.A.S.. **Dinâmica de populações de cianobactérias em um reservatório eutrofizado no semi-árido nordestino brasileiro.** Tese (doutorado) – Universidade Federal de São Carlos, 2003.

COSTA, I.A.S.; CUNHA, S.R.S; PANOSSO, R.; ARAÚJO, M.F.F.; MELO, J.L.S. e ESKINAZI-SANT'ANNA, E.M.. Dinâmica de cianobactérias em reservatórios eutróficos do semi-árido do Rio Grande do Norte. **Oecol. Bras.**, v. 13, n. 2, p. 382-401, 2009.

ESTEVEES, F.A.. **Fundamentos de Limnologia.** 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

FERNANDES, L.F. e LAGOS, P.E.D.. Florações de cianobactérias e eutrofização no reservatório do Irai, Curitiba, PR: Sucessão sazonal do fitoplâncton. In: Seminário do Projeto Interdisciplinar de Pesquisa em Eutrofização de Águas de Abastecimento Público, 4, Curitiba. **Livro de Resumos.** Companhia de Saneamento do Paraná, p. 47-52, 2003.

FERNANDES, L.F; WOSIAK, A.C.; DOMINGUES, L.; PACHECO, C.V.; LAGOS, P.E.D.. Comunidades Fitoplanctônicas em Ambientes Lênticos. In: **Gestão Integrada de Mananciais de Abastecimento Eutrofizados.** ANDREOLI, C.V. e CARNEIRO, C. Curitiba: Sanepar Finep, p. 315-366, 2005.

GANF, G.G.. Phytoplankton Biomass and Distribution in a Shallow Eutrophic Lake (Lake George, Uganda). **Oecologia (Berl.)**, 16, p. 9-29, 1974.

GENTIL, R.C.. **Estrutura da comunidade fitoplanctônica de pesqueiros da Região Metropolitana de São Paulo, SP, em dois períodos: primavera e verão.** Tese (Doutorado) - Instituto de Botânica da Secretaria de Estado do Meio Ambiente, São Paulo, 186 pp., 2007.

GERVAIS, F.. Diel vertical migration of *Cryptomonas* and *Chromatium* in the deep chlorophyll maximum of a eutrophic lake. **Journal of Plankton Research**, v.19, n. 5, p. 533-550, 1997.

GRIME, J.P.. **Plant strategies and vegetation processes**. Wiley, New York, 1979.

HUSZAR, V.L.M. e CARACO, N.. The relationship between phytoplankton composition and physical chemical variables: a comparison of taxonomic and morphological-functional approaches in six temperate lakes. **Freshwater Biology**, v. 40, p. 1-18, 1988.

HUSZAR, V.L.M. e SILVA, L.H.S.A.. Estrutura da comunidade fitoplanctônica no Brasil: cinco décadas de estudo. **Limnotemas**, São Carlos, v. 2, 1999.

IAP – Instituto Ambiental do Paraná. **Monitoramento da qualidade das águas dos reservatórios do Estado do Paraná no período de 2005 a 2008**. Curitiba. www.iap.pr.gov.br. 120 pp., 2009.

KAMOGAE, M.; TSUTSUMI, T.; NAGATA, S.; AYMOTO, N.M.; UENO, Y.. Monitoramento de Microcistinas em Água para Consumo Humano na Região de Itaipu, Paraná – Brasil. **Braz. J. Food Technol.**, 5, p. 109-116, 2002.

KNAPP, C.W.; DENOYELLES Jr., Frank; GRAHAM, D.W. e BERGIN, S.. Physical and chemical conditions surrounding the diurnal vertical migration of *Cryptomonas* spp. (Cryptophyceae) in a seasonally stratified Midwestern reservoir (USA). **J. Phycol.**, v. 39, p. 855-861, 2003.

Köppen W (1936) Das geographische System der Klimate - Handbuch der Klimatologie, v. 1, Part C, **Gebr. Bornträger Verlag**, Berlin, 1936.

KRUK, C.; MAZZEO, N.; LACEROT, G. e REYNOLDS, C.S.. Classification schemes for phytoplankton: a local validation of a functional approach to the analysis of species temporal replacement. **Journal of Plankton Research**, v. 24, n. 9, p. 901-912, 2002.

LAGOS, P.E.D. e ZEHNDER-ALVES, L.. Variação anual do fitoplâncton no Reservatório do Irai, Pinhais, Paraná, com ênfase em cianobactérias. In: Evento de

Iniciação Científica da Universidade Federal do Paraná – EVINCI, 10, Curitiba. **Anais.**, p. 348, 2002.

LAGOS, P.E.D.; VENTURA, C.; ZENHDER-ALVES, L.; FERNANDES, L.F.; WOSIACK, A.C.; XAVIER, C.; MEDEIROS, M.L.; DOMINGUES, L. e ANDREOLI, C.. Variação anual das cianobactérias e fitoplâncton associado no Reservatório do Irai, Pinhais, Paraná. In: Congresso Brasileiro de Limnologia, 9, Juíz de Fora. **Anais.**, 1 CD-ROM, 2003.

LEE, R.E.. **Phycology**. 4.ed., Cambridge University Press, 2008.

LEWIS, W.M.. Basis for protection and management of tropical lakes. **Lakes & Reservoirs: Research and Management.**, v. 5, p. 35-48, 2000.

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

MELO, S. e HUSZAR, V.L.M.. Phytoplankton in an Amazonian flood-plain lake (Lago Batata, Brasil): diel variation and species strategies. **Journal of Plankton Research.**, v. 22, n.1, p. 63-76, 2000.

MELO, S.; SOPHIA, M.G.; MENEZES, M. e SOUZA, C.A. Biodiversidade de algas planctônicas do Parque Nacional do Jaú: Janela Seringalzinho. In: BORGES, S.H.; IWANAGA, S.; DURIGAN, C.C.; PINHEIRO, M.R. (Eds). **Janelas para a biodiversidade do Parque Nacional do Jaú: uma estratégia para o estudo da biodiversidade da Amazônia**. Ed. Ipiranga, Brasília - DF, p.83-95, 2004.

NUSCH, E.A.. Comparison of different methods for chlorophyll and phaeopigment determination. **Arch. Hydrobiol. Beih. Stuttgart**, v. 14, p.14-36, 1980.

PIVATO, B.M.; TRAIN, S. e RODRIGUES, L.C.. Dinâmica nictemeral das assembléias fitoplanctônicas em um reservatório tropical (reservatório de Corumbá, Estado de Goiás, Brasil), em dois períodos do ciclo hidrológico. **Acta Sci. Biol. Sci.**, Maringá, v. 28, n. 1, p. 19-29, 2006.

REYNOLDS, C.S.; HUSZAR, V.; KRUK, C.; NASELLI-FLORES, L. e MELO, S.. Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. **J. Plankton Res.**, v. 24, p. 417-428, 2002.

REYNOLDS, C.S.. What factors influence the species composition of phytoplankton in lakes limitation in hypereutrophic waters. **Hydrobiologia**, 369/370:11–26, 1998.

REYNOLDS, C.S.. **Ecology of phytoplankton**. Cambridge University Press, 2006.

REYNOLDS, C.S.. Phytoplankton assemblages in reservoirs. In: TUNDISI, J.G. e STRASKRABA, M. (Eds). **Theoretical reservoir ecology and its applications**. Backhuiss Pub/ Brazilian Academy os Sciences, São Paulo, p. 439-456, 1999.

REYNOLDS, C.S.. **The ecology of freshwater phytoplankton**. Cambridge Studies in Ecology, Cambridge Univ. Press, Oxford, 384pp., 1984.

REYNOLDS, C.S.. Vegetation process in the pelagic: a model for ecosystem theory. In: KINNE, O. (Ed.) **Excellence in ecology**. Germany: Ecology Institute, 371 pp., 1997.

SALONEN, K. e ROSENBERG, M.. Advantages from diel vertical migration can explain the dominance of *Gonyostomum semen* (Raphidophyceae), in a small, steeply-stratified humic lake. **Journal of Plankton Research**, v. 22, n. 10, p. 1841-1853, 2000.

SEBASTIEN, N.Y.. **Fenômenos climatológicos e hidrológicos e sua repercussão sobre a limnologia dos reservatórios de Barra Bonita - SP, Carlos Botelho (Lobo-Broa) - SP e Tucuruí - PA - Brasil**. Tese (doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2004.

SIEBURTH, J.McN.; SMETACEK, V.; LENZ, J.. Pelagic ecosystem structure: heterotrophic compartments of the plankton and their relationship to plankton size fractions. **Limnol. Oceanogr.** 23: 1256-1263, 1978.

SIRIGATE, P; STADLER, C.C.; OROSKI, F.I.; KOVALESKI, J.L.. Gestão da qualidade ambiental da água de mananciais de abastecimento público como estratégia de redução de custos. **XXV Encontro Nac. de Eng. de Produção – Porto Alegre, RS, Brasil**, 2005.

UTERMÖHL, H. Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. **Komitee für Limnologische Methoden**, n. 9, p. 1-38, 1958

VENRICK, E.L.. How many cells to count? In: SOURNIA, A. (Ed.) **Phytoplankton manual**. Paris: Unesco. p. 167-180, 1978.

VENTURA, C. e LAGOS, P.E.D.. Dinâmica espaço-temporal das cianobactérias no Reservatório do Irai, Pinhais, Paraná. In: **12º EVINCI - Evento De Iniciação Científica UFPR**, Curitiba: UFPR, p. 32-32, 2004.

VENTURA, C.; LAGOS, P.E.D.; FERNANDES, L.F.; GOBBI, E.; GOBBI, M.F.; RECKSIDER, R.; CARNEIRO, C.. Distribuição horizontal das cianobactérias no Reservatório Irai, Pinhais, Paraná. In: **Congresso Brasileiro de Limnologia, 9, Juíz de Fora. Anais**. 1 CD-ROM, 2003.

VITOLA, C.R.R.; YUNES, J.S.; FARIA, S.M.S; ,MARQUES, G.S e PIERIN, C.E.. Estudo da migração vertical diária das cianobactérias na represa do Irai e a avaliação das cianotoxinas. In: **Seminário do Projeto Interdisciplinar de Pesquisa em Eutrofização de Águas de Abastecimento Público, 4, Curitiba**. Livro de resumos. Curitiba: Companhia de Saneamento do Paraná, p. 43-46, 2003.

YUNES, J.S.; SALOMON, P.S.; MATTHIENSEN, A.; BEATTIE , K.A.; RAGGETT, S.L. e CODD , G.A.. Toxic Blooms of Cyanobacteria in the Patos Lagoon Estuary. **J. Aquatic Ecosystem Health**, v. 5, p.223-229, 1996.

APÊNDICE

Tabela 2 – Lista de táxons registrados durante as análises das amostras quantitativas do fitoplâncton, referentes as coletas nictemeraias de verão e inverno, no reservatório Rio Verde, e o período no qual foram encontrados.

Táxon	Verão	Inverno	Táxon	Verão	Inverno
Chlorophyceae					
<i>Ankistrodesmus</i> sp1	*	*	<i>Keratococcus braunii</i>	*	*
<i>Ankistrodesmus</i> sp2	*		<i>Kirchneriella</i> sp1	*	*
<i>Ankistrodesmus</i> sp3	*	*	<i>Kirchneriella</i> sp2	*	*
<i>Bothryococcus</i> sp.	*	*	<i>Koliella</i> sp.	*	*
<i>Closteriopsis</i> sp.	*	*	<i>Lagerheimia</i> sp.	*	*
<i>Closteriopsis longíssima</i>	*	*	<i>Micractinuum</i> sp.	*	
<i>Coelastrum reticulatum</i>	*		<i>Monoraphidium minutum</i>	*	*
<i>Coelastrum cambricum</i>	*	*	<i>Monoraphidium arcuatum</i>	*	
<i>Desmodesmus</i> spp.	*	*	<i>Oocystis lacustris</i>	*	*
<i>Diacanthos</i> sp.	*	*	<i>Pediastrum simplex</i>	*	*
<i>Dyctiosphaerium</i> sp.	*	*	<i>Pediastrum tetras</i>	*	*
<i>Dydimocistis</i> sp.	*	*	<i>Schroederia</i> sp.	*	*
<i>Elakatothrix</i> sp.	*	*	<i>Scenedesmus ecornis</i>	*	*
<i>Eutetramorus fotti</i>	*	*	<i>Treubaria setigera</i>	*	*
<i>Golenkinia</i> sp.	*	*	<i>Tetraedron minimum</i>	*	*
<i>Hyaloraphidium</i> sp.	*	*	<i>Tetrastrum</i> sp.	*	*
Cryptophyceae					
<i>Cryptomonas</i> sp.	*	*			
Bacillariophyceae					
<i>Achnantheidium</i> sp.	*		Penada sp1	*	
<i>Asterionela formosa</i>	*	*	Penada sp2	*	
<i>Aulacoseira ambígua</i>	*	*	Penada sp4	*	
<i>Aulacoseira angustíssima</i>	*	*	Penada sp5	*	*
<i>Aulacoseira granulata</i>	*	*	Penada sp6	*	*
Cêntricas	*	*	<i>Urosolenia longiseta</i>	*	*
<i>Cyclotella</i> sp.		*	<i>Urosolenia</i> sp1	*	*
<i>Fragilaria crotonensis</i>	*	*	<i>Urosolenia</i> sp2	*	*
<i>Fragilaria</i> sp2	*	*			
<i>Fragilaria</i> sp3	*	*			
Cyanophyceae					
<i>Anabaena</i> sp.	*		<i>Merismopedia</i> sp.	*	*
<i>Aphanocapsa</i> sp.	*	*	<i>Microcystis</i> spp.	*	*
<i>Chroococcus</i> sp.	*	*	Oscillatoriales NI	*	
Cyanophyceae NI1	*	*	<i>Pseudoanabaena</i> sp.	*	*
Cyanophyceae NI2	*	*	<i>Spirulina</i> spp.	*	
Cyanophyceae NI3	*	*	<i>Woronichinia</i> spp.	*	*
Cyanophyceae NI4	*	*			
Cyanophyceae Filamentosa NI	*	*			
Chrysophyceae					
<i>Bitrichia</i> sp.	*	*	<i>Malomonas</i> sp.	*	*
Chrysophyceae NI1	*	*	<i>Staurastrum</i> sp1	*	*
Chrysophyceae NI2		*	<i>Staurastrum</i> sp2	*	*
<i>Cosmarium</i> sp.	*		<i>Staurastrum aversum</i>	*	
<i>Dynobryon bavaricum</i>	*	*	<i>Staurastrum arctiscon</i>	*	
<i>Euastrum</i> sp.		*	<i>Synura</i> sp.	*	
Euglenophyceae					
<i>Euglena</i> sp.	*	*	<i>Trachelomonas</i> sp2	*	*
<i>Phacus suecicus</i>	*	*	<i>Trachelomonas</i> sp3	*	*
<i>Trachelomonas volvocina</i>	*	*	<i>Trachelomonas</i> sp4	*	
<i>Trachelomonas</i> sp1	*	*			
Dynophyceae					
<i>Gymnodinium</i> sp.	*	*	<i>Peridinium</i> sp.	*	*

Xantophyceae

Centritractus sp. * * *Istmocloron lobulatum* * *

Flagelados

Chlamydomonas sp. * * Nanoflagelado NI1 * *

Chrysococcus sp. * * Nanoflagelado NI2 * *

Desmarella moniliformes * * *Rhodomonas* sp. *

NI = Não Identificada.

Cêntricas = *Discostella stelligera* e *Thalassiosira rudis*