

Klivia Rilavia P. da S. Melo

**ESTRATÉGIAS ADAPTATIVAS DO FITOPLÂNTON E APLICAÇÃO DO ÍNDICE
DE GRUPOS FUNCIONAIS: FERRAMENTAS PARA A CONSERVAÇÃO DE
ECOSSISTEMAS RASOS DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

Campina Grande
2012

Klivia Rilavia P. da S. Melo

**ESTRATÉGIAS ADAPTATIVAS DO FITOPLÂNCTON E APLICAÇÃO DO ÍNDICE
DE GRUPOS FUNCIONAIS: FERRAMENTAS PARA A CONSERVAÇÃO DE
ECOSSISTEMAS RASOS DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

Dissertação apresentado ao Mestrado de
Ciência e Tecnologia Ambiental da
(MCTA) Universidade Estadual da
Paraíba, como parte dos requisitos para
obtenção do título de mestre.

Orientador: Prof. Dr. José Etham de Lucena Barbosa

Co - orientadora: Profa. Dra. Luciana G. Barbosa

Campina Grande
2012

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na sua forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL-UEPB

M528e Melo, Klivia Rilavia Paiva da Silva.

Estratégias adaptativas do fitoplâncton e aplicação do índice de grupos funcionais [manuscrito]: ferramentas para a conservação de ecossistemas rasos do semiárido brasileiro./ Klivia Rilavia Paiva da Silva Melo. – 2012.

79 f. : il.

Digitado

Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental), Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Estadual da Paraíba, 2012.

“Orientação: Prof. Dr. José Etham de Lucena Barbosa, Departamento de Ciências Biológicas”.

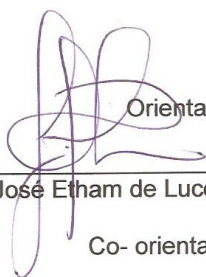
“Co-Orientação: Profª. Dra. Luciana Gomes Barbosa, UFPB”.

1. Fitoplâncton. 2. Indicador biológico. 3. Grupos funcionais. 4. índice Q. I. Título.

21. ed. CDD 577.6

Estratégias adaptativas do fitoplâncton e aplicação do índice de grupos funcionais: ferramentas para a conservação de ecossistemas rasos do semiárido brasileiro

Klivia Rilavia P. da S. Melo



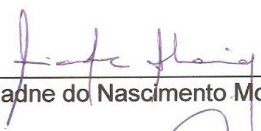
Orientador:

Dr. José Etham de Lucena Barbosa/ UEPB

Co- orientador (a):

Dra. Luciana Gomes Barbosa/ UFPB

Examinadores:



Dra. Ariadne do Nascimento Moura/ UFRPE



Dr. Valderi Duarte Leite/ UEPB

Campina Grande
2012

Agradecimentos

Penso um pouco tantas coisas estão acontecendo nesse momento, mas o principal é terminar com carinho e dedicação essa dissertação. Primeiramente agradeço a Deus por tudo que ate hoje ele me concedeu e olhe que não são poucas coisas, apesar de tantas lutas e batalhas desde minha graduação estou aqui concluindo um mestrado e querendo ainda voar mais alto. Obrigada Senhor!!!

Agradeço as pessoas que me ajudaram na realização deste trabalho ao meu orientador Dr. José Etham e a minha amiga e co-orientadora Dr. Luciana Barbosa, ambos são muito especiais em minha vida.

Agradeço a prof. Dra. Ariadne do Nascimento Moura e ao prof. Dr. Valderi Duarte Leite por aceitarem participar de um momento tão importante e crucial.

Agradeço aos meus companheiros de laboratório que com paciência, muita viu, me agüentaram tanto tempo, em especial aos meus amigos Neto, Raquel, Gabi, que desde o início estamos juntos entre trancos e barrancos.

Agradeço as pessoas que foram responsáveis por minha existência minha linda Mãe que amo tanto e ao meu Pai que infelizmente não esta mais conosco pra desfrutar de mais uma vitória em minha vida. Eternas saudades!!!!

Agradeço a minha família (avôs, tios (as), primas Gabriela, Andréia e Duda) a todos que de uma forma ou outra me ajudaram bastante. Agradeço a minha irmã Neidinha e sua linda família Luiz, Lucas e minha dadinha, oh! Como amo esse povo.

Como poderia esquecer de uma família que me acolheu, com tanto amor e carinho, meu padrinho que não está mas aqui comigo (quanta saudade) e minha madrinha, essas duas pessoas são presentes de Deus, pessoas que amo demais. Sim também tem minhas irmãs de coração Lorena e Luana, obrigada por fazerem parte de minha história.

Agradeço ao meu esposo Vital que me ajudou muito no início de tudo, obrigada por fazer parte de minha vida. A Arluce, Vital, Ingrid, Alicia e ao meu galeguinho Iann, sim a princesinha Sofia. Adoro vocês...

Agradeço a minha amiga Nanda, que acredita tanto no meu sucesso. As minhas amigas Magdala, Agélise, Michelle, Helena pessoas que quero ter sempre perto de mim.

Agradeço as minhas companheiras de apartamento pessoas que adorei conhecer Dani, Olga, Gabi.

Agradeço as pessoas que acabei esquecendo, pois são tantas que passam por nossas vidas e colaboram para nosso sucesso.

Obrigada Jesus pela dádiva que recebo todos os dias ao acordar, MINHA VIDA!!!

Obrigada a todos.....

LISTA DE TABELAS

PRIMEIRO CAPITULO

Tabela 1 Variáveis ambientais dos açudes Soledade e Taperoá II e da lagoa Panati durante o período de estudo (novembro de 2005 a dezembro de 2010) Os valores são: médias, mínima e máxima (entre parênteses) N-NO₃, nitrato; N-NO₂, nitrito; N-NH₄, amônia; TP, fósforo total; PO₄⁻³, ortofosfato; DIN:PID, razão molar do nitrogênio e fósforo.....31

Tabela 2 Espécies descritoras fitoplancônicas e os respectivos grupos funcionais (GF) dos ambientes estudados (açude Soledade e Taperoá II e lagoa Panati) durante o período de estudo (novembro de 2005 a dezembro de 2010).....32

Tabela 3 Síntese da Análise de Correspondência Canônica (ACC) para os açudes Soledade (a), e Taperoá II (b) e lagoa Panati (c) durante novembro de 2005 a dezembro de 2010.....37

SEGUNDO CAPITULO

Tabela 1 Fator F para os grupos funcionais dos ambientes estudados (açude Soledade e Taperoá II e lagoa Panati)54

LISTA DE FIGURAS

PRIMEIRO CAPITULO

Figura 1 Localização geográfica da microbacia do rio Taperoá (Brasil; Paraíba) mostrando os três ecossistemas aquáticos avaliados: P1 (açude Taperoá II), P2 (açude Soledade), P3 (lagoa Panati).....28

Figura 2 Variação temporal da biomassa dos principais grupos fitoplanctônicos nos açude Soledade (a), açude Taperoá II (b) e lagoa Panati (c). As associações **foram construídas a partir das espécies descritoras**, durante novembro de 2005 a dezembro de 2010.....35

Figura 3 Biomassa das cianobacterias nos açude Soledade (a), açude Taperoá II (b) e lagoa Panati (c) durante novembro de 2005 a dezembro de 2010.....36

Figura 4 Análise de Correspondência Canônica (ACC) de unidades do açude Soledade, açude Taperoá II e lagoa Panati, a partir de 8 variáveis abióticas e 14 variáveis bióticas (grupos funcionais), durante o período de estudo (novembro de 2005 a dezembro de 2010). Variáveis ambientais: Z_{eu}/Z_{mix} (razão zona eufótica/zona de mistura); SD (disco de secchi); KD (coeficiente de atenuação de luz); pH; Z_{mix} (zona de mistura); NO_3 (nitrato); NO_2 (nitrito); NH_4 (amônia); PO_4 (ortofosfato). Grupos funcionais S_N , K, L_M , M, S1, F, X1, J, D, P, MP, W1, W2, N38

SEGUNDO CAPITULO

Figura 1 Localização geográfica da microbacia do rio Taperoá (Brasil; Paraíba) mostrando os três ecossistemas aquáticos avaliados: P1 (açude Taperoá II), P2 (açude Soledade), P3 (lagoa Panati)51

Figura 2 Variação do Índice de Estado Trófico durante o período de estudo...53

Figura 3 Avaliação do estado ecológico pelo índice Q dos ambientes estudados (açude Soledade açude Taperoá II e lagoa Panati durante o período de estudo (novembro de 2005 a dezembro de 2010)55

Figura 4 Abundância relativa dos grupos funcionais nos ambientes estudados (açude Soledade (a) e Taperoá II (b) e lagoa Panati (c) durante o período de estudo (novembro de 2005 a dezembro de 2010)56

Figura 5 Dinâmica da biomassa total e o índice Q nos ambientes estudados (açude Soledade (a) e Taperoá II (b) e lagoa Panati (c) durante o período de estudo (novembro de 2005 a dezembro de 2010)57

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL.....	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	19
4 PRIMEIRO CAPÍTULO (Dinâmica interanual de grupos funcionais fitoplanctônicos em ecossistemas rasos do semiárido brasileiro)	
Resumo.....	24
Abstract.....	25
4.1 Introdução.....	26
4.2 Área de Estudo.....	27
4.3 Amostragem.....	28
4.4 Resultados.....	30
4.5 Discussão.....	39
4.6 Referências.....	42
5 SEGUNDO CAPÍTULO (Utilização de grupos funcionais fitoplanctônicos para avaliação do estado ecológico em ecossistemas rasos do semiárido brasileiro: aplicação do índice de assembléias)	
Resumo.....	47
Abstract.....	48
5.1 Introdução.....	49
5.2 Área de Estudo.....	50
5.3 Amostragem.....	51
5.4 Resultados.....	53
5.5 Discussão.....	58
5.6 Referências.....	60
6 CONCLUSÕES FINAIS.....	63
7 ANEXO	
7.1 Normas de Submissão da Revista Aquatic Ecology.....	64
7.2 Normas de Submissão da Revista Hydrobiologia.....	

Melo, Klivia Rilavia Paiva da Silva, mestrado pela Universidade Estadual da Paraíba, fevereiro de 2012. Estratégias adaptativas do fitoplâncton e aplicação do índice de grupos funcionais: ferramentas para a conservação de ecossistemas rasos

do semiárido brasileiro. José Etham de Lucena Barbosa (Orientador), Luciana Gomes Barbosa (Co-orientadora).

Resumo: O fitoplâncton representa uma importante ferramenta de monitoramento de águas continentais e no entendimento da flutuação das características ambientais nos ecossistemas aquáticos. Desta forma os objetivos do presente estudo foram: i) analisar a dinâmica temporal dos grupos funcionais fitoplanctônicos, identificando as condições ambientais associadas à dominância dos grupos; ii) Avaliar a aplicação do índice Q como ferramenta para analisar a qualidade da água. As coletas foram realizadas em intervalos bi-mensais entre novembro de 2005 a dezembro de 2010. As variáveis abióticas analisadas foram: temperatura da água, pH, condutividade elétrica, transparência da água, oxigênio dissolvido, alcalinidade, amônia, nitrato, nitrito, fósforo total e ortofosfato. Variáveis bióticas: diversidade e biomassa foram estudadas a partir de amostras coletadas com garrafa de Van Dorn e preservadas com formol. Os dados foram integrados aritmeticamente e tratados através da análise de Correspondência Canônica. Usando dados biológicos foi aplicado o índice de assembléias (Índice Q). O total de espécies fitoplanctônicas identificadas nos Açudes Soledade e Taperoá II e na Lagoa Panati foram de 141, 154 e 164 táxons, Os valores de biomassa foram mais elevados no açude Soledade e os grupos funcionais mais abundantes foram **K**, **S_N**, **M**, **S1** e **L_M**, houve elevada biomassa de cianobacterias em todo período estudado. No açude Taperoá II, cianobacterias, diatomáceas e clorofíceas foram os grupos que contribuíram com maior biovolume. Para a lagoa Panati o grupo J foi mais representativo, com alta biomassa de clorofíceas coloniais, ocorrendo também grupos funcionais representados por desmídias (**P** e **N**). No açude Soledade o índice Q demonstrou que a qualidade da água foi ruim na maior parte do estudo. Para o açude Taperoá II os valores do índice Q variaram de ruim a médio, o período de maior biomassa de cianobactérias coincidiu com o período onde a qualidade da água foi ruim. Melhor qualidade da água foi registrada na lagoa Panati, os grupos **W2**, **P**, **J** e **MP** foram mais representativos no ambiente, observando uma dominância do grupo J na maioria dos meses. Para a classificação biológica os resultados analisados no estudo demonstram que a comunidade fitoplanctônica é um portador de informações relevante.

Palavras-chave: semiárido, lagos rasos, fitoplâncton, grupos funcionais, indicador biológico, índice Q

1 INTRODUÇÃO GERAL

Nos últimos anos, vários estudos apresentam detalhes sobre a ecologia do fitoplâncton utilizando grupos funcionais na caracterização das condições ambientais tanto em ambientes tropicais como subtropicais (PADISÁK; REYNOLDS, 1998; HUSZAR et al., 2000; HUSZAR et al., 2003; NASELLI-FLORES et al., 2003; MOURA et al., 2007; BECKER et al., 2008; BORGES et al., 2008). Estes trabalhos foram realizados a partir de Reynolds et al. (2002) que apresentaram um modelo de classificação funcional das algas com 31 códons, capaz de refletir a ecologia das espécies (KRUK et al., 2002). No entanto, erros na aplicação desta classificação têm sido verificados, pois o uso das associações requer profundo conhecimento da ecologia das espécies (PADISÁK et al., 2009).

A postulação da teoria fitossociológica do fitoplâncton e da revisão da hipótese do paradoxo do plâncton com a proposição de estratégias de sobrevivência C-S-R para os grupos algas (REYNOLDS, 1997), o uso das associações fitoplanctônicas na caracterização dos corpos aquáticos tornou-se uma importante ferramenta para avaliação do estado ecológico.

A aplicação da classificação funcional formulada por Reynolds et al. (2002) e revisada por Padisák et al. (2009), contava com 40 grupos funcionais mencionados em 67 artigos que aplicaram de forma mais ou menos clara o sistema de classificação, descrevendo os padrões fitoplanctônicos em vários ecossistemas aquáticos, facilitando o entendimento de processos bióticos, através da relação entre as espécies e fatores físicos e químicos.

Padisák et al. (2003), estudando 80 lagos rasos de diferentes estados tróficos, desenvolveu o índice de associação Q (índice Q) que relaciona o estado ecológico do ecossistema com base nas associações algas (PADISÁK et al., 2006). Este índice varia de 0 a 5 e determina cinco graus de qualidade da água: 0-1 (ruim); 1-2 (tolerável); 2-3 (médio); 3-4 (boa); 4-5 (excelente). O uso deste índice para determinação da qualidade da água vem sendo utilizado em ambientes tropicais e subtropicais com sucesso (CROSSETTI; BICUDO, 2008; HAJNAL; PADISÁK, 2008; BECKER et al., 2009).

Os modelos e teorias acerca da comunidade fitoplanctônica são testados e revisados com o uso de grupos funcionais, seja em ambientes tropicais ou subtropicais. O sistema formulado por Reynolds et al. (2002) é aberto a contribuição de pesquisadores de todo mundo visando a consolidação deste modelo e preenchimento de lacunas, sendo os ambientes tropicais um vasto campo de trabalho.

Na região Nordeste, diversos estudos foram desenvolvidos enfocando o fitoplâncton como indicador de condições ambientais. No estado do Rio Grande do Norte (RN), a dominância de cianobacterias aponta um risco permanente de cianotoxinas em águas de abastecimento (Costa et al., 2006; CHELLAPPA et al., 2003). Chellappa et al. (2008) estudando o reservatório de Cruzeta, ambiente oligo-mesotrófico, caracterizou e avaliou os possíveis fatores que influenciam as mudanças composicionais do fitoplâncton. No semiárido paraibano, Ceballos et al. (1998) estudaram Algas como bioindicadores do nível trófico de sistemas lênticos do Semiárido Paraibano. No mesmo ano, Ceballos et al. analisaram os impactos ambientais e qualidade da água de três açudes do semiárido paraibano. Enquanto Moredjo, (1998) avaliou os efeitos das atividades humanas sobre três açudes paraibanos focando variáveis físicas, químicas e principalmente biológicas utilizando a comunidade zooplanctônica como indicadora biológica. Foram produzidas pesquisas em rios perenes com a caracterização limnológica das micro-bacias que integram a bacia do São Francisco envolvida no projeto de sua transposição. Nestes estudos foram abordados o Fitoplâncton (BARBOSA; WATANABE, 2000) e o Zooplâncton (CRISPIM; WATANABE, 2000). Destacam-se também estudos da qualidade da água e eutrofização de corpos aquáticos do estado da Paraíba (ABÍLIO, 2000; BARBOSA et al. 2001). Araujo (2010) utilizou os grupos funcionais como discriminantes ambientais em condições naturais.

Diante do exposto, os objetivos do presente estudo foram: i) analisar a dinâmica temporal dos grupos funcionais fitoplanctônicos, identificando as condições ambientais associadas à dominância dos grupos; ii) Avaliar a aplicação do índice Q como ferramenta para analisar a qualidade da água usando uma serie de dados ao longo de cinco anos, em três ambientes rasos do semiárido brasileiro.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os principais rios têm sido regulados pela construção de reservatórios, os quais isoladamente ou em cascata constituem um importante impacto qualitativo e quantitativo sobre os principais ecossistemas aquáticos (STRASKRABA; TUNDISI, 1999). Os reservatórios artificiais, assim como os lagos naturais, são utilizados para inúmeras finalidades, como locais de recreação, geração de energia, fins paisagísticos, reserva de água para irrigação, produção de biomassa (cultivo de peixes e pesca intensiva), entre outros. Além disso, são comuns para os lagos naturais e reservatórios processos bióticos e abióticos, habitats (zonas pelágica e bentônica), espécies fitoplanctônicas (apresentando ambos habitats idênticos, por exemplo, as zonas pelágicas (KALFF, 2002; BECKER et al., 2009), processos dinâmicos dos nutrientes e outras características químicas e físicas. Porém, os reservatórios apresentam características próprias, que os diferem dos lagos, e dos rios como diferenças morfológicas e hidrodinâmicas (TUNDISI et al., 2002).

Segundo Tundisi (1990), os reservatórios distinguem-se dos outros ecossistemas aquáticos naturais por apresentarem sistemas de circulação horizontal e vertical produzidos por forças naturais e antrópicas que atuam na operação da represa de forma significativa alterando os mecanismos ecológicos. Nesses reservatórios a composição, os valores de biomassa e a produtividade fitoplanctônica são dependentes de vários fatores físicos, químicos e biológicos interrelacionados, que variam em função do clima, do regime hidrológico, do tamanho e da natureza da bacia de drenagem, morfologia do reservatório, natureza e volume do fluxo do rio e da estrutura da cadeia trófica.

O conjunto de fatores que controlam a comunidade fitoplanctônica em reservatórios, por sua vez, está fortemente sujeita a ação dos pulsos produzidos no sistema, sendo que reservatórios pequenos e com reduzida profundidade são mais afetados por estas alterações (STRASKRABA; TUNDISI, 1999).

Os pulsos ou funções de força atuantes nos reservatórios podem ser categorizados em climatológicos e hidrológicos, as condições climáticas reconhecidas como sendo um fator, que influencia as variáveis abióticas e a dinâmica da comunidade planctônica (LAW et al., 2009). Em ecossistemas tropicais, as diferenças térmicas sazonais são pequenas (IBÁÑEZ, 1998), fatores meteorológicos, como por exemplo, as chuvas e o aumento da intensidade de

ventos, representam forças perturbatórias, (CHELLAPPA et al., 2008). E as condições hidrológicas, por exemplo, o tempo de retenção e flutuação do nível da água, sendo estes últimos muitas vezes decorrentes dos procedimentos operacionais da barragem (TUNDISI et al., 1999), esses fatores influenciam principalmente o desenvolvimento e a reestruturação fitoplanctônica (CALIJURI; DOS SANTOS, 2001).

A estrutura física, disponibilidade de luz e a concentração de nutrientes influenciam direta ou indiretamente o fitoplâncton. Estes dois recursos (luz e nutrientes) estão relacionados com a capacidade fotossintética, havendo uma ligação entre o aumento da produção fitoplanctônica e a quantidade de luz e nutrientes refletindo num aumento populacional (FORBES et al., 2008).

Os organismos que compõem o ecossistema aquático são interligados através da cadeia trófica, tendo o fitoplâncton o componente base, com isso a instabilidade ambiental e as mudanças das condições no tempo e no espaço determinam a composição da comunidade fitoplanctônica, estando os padrões de riqueza, diversidade, densidade e biomassa diretamente relacionados com esta variação (REYNOLDS, 2006).

O fitoplâncton é utilizado como um discriminador ambiental, sendo as flutuações e alterações na composição e estrutura indicativas das alterações no estado de trófia do ambiente. Desta forma, os parâmetros físicos e químicos fornecem informações instantâneas, efeitos de longo prazo da qualidade ambiental são armazenados nas comunidades biológicas (LOBO et al., 2002).

O interesse em estudar a comunidade fitoplanctônica é bem antigo. No Brasil o interesse sobre a produção fitoplanctônica teve início em 1960. No nordeste, as primeiras análises qualitativas do fitoplâncton foram realizadas por Drouet, Patrick e Smith nos açudes de Bodocongó, Velho, Puxinanã e Simão em Campina Grande (DROUET et al, 1938). A partir da década de 90 vários estudos foram desenvolvidos indicando avanços no conhecimento da ecologia do fitoplâncton do semiárido (CHELLAPA, 1990; CHELLAPA et al., 1998, CEBALLOS et al., 1998; MOREDJO, 1998).

Os sistemas de classificação com base na biomassa do fitoplâncton iniciaram-se a mais de 20 anos atrás (HEINONEN, 1980; OECD, 1982; HILLBRICHT-ILKOWSKA; KAJAK 1986). A biomassa é uma importante variável porque mede a

quantidade de energia em certo nível trófico da comunidade biológica (GOSSELAIN et al., 2000). Esta biomassa planctônica pode ser estimada pela medida do peso seco, pela concentração de componentes químicos celulares e pelo cálculo do biovolume, este por sua vez, leva em conta as diferentes formas e tamanhos dos organismos, fornecendo uma avaliação mais precisa (TORGAN et al., 1998).

A maioria dos estudos e modelos descritivos existentes sobre distribuição e abundância do fitoplâncton tem sido realizada considerando a comunidade total uniforme ou então os grandes grupos taxonômicos, a despeito da elevada diversidade morfológica e funcional entre as espécies (MARINHO; HUSZAR, 2002). Entretanto, estudos que enfocam as mudanças do fitoplâncton abordando suas estratégias adaptativas (C, S, R-estrategistas), a partir dos conceitos de Grime (1979) para vegetação terrestre, e grupos de espécies (grupos funcionais) descritoras das condições ambientais são mais apropriados (REYNOLDS, 1997; PADISÁK; REYNOLDS, 1998; MARINHO; HUSZAR, 2002).

Atualmente o estudo das diferentes espécies fitoplanctônicas e sua ecologia vêm sendo discutidos através do emprego de grupos funcionais (PADISÁK et al., 2009). Conforme esta classificação as associações A, B, C, D, MP, N, P e T são formadas por diatomáceas; as associações **F, G, J, K, MP, N, P, T, X e W** agrupam espécies de clorófitas; **H, K, L, M, MP, R, S, T, W e Z**, reúnem espécies de cianobactérias; enquanto que as associações **E, L, Q, U, V, W, X e Y** agrupam espécies de fitoflagelados (PADISÁK et al., 2009). Os códons não são exclusivos de determinados grupos de algas, e táxons filogeneticamente não relacionados podem pertencer a um mesmo codon. Além do mais, os códons podem ser subdivididos em outros, a saber, **H1 e H2; Lo e Lm; S1, S2 e Sn; W1, W2 e Wo Ws; e X1e X2**, dentre outros. O uso das associações fitoplanctônicas na caracterização dos ecossistemas aquáticos tornou-se uma importante ferramenta, vindo subsidiar diversos trabalhos no mundo inteiro (DANTAS, 2010).

A aplicação dos grupos funcionais em sistemas aquáticos fornece informações importantes para a compreensão da dinâmica na seleção de espécies pelágicas em regiões tropicais (HUSZAR et al., 2003; LEITÃO et al., 2003; LOPES et al., 2005; SARMENTO et al., 2007) e subtropicais (FABBRO; DUIVENVOORDEN, 2000; KRUK et al, 2002). Embora os grupos funcionais fitoplanctônicos tenham sido descritos primeiramente para lagos, esta abordagem também pode ser aplicada a

reservatórios, uma vez que os ecossistemas são geralmente semelhantes considerando as pequenas escalas espaciais e temporais do fitoplâncton (REYNOLDS, 1999).

A qualidade da água pode ser avaliada com base na composição taxonômica utilizando espécies indicadoras (ROSÉN, 1981; TREMEL, 1996). Destacando-se o coeficiente trófico (BARBÉ et al., 2003; KANGRO et al., 2005) além dos Índices de diversidade de Simpson e o Índice de Shannon-Wiener (SHANNON; WEAVER, 1949; LLOYD; GHELARDI, 1964).

A “Water Framework Directive (DIRECTIVE, 2000)”, utiliza o fitoplâncton como um dos cinco elementos biológicos de qualidade, necessárias para avaliação ecológica de águas superficiais. Sua avaliação deve incluir: composição de espécies, abundância ou biomassa, e da frequência e intensidade das florações de fitoplâncton (PASZTALENIEC; PONIEWOZIK, 2010). Recentemente inúmeras tentativas têm sido feitas, para desenvolver os parâmetros fitoplanctônicos, como espécies indicadoras e seus valores para cumprir as exigências da “WFD”, no entanto, documentos disponíveis ainda são limitados. Dois métodos publicados até agora incluem o índice Q e índices PSI (PADISAK et al., 2006 e MISCHKE et al., 2008, respectivamente). O objetivo do índice Q é examinar o estado ecológico com base nos grupos funcionais fitoplanctônicos (PADISÁK et al., 2006). Este índice varia de 0 a 5 e determina cinco graus de qualidade da água: 0-1=ruim; 1-2 = tolerável; 2-3 = médio; 3-4 = boa; 4-5 = excelente. O uso deste índice vêm sendo utilizado tanto em ambientes tropicais como subtropicais com sucesso (CROSSETTI; BICUDO, 2008; HAJNAL; PADISÁK, 2008; BECKER et al., 2009).

Para Hajnal e Padisák (2008) o uso das associações fitoplanctônicas como indicadores através do índice Q são sensíveis às mudanças tróficas apresentadas pelo ecossistema. No reservatório Faxinal diferenças entre os três períodos hidrológicos analisados foi observado por Becker et al. (2009) demonstrando o estado ecológico de tolerante a médio com eventual “*Bloom*” de cianobactéria na primeira estratificação. O presente estudo é pioneiro na utilização do índice Q na região semiárida brasileira e diferentemente de outros índices desenvolvidos anteriormente não apresenta limitação geográfica podendo ser utilizado em escala global.

3 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABÍLIO, F. J. P., LEITE, R. L. & WATANABE, T. **Qualidade da água da Lagoa do Parque Sólton de Lucena, João Pessoa, Paraíba.** Anais do V Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, vol. 1, p. 274-279, 2000.

ARAUJO, G. J. M. **Grupos funcionais e dinâmica da comunidade fitoplanctônica e sua aplicabilidade no monitoramento de ecossistemas aquáticos do trópico semiárido.** 2010. 91f. Dissertação (PRODEMA) Universidade Estadual da Paraíba. Campina Grande, 2010.

BARBE, J.; LAFONT, M.; MOUTHON, J.; PHILIPPE, M. **Protocole actualisedela diagnose rapide des plans d'eau.** Cemagref-Groupement de Lyon. 2003.

BARBOSA, E. J. L., WATANABE, T., MOREDJO, A. & ABÍLIO, F. J. P. **A hipereutrofização e suas implicações na biocenose de um ecossistema aquático urbano de João Pessoa, Paraíba.** Revista nordestina de biologia, vol. 15, 2001.

BARBOSA, E. J. L.; WATANABE, T. **O fitoplâncton como discriminador ambiental no diagnostico das bacias hidrográficas envolvidas no projeto de transposição do rio São Francisco para o Nordeste Setentrional.** Anais do V Simpósio de Ecossistemas Brasileiros: conservação, Pul. ACIESP, 109 (II): 449-456, 2000.

BECKER, V.; CARDOSO, L. S.; HUSZAR, V. L. M. Diel variation of phytoplankton functional groups in a subtropical reservoir in southern Brazil during an autumnal stratification period. **Aquatic Ecology**, v. 42, n. 2, p. 285-293, 2008.

BECKER, V.; HUSZAR, V. L. M.; CROSSETTI, L. O. Responses of phytoplankton functional groups to the mixing regime in a deep subtropical reservoir. **Hydrobiologia**, v. 628, p.137–151, 2009.

BORGES, P.A.F.; TRAIN, S.; RODRIGUES, L.C. Spatial and temporal variation of phytoplankton in two subtropical Brazilian reservoirs. **Hydrobiologia**, The Hague, v. 607, p. 63-74, 2008.

CALIJURI, M. C.; DOS SANTOS, A. C. A. Temporal variations in phytoplankton primaria production in a tropical reservoir (Barra Bonita, SP – Brasil). **Hydrobiologia**, v. 445, p. 11-26, 2001.

CEBALLOS, B. S. O. ; ALBUQUERQUE, F. S.; KÖNIG, A.; GÓIS, R. S. **Impactos ambientais e qualidade da água de três açudes do semi-árido paraibano.** In: IV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 1998, Campina Grande / Paraíba - BR. Anais do IV Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 1998.

CEBALLOS, B. S. O. ; DINIZ, C. R. ; KÖNIG, A. . **Algas Como Bioindicadores do Nível Trófico de Sistemas Lênticos do Semi-Árido Paraibano.** Revista Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 3, n. 3/4, p. 137-145, 1998.

CHELLAPA, N. T. Phytoplankton species composition, chlorophyll biomass, and primary production of the Jundiaí Reservoir (northeastern Brazil) before and after eutrophication. **Acta Hydrobiologica**, v. 32, p.75-91, 1990.

CHELLAPA, N. T.; BEZERRA, T. A.; COSTA W. T. T.; MELO, S. C. **Physiological ecology of cyanophycean population from impounded freshwater aquatic ecosystem, Barragem Gargalheiras, Rio Grande do Norte State**. IV Simpósio de Ecossistemas Brasileiros. Anais. Águas de Lindóia, SP, Brasil, II, p. 372-380, 1998.

CHELLAPPA, N.T.; COSTA, M.A.M. Dominant and co-existing species of Cyanobacteria from a eutrophicated reservoir of Rio Grande do Norte State, Brazil. **Acta Oecologica**, Paris, v.24, p. S3-S10, 2003.

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

CHELLAPPA, N.T.; CHELLAPPA, S.L.; CHELLAPPA, S. Harmful phytoplankton blooms and fish mortality in a eutrophicated reservoir of Northeast Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 51, n. 4, p. 833-841, 2008b.

CRISPIM, M. C.; LEITE, R. L. & WATANABE, T.. **Evolução em açudes temporários, no nordeste semi-árido, durante um ciclo hidrológico, com ênfase na comunidade zooplanctônica**. Anais do V Simpósio de Ecossistemas Brasileiros: Conservação. Realizado de 10 a 15 de outubro de 2000. Vitória, ES. 2000.

COSTA, I.A.S.; AZEVEDO, S. M. F. O.; SENNA, P. A. C.; BERNARDO, R. R.; COSTA, S. M.; CHELLAPPA, N. T. Occurrence of toxin producing cyanobacteria blooms in a Brazilian semiarid reservoir. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 66, p. 211-219, 2006.

CROSSETTI, L. O.; BICUDO, C. E. M. Adaptations in phytoplankton life strategies to imposed change in a shallow urban tropical eutrophic reservoir, Garças Reservoir, over 8 years. **Hydrobiologia**, v. 614, p. 91-105, 2008.

CROSSETTI, L.O.; BICUDO, C.E.M. Phytoplankton as a monitoring tool in a tropical urban shallow reservoir (Garças pond): the assemblage index application. **Hydrobiologia**, The Hague, v. 610, p. 161-173, 2008.

DANTAS, E.W. **Ecologia da Comunidade de Algas Planctônicas em Reservatórios de Pernambuco** (Nordeste, Brasil). Tese de doutorado em Botânica, Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, 2010.

DIRECTIVE. Directive 2000/60/EC of the European parliament and of the council of 23 October 2000 establishing a framework for community action in the field of water policy. Off. J. **Eur. Communities L**. v. 327, p. 1-72, 2000.

DROUET, F.; PATRICK, R.; SMITH, L. B. A flora de quatro açudes da Paraíba. **Ann. Acad. Bras. Sci.** v. 10, p. 89-102, 1938.

FABBRO, L. D.; DUIVENVOORDEN, L. J. A two-part model linking multidimensional environmental gradients and seasonal succession of phytoplankton assemblages. **Hydrobiologia**, v. 438, p. 13–24, 2000.

GOSSELAIN, V.; Hamilton, P. B. ALGAMICA: revisions to a key-based computerized counting program for free living, attached and benthic algae. **Hydrobiologia**, v. 438, p. 139–142, 2000.

GRIME, J. P. **Plant strategies and vegetation processes**. Chichester: John Wiley e Sons, 1979. 222p.

HAJNAL, É.; PADISÁK, J. Analysis of long-term ecological status of Lake Balaton based on the ALMOBAL phytoplankton database. **Hydrobiologia**, The Hague, v. 599, p. 227–237, 2008.

HEINONEN, P.. Quantity and composition of phytoplankton in Finnish inland waters. Vesihallitus – National Board of Waters, Helsinki, Vesientutkimuslaitoksen Julkaisuja, v. 37, p.1–91, 1980

HILLBRICHT-ILKOWSKA, A.; KAJAK, Z.. Parametry i wskaźniki przydatne do features of seasonal development of phytoplankton in a strongly stratified **ekosystemow jeziornych**. Ossolineum, Wrocław. p. 23–45, 1986.

HUSZAR, V.; KRUK, C.; CARACO, N. Steady-state assemblages of phytoplankton in four temperate lakes (NE USA). **Hydrobiologia**, v. 502, p. 97–109, 2003.

IBAÑEZ, M.S.R. Phytoplankton composition and abundance of a central Amazonian floodplain lake. **Hydrobiologia**, The Hague, v. 362, p. 79–83, 1998.

KALFF, J. **Limnology: inland water ecosystem**. Prentice Hall, New Jersey., p. 592, 2002.

KANGRO, K.; LAUGASTE, R.; NÖGES, P.; OTT, I. Long-term changes and special kontroli zmian funkcjonalnych i strukturalnych w ekosystemach jeziornych hypertrophic lake. **Hydrobiologia**, v. 547, p. 91–103, 2005.

KRUK, C.; MAZZEO, N.; LACEROT, G.; 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, p. 901–912, 2002.

LEITÃO, M.; MORATA, S.; RODRIGUEZ, S.; VERGON, J. P. The effect of perturbations on phytoplankton assemblages in a deep reservoir (Vouglans, France). **Hydrobiologia**, v. 502, p. 73–83, 2003.

LLOYD, M.R.; GHELARDI, J. A table for calculating the “equitability” component of species diversity. **Journal of Animal Ecology**, v. 33, p. 217–225, 1964.

LOBO, E. A.; CALLEGARO, V. L. M.; BENDER, E. P. **Utilização de diatomáceas epilíticas como indicadores de qualidade da água em rios e arroios de regiões hidrográficas do Guaíba, RS, Brasil**. Santa Cruz do Sul: EDUNISC, 2002.

LOPES, M. R. M.; BICUDO, C. E. M.; FERRAGUT, M. C. Short term spatial and temporal variation of phytoplankton in a shallow tropical oligotrophic reservoir, southeast Brazil. **Hydrobiologia**, v. 542, p. 235–247, 2005.

MARINHO, M. M.; HUSZAR, V. L. M. Nutrient availability and physical conditions as controlling factors of phytoplankton composition and biomass in a tropical reservoir (Southeastern Brazil). **Archiv für Hydrobiologia**, v. 153, p. 443-468, 2002.

MARINHO, M. M.; HUSZAR, V. L. M. Nutrient availability and physical conditions as controlling factors of phytoplankton composition and biomass in a tropical reservoir (Southeastern Brazil). **Archiv für Hydrobiologia**, v. 153, p. 443-468, 2002.

MISCHKE, U.; BOHMER, J. Software PhytoSee Version 3.0 Preliminary English ulegają cych eutrofizacji. In: HILLBRICHT-ILKOWSKA, A. (Ed.). **Monitoring** Version of the calculation program for German Phyto-See-Index (PSI). In: MISCHKE et al. (2008). **To assess natural lakes to implement the European Water Framework Directive including instructions for data preparation and program use in "PhytoSee_import_tables.xls"**. 2008.

MOURA, A. N.; BITTENCOURT-OLIVEIRA, M. C.; DANTAS, E. W.; ARRUDA-NETO, J. D. de T. Phytoplanktonic associations: a tool to understanding dominance events in a tropical Brazilian reservoir. **Acta Botanica Brasilica**, V. 21(3), p. 641-648, 2007 a

NASELLI-FLORES, L.; PADISÁK, J.; DOKULIL, M.T.; CHORUS, I. Equilibrium/steady-state concept in phytoplankton ecology. **Hydrobiologia**, The Hague, v. 502, p. 395-403, 2003.

OECD. Eutrophication of Waters. Monitoring Assessment and Control. Technical Report Environment Directorate. OECD, Paris. 1982.

PADISÁK, J. CROSSETTI, L. O.; NASELLI-FLORES, L. Use and misuse in the application of the phytoplankton functional classification: a critical review with updates. **Hydrobiologia**, n. 621, p.1–19, 2009.

PADISÁK, J.; BORICS, G.; FEHÉR, G.; GRIGORSZKY, I.; OLDAL, I.; SCHMIDT, A.; ZÁMBÓNÉ-DOMA, Z. Dominant species, functional assemblages and equilibrium phases in late summer phytoplankton assemblages in Hungarian small shallow lakes. **Hydrobiologia**, The Hague, v. 502, p. 157-168, 2003.

PADISÁK, J.; BORICS, G.; GRIGORSZKY, I.; SORÓCZKI-PINTÉR, E. Use of phytoplankton assemblages for monitoring ecological status of lakes within the Water Framework Directive: the assemblage index. **Hydrobiologia**, v. 553, p. 1-14, 2006.

PADISÁK, J.; REYNOLDS, C. S. Selection of phytoplankton associations in Lake Balaton, Hungary, in response to eutrophication and restoration measures, with special reference to the cyanoprokaryotes. **Hydrobiologia**, v.384, p. 43-53, 1998.

PASZTALENIEC, A.; PONIEWOZIK, M. Phytoplankton based assessment of the ecological status of four shallow lakes (Eastern Poland) according to Water Framework Directive – a comparison of approaches. **Limnologia**, v. 40, p. 251–259, 2010.

REYNOLDS, C. S. Phytoplankton assemblages in reservoirs. In: TUNDISI, J. G.; STRASKRABA, M. (eds). **Theoretical Reservoir Ecology and its Application**. São Carlos: International Institute of Ecology/Backhuys Publishers. p. 439–456, 1999.

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

REYNOLDS, C.S. **Vegetation processes in the pelagic: a model for ecosystem theory**. Oldendorf: Ecology Institute, 1997.

REYNOLDS, C.S.; HUSZAR, V.; KRUK, C.; NASELLI-FLORES, L.; MELO, S. Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. **Journal of Plankton Research**, London, v. 24, n. 5, p. 417-428, 2002.

ROSÉN, G.. Phytoplankton indicators and their relation to certain chemical and physical factors. **Limnologica**, v. 13, p.263–290, 1981.

SARMENTO, H.; ISUMBISHO, M.; DESCY, J. P. Phytoplankton ecology of Lake Kivu (eastern África). **Journal of Plankton Research**, v.28, p. 815–829, 2007.

SHANNON, C.E., WEAVER, W.. **The Mathematical Theory of Communication**. University of Illinois Press, Urbana IL. 1949.

STRASKRABA, M. J.; TUNDISI, G. Reservoir ecosystem functioning: theory and application. In TUNDISI, G.; STRASKRABA, M.J (eds), **Theoretical Reservoir Ecology and its Applications**. International Institute of Ecology, Brazilian Academy of Sciences and Backhuys Publishers. São Carlos, p. 565-597, 1999.

TORGAN, L. C.; Becker, V.; Rodrigues, S. Volume celular de espécies fitoplanctônicas da Laguna dos Patos, Rio Grande do Sul, Brasil. **Biociências** v. 6, p. 183–186, 1998.

TREMEL, B. Determination of the trophic state by qualitative and quantitative phytoplankton analysis in two gravel pit lakes. **Hydrobiologia**, v.323, p. 97–105, 1996.

TUNDISI, J. G. Distribuição espacial, sequência temporal e ciclo sazonal do fitoplâncton em represas: fatores limitantes e controladores. **Ver. Brasil. Biol**, v. 50, n. 4, p. 937-955, 1990.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M.; ROCHA, O. Ecossistemas de águas interiores. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas Doces do Brasil. Capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo, 2002.

4 PRIMEIRO CAPITULO

A ser encaminhado para publicação
na revista Aquatic Ecology

**Dinâmica interanual de grupos funcionais fitoplanctônicos em ecossistemas
rasos do semiárido brasileiro**

Resumo: O objetivo desse trabalho foi analisar a dinâmica dos grupos funcionais fitoplanctônicos, identificando os fatores associados à dominância dos grupos, ao longo de cinco anos em três ambientes rasos do semiárido brasileiro. Vinte nove coletas realizadas em intervalos bi-mensais foram feitas em cada ambiente, no período de cinco anos. As variáveis abióticas analisadas foram: temperatura da água, pH, condutividade elétrica, transparência, oxigênio dissolvido, alcalinidade, amônia, nitrato, nitrito, fósforo total e ortofosfato. Variáveis bióticas: diversidade e biomassa foram estudadas a partir de amostras coletadas com garrafa de Van Dorn e preservadas com formol. Os dados foram integrados aritmeticamente e tratados através da análise de Correspondência Canônica. A lagoa Panati apresentou uma diversidade algal maior que os reservatórios. Os valores de biomassa foram mais elevados no açude Soledade e os grupos funcionais mais abundantes foram **K**, **S_N**, **M**, **S₁** e **L_M**, foi observada elevada biomassa de cianobacterias em todo período estudado. No açude Taperoá II as cianobacterias, diatomáceas e clorofíceas foram os grupos que contribuíram com maior biovolume. Na lagoa Panati o grupo **J** foi mais representativo, com elevada biomassa de clorofíceas coloniais, ocorrendo também grupos funcionais representados por desmídias (**P** e **N**).

Palavras-chave: semiárido, lagos rasos, fitoplâncton, grupos funcionais.

Abstract (Interannual dynamics of phytoplankton functional groups in ecosystems shallow semiarid Brazil): The objective of this study was to analyze the dynamics of phytoplankton functional groups, identifying factors associated with the dominance of the groups, over five years in three shallow semiarid environment. Twenty nine samples collected in bi - monthly intervals were made in each environment, in the period of five years. The abiotic variables that were analyzed: water temperature, pH, electrical conductivity, water transparency, dissolved oxygen, alkalinity, ammonia, nitrate, nitrite, total phosphorus, and orthophosphate. Biotic variables: diversity and

biomass were studied from sample collected with the Van Dorn's bottle and preserved with formalin. The data were integrated arithmetically and treated by canonical correspondence analysis. The Panati pond had a higher diversity of algal than the reservoirs. The biomass values were higher in the Soledade dam and the most abundant functional groups were the **K**, **SN**, **M**, **S1** and **LM**, there was a big biomass of cyanobacteria throughout the study period in the Taperoá II dam the cyanobacteria, diatoms and green algae were the most that contributed on the bio volume. For the Panati pond, the group **J** was more representative, with high biomass of colonial chlorophytes, also occurring functional groups represented by desmids (**P** and **N**).

Keywords: semiarid, shallow lakes, phytoplankton, Functional group.

4.1 Introdução

O fitoplâncton representa uma importante ferramenta de monitoramento de águas continentais e no entendimento da flutuação das características ambientais nos ecossistemas aquáticos (Costa et al. 2009; Crossetti e Bicudo 2008). A abordagem de grupos funcionais, desenvolvida primariamente por Reynolds (1997), é altamente eficiente na observação das respostas específicas das espécies às condições ambientais definindo grupos funcionais fitoplanctônicos a partir da dominância ou co-dominância no ambiente, usando atributos fisiológicos,

morfológicos e ecológicos das espécies (Reynolds et al. 2002) , identificados por códigos alfa-numérico. Recentemente, uma revisão crítica avaliou as publicações realizadas reunindo 40 grupos funcionais registrados de acordo com suas sensibilidades e tolerâncias (Padisák et al. 2009). Os grupos funcionais são bem utilizados em estuários, lagos e reservatórios (Kruk et al. 2002; Mieleitner et al. 2008; Crossetti e Bicudo 2008; Costa et al. 2009; Becker et al. 2009) mostrando-se mais eficientes na bioindicação ambiental do que agrupamentos filogenéticos (Huszar e Caraco 1998).

Em muitos ambientes, especialmente aqueles de níveis tróficos mais elevados, a diversidade das associações fitoplanctônicas diminui levando a dominância de cianobacterias (Dokulil e Teubner 2000). A morfologia do ambiente também apresenta influência, espécies filamentosas desenvolvem-se melhor em lagos rasos, enquanto espécies coloniais dominam em lagos profundos (Schreurs, 1992).

Lagos rasos constituem um dos tipos mais frágeis de ecossistema do planeta e geralmente são susceptíveis as alterações ambientais (Barbier et al. 1997), como os efeitos de flutuações no nível da água e eutrofização, podendo induzir a mudança de um estado de águas claras, dominada pela vegetação aquática, para um estado turbido, dominado pelo fitoplâncton (Scheffer 1998). O volume reduzido de água e a instabilidade hidrológica desses ambientes faz com que eles respondam rapidamente aos impactos naturais ou antrópicos, como o aumento da carga de N e P, acidificação do sistema e ate mesmo mudanças climáticas de pequena escala, como perturbações naturais, os ventos levam a pulsos de nutrientes devido a res-suspensão do sedimento (Wiedner et al. 2002). A importância socio-econômica desses ecossistemas chama a atenção para o conhecimento científico na limnologia e na ecologia do fitoplâncton (Padisák et al. 2003).

O semiárido brasileiro é caracterizado por condições extremas em termos climáticos, com temperaturas elevadas (27-29 °C), forte insolação e altas taxas de evaporação associadas a uma baixa umidade relativa do ar e principalmente aos mais baixos e irregulares índices pluviométricos do país (Vieira et al. 2009). Nestas condições, os ecossistemas aquáticos estão sujeitos a períodos alternados de estiagem e chuvas, o que torna prioritário o estudo das águas continentais em razão de sua importância como fonte de abastecimento para as populações. Aliada a

escassez temporária, surge a preocupação com o processo crescente de eutrofização dos reservatórios, refletindo a questão da água na região como duplamente problemática (Araujo et al. 2000).

O presente estudo tem como objetivo analisar a dinâmica dos grupos funcionais fitoplanctônicos, identificando os fatores associados à dominância dos grupos, bem como condições ambientais associadas ao longo de cinco anos em três ambientes rasos do semiárido.

4.2 Área de estudo

A bacia do rio Taperoá situa-se na parte central do Estado da Paraíba, na região fisiográfica da Borborema Central, com vegetação predominante do tipo Caatinga. Os seus limites ocorrem com as bacias do Espinharas e do Seridó a Oeste, com a sub-bacia do Alto Paraíba ao Sul, com as bacias do Jacu e Curimataú ao Norte, e com a sub-bacia do Médio Paraíba a Leste. A bacia drena uma área aproximada de 7.316 Km². O solo é predominantemente do tipo Bruno não cálcico, pouco profundo e litólico e a pluviosidade da região é considerada a menor do Brasil, com uma média nos últimos cinco anos da ordem de 687 mm/ano (DP = 181mm/ano). O clima da região é do tipo sub-desértico quente de tendência tropical e caracteriza-se por apresentar temperaturas médias em torno de 25°C.

O açude Soledade (7° 2' S e 36° 22' W) situa-se no planalto da Borborema a 530 m acima do nível do mar (Fig. 1). Represa o riacho Macaco e alguns pequenos tributários, possui capacidade de 27.804.000 m³, a área é de 541 Km² e a profundidade máxima 15 m (Abílio et al. 2005).

O açude Taperoá II (07° 11'44"S e 07° 13' 44" W) está situado na região central do estado da Paraíba a uma altitude de 578 m (Fig. 1), com uma capacidade de 15.148.900 m³, área de 4.6 Km² e profundidade máxima de 5,7 m. É utilizado especialmente para abastecimento (Paraíba 1997).

Lagoa Panati (07° 11' 14" S e 36° 49' 52" W) é uma lagoa natural de pequeno porte localizada no município de Taperoá, a uma altitude de 560,2 m (Fig. 1). É considerada uma lagoa depressional fechada (Souza e Abílio 2006), com profundidade máxima de 1,5 m (Freitas e Crispim 2005).

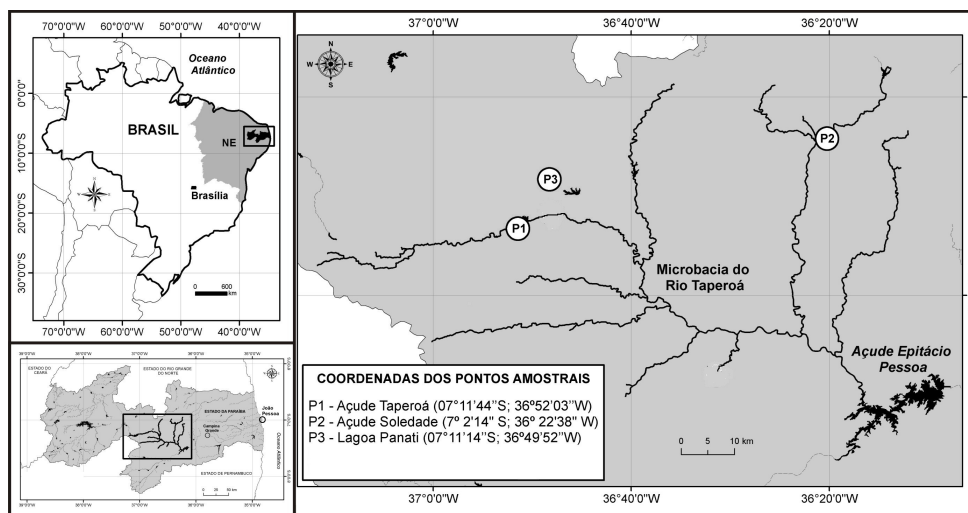


Fig. 1 Localização geográfica da microbacia do rio Taperoá (Brasil: Paraíba) mostrando os três ecossistemas aquáticos avaliados: P1 (açude Taperoá II), P2 (açude Soledade), P3 (lagoa Panati)

4.3 Amostragem

As amostragens foram realizadas em intervalos bi-mensais entre novembro de 2005 a dezembro de 2010. Nos açudes Soledade e Taperoá II as coletas foram realizadas na região limnética, sendo as profundidades definidas a partir da profundidade de desaparecimento visual do disco de Secchi (100, 50 e 1% incidência de luz e Zona afótica). Na Lagoa Panati, devido a pequena profundidade ($Z_{\max}=1,5$) e alta disponibilidade de luz, as amostragens foram realizadas apenas a 100% de incidência luminosa.

Os perfis verticais da temperatura da água, pH, condutividade elétrica foram mensurados através do Termistor FAC, Potenciômetro e Condutivímetro, respectivamente.

A transparência foi estimada utilizando o disco de Secchi (Cole 1983) e a zona eufótica (Z_{eu}) calculada multiplicando o valor obtido através do disco de Secchi por 2,7 (Cole 1983). A zona de mistura (Z_{mis}) foi obtida através das diferenças na temperatura da água (Coche, 1974), e a razão entre a zona eufótica e zona de mistura (Z_{eu}/Z_{mis}) foi utilizada como índice de avaliação da disponibilidade de luz na camada de mistura (Jensen et al 1994).

As concentrações de oxigênio dissolvido (mg.L^{-1}) foram determinadas através do método de Winkler modificado por (Golterman et al. 1978). As concentrações de

alcalinidade, amônia (NH_4^+), nitrato (NO_3^-) e nitrito (NO_2^-) foram obtidas através de Mackereth et al. (1978) e fósforo total (PT) e ortofosfato (P-PO_4^-) através de Golterman et al. (1978). Para determinar a clorofila-*a* foi utilizado como solvente acetona a 90% (Wetzel e Likens 2000).

As amostras para análise da comunidade fitoplanctônica foram realizadas através de garrafa de Van Dorn na subsuperfície, 50%, 1% e zona afótica, fixadas com formol 8%. A análise da densidade foi realizada conforme Utermöhl (1958) em aumento de 400 vezes, sendo contados no mínimo 100 indivíduos da espécie mais freqüente (Lund et al. 1958), de forma que a porcentagem de erro fosse igual ou próxima de 10%.

O biovolume foi calculado através do estabelecimento das formas geométricas, sendo medidos 25-30 indivíduos por espécie, quando possível segundo Sun e Liu (2003) e Hillebrand et al. (1999). O resultado foi expresso em unidade de peso fresco, onde $1 \text{ mm}^3 \text{ L}^{-1} = 1 \text{ mg L}^{-1}$ (Wetzel e Likens 2000).

Os grupos funcionais foram definidos através das espécies que contribuíram com >5% da biomassa total (Reynolds et al. 2002; Padisák et al. 2009).

Análise dos dados

Os dados físicos, químicos e biológicos foram integrados aritmeticamente. A partir das matrizes de covariância, com os dados transformados por $\text{Log}(x + 1)$, foi feita análise de Correspondência Canônica (ACC), utilizando o programa PC-ORD (McCune e Mefford 1997), realizada a partir das principais variáveis ambientais e biológicas, evitando-se colinearidade.

4.4 Resultados

Características ambientais

Os três ecossistemas estudados apresentaram durante todo o período de estudo águas quentes, alcalinas e bem oxigenadas. A temperatura registrou valores mínimos de 23°C (Açude Soledade), 21°C (Açude Taperoá II) e 24°C (Lagoa Panati). As fases claras (Transparência > 1.00m; Zeu:Zmix > 1.00m, com exceção do açude Soledade) predominaram no Açude Taperoá II (todo o estudo) e na Lagoa Panati (2006, 2008 e 2009) e apenas em 2009 no Açude Soledade. Entre os ambientes açude Soledade, Açude Taperoá II e Lagoa Panati, foram observados os mais altos

valores de fósforo total (concentração mínima em junho de 2006 e máxima em janeiro de 2009) e de nitrato (valor mínimo em setembro de 2006 e outubro de 2007, valor máximo em março de 2009) no açude Soledade. A lagoa Panati apresentou os menores valores para estes parâmetros (concentração mínima de fósforo total em julho de 2009 e máxima em janeiro de 2009, concentração mínima de nitrato em junho a dezembro de 2006 e máxima em março de 2009). A relação molar DIN:PID foi alta para o açude Soledade e lagoa Panati e baixa para o açude Taperoá II (Tabela 1).

Durante o estudo a Z_{eu} não atingiu a profundidade máxima dos ambientes analisados. Os valores máximos para o açude Soledade, o açude Taperoá II e a lagoa Panati foram de 3.51 m (março de 2009), 4.10 m (abril de 2007) e 2.00 m (abril de 2008), respectivamente. A razão $Z_{eu}:Z_{mis}$ no geral foi ≤ 1 (Tabela 1).

Tabela 1 Variáveis ambientais dos açudes Soledade e Taperoá II e da lagoa Panati durante o período de estudo (novembro de 2005 a dezembro de 2010)

Os valores são: médias, mínima e máxima (entre parênteses) N-NO₃, nitrato; N-NO₂, nitrito; N-NH₄, amônia; TP, fósforo total; PO₄³⁻, ortofosfato; DIN:PID, razão molar do nitrogênio e fósforo

Parâmetro	Açude Soledade X, Min – Max (DV)	Açude Taperoá II X, Min – Max (DV)	Lagoa Panati X, Min – Max (DV)
Profundidade maxima (m)	15.0	5.7	1.5
Disco de secchi (m)	0.40, 0.1–1.3 (0.25)	0.79, 0.2–1.6 (0.35)	0.5, 0.1–1 (0.30)
K _d (m ⁻¹)	5.9, 1.3–11.3 (3.55)	2.4, 1.0–4.5 (1.45)	5.1, 1.7–15.4 (4.0)
Temperature (°C)	26.55, 23.7–28.5 (1.75)	26.2, 21.4–32.8 (2.06)	27.4, 24.9–32.3 (11.0)
Oxigênio dissolvido (mg l ⁻¹)	24, 10.4–122.7 (22.8)	23.8, 10.5–84.5 (15.2)	4.8, 1.6–7.9 (22.3)
pH	8.6, 7.5–9.3 (0.6)	8.1, 7.2–9.0 (0.65)	8.1, 7–9.3 (0.6)
Z_{eu}	1.09, 0.27–3.50 (0.7)	2.15, 0.0–4.10 (0.92)	1.39, 0.3–2.00 (0.81)
$Z_{eu}:Z_{mix}$	0.07, 0.09–0.24 (0.04)	0.43, 0.0–0.8 (0.18)	0.92, 0.18–1.80 (0.54)
N-NO ₃ (µg l ⁻¹)	186, 0.0–1331.8 (319.8)	174.3, 0.0–284.1 (284.9)	95.8, 0.0–374.2 (104.9)
N-NO ₂ (µg l ⁻¹)	69.9, 0.5–414.8 (97.1)	30, 0.0–52.0 (44.0)	8.0, 0.0–11.3 (8.8)
N-NH ₄ (µg l ⁻¹)	85, 0–344.6 (94.2)	116.2, 0–1039.3 (236.0)	59.4, 0–561.2 (137.6)
TP (µg l ⁻¹)	415.73, 24.9–3122.9	236.9, 0–779.7 (244.0)	226.1, 0– 1465.4

	(641)		(351.7)
PO ₄ ⁻³ (µg l ⁻¹)	19.89, 0–63.2 (20.3)	118.3, 0–614.2 (165.0)	57.9, 0–1131.1 (225.0)
NID:PID	102.3, 0–676.6	11.7, 0–68.7	134, 0–2028.0

Dinâmica fitoplanctônica

O total de espécies fitoplanctônicas identificadas nos Açudes Soledade e Taperoá II e na Lagoa Panati foram de 141, 154 e 164 táxons, distribuídos em 9 classe taxonômicas. Entre essas, 28, 38 e 42 espécies foram classificadas como descritoras, respectivamente. Correspondendo a mais de 5% da biomassa total, com 14 grupos funcionais (Tabela 2).

Os grupos funcionais mais abundantes no açude Soledade foram **K**, **S_N**, **M**, **S1** e **L_M**. Houve elevada biomassa de cianobacterias em todo período estudado, ocorrendo dominância de formas coloniais das espécies *Coelosphaerium* sp (K) em janeiro de 2006, *Microcystis aeruginosa* (M) em fevereiro de 2007 e *Coelomorom tropicalis* (L_M) entre agosto e dezembro de 2007 e de formas filamentosas das espécies *Planktothrix agardhii* (S1) em agosto de 2008 e *Cylindrospermopsis raciborskii* (S_N) entre março de 2009 e dezembro de 2010 (Fig. 3a). Observou-se também co-dominância de diatomáceas do grupo D (representada por *Cyclotella meneghiniana*) com *Microcystis aeruginosa* (M) nos meses de abril de 2007 e 2008 e com *Pseudanabaena limnetica* (S1) em outubro de 2008. Outros grupos tiveram uma biomassa representativa, *Pediastrum simplex* (J) e *Oocystis borgei* (F), clorofíceas coloniais com tamanho médio, observadas em sistemas ricos em nutrientes (Fig. 2a).

Tabela 2 Espécies descritoras fitoplanctônicas e os respectivos grupos funcionais (GF) dos ambientes estudados (açude Soledade e Taperoá II e lagoa Panati) durante o período de estudo (novembro de 2005 a dezembro de 2010)

Grupos Funcionais	Açude Soledade	Açude Taperoá II	Lagoa Panati
	Espécies	Espécies	Espécies
S_N	<i>Anabaena solitária</i> , <i>Anabaenopsis ellenkini</i> , <i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>	<i>Anabaena</i> sp, <i>A. solitária</i> , <i>Aphanizomenon gracile</i>	
K	<i>Aphanocapsa delicatissima</i> , <i>Coelosphaerium</i> sp, <i>Merismopedia mínima</i> , <i>M. punctata</i> , <i>M. tenuissima</i>	<i>Aphanocapsa delicatissima</i>	<i>Aphanocapsa delicatissima</i> , <i>Coelosphaerium</i> sp, <i>Merismopedia minima</i>
L_M	<i>Coelomorom tropicalis</i>	<i>Coelomorom tropicalis</i> , <i>Peridinium umbonatum</i>	<i>Coelomorom tropicalis</i> , <i>Peridinium umbonatum</i>
M	<i>Microcystis aeruginosa</i>		
S₁	<i>Planktothrix agardhii</i> , <i>Pseudanabaena limnetica</i> , <i>Spirulina major</i>	<i>Planktothrix agardhii</i> , <i>Pseudoanabaena limnetica</i> , <i>Spirulina major</i> , <i>Oscillatoria</i> sp, <i>O. tenuis</i>	
F	<i>Dictyosphaerium pulchellum</i> , <i>Oocystis borgei</i> , <i>O. lacustris</i>	<i>Dictyosphaerium pulchellum</i> , <i>Kirchneriella contorta</i> ,	<i>Dictyosphaerium pulchellum</i> , <i>Kirchneriella contorta</i> , <i>K. obesa</i>
X₁	<i>Monoraphidium arcuatum</i> , <i>Schoederia setigera</i>	<i>Monoraphidium</i> sp, <i>Schoederia setigera</i>	<i>Monoraphidium</i> sp, <i>M. arcuatum</i> , <i>M. contortum</i> ,
J	<i>Pediastrum simplex</i> , <i>Desmodesmus quadricauda</i> , <i>Scenedesmus ecornis</i> , <i>Tetraëdron minimum</i>	<i>Coelastrum reticulatum</i> ,	<i>Pediastrum simplex</i> , <i>P. tetras</i> , <i>Desmodesmus quadricauda</i> , <i>Scenedesmus</i> sp2, <i>S. acuminatus</i> , <i>S. bicaudatum</i> , <i>S. denticulatus</i> var. <i>linearis</i> , <i>Tetraëdron trigonum</i> , <i>Tetrastrum heterocanthum</i>
D	<i>Aulacoseira granulata</i> , <i>A. itálica</i> , <i>Cyclotella meneghiniana</i> , <i>Fragillaria capucina</i> , <i>Nitzschia longíssima</i>	<i>Aulacoseira itálica</i> , <i>Melosira sulcata</i> , <i>Cocconeis placentula</i> , <i>Eunotia pectinales</i> , <i>Fragillaria capucina</i> , <i>Nitzschia lorenziana</i> , <i>N. longíssima</i> , <i>N. obtusa</i>	<i>Amphora ovalis</i> , <i>Cyclotella meneghiniana</i> , <i>Fragillaria capucina</i> , <i>Synedra ulna</i>
M_P		<i>Gomphonema</i> sp, <i>G. parvulum</i> , <i>Navicula</i> sp, <i>Navicula</i> sp2	<i>Gomphonema parvulum</i> , <i>Navicula</i> sp, <i>Navicula</i> sp2
W₁		<i>Phacus contortum</i>	<i>Euglena acus</i> , <i>E. caudata</i> , <i>Lepocinclis</i> sp, <i>L. salina</i>
W₂	<i>Traquelomonas</i> sp6	<i>Strombomonas</i> sp, <i>Trachelomonas</i> sp4, <i>T. oblonga</i> , <i>T. volvocina</i> var. <i>volvocina</i> , <i>T. volvocinopsis</i> var. <i>volvocinopsis</i> , <i>Oedogonium</i> sp	<i>Strombomonas</i> sp, <i>S. fluviatilis</i> , <i>Trachelomonas oblonga</i> , <i>T. volvocina</i> var. <i>volvocina</i> , <i>T. volvocinopsis</i> var. <i>volvocinopsis</i>
P			<i>Closterium</i> sp
N			<i>Euastrum denticulatum</i> , <i>Octacanthium</i> sp

Os valores de biomassa fitoplanctônica para o açude Taperoá II foram baixos durante todo período, aproximadamente 5 mgL^{-1} (Fig. 2b). Cianobacterias, diatomáceas e clorofíceas foram os grupos que contribuíram com maior biovolume. 11 grupos funcionais (**S_N**, **K**, **L_M**, **S1**, **X1**, **J**, **F**, **D**, **MP**, **W1** e **W2**) foram observados, e alguns casos de co-dominância de espécies pertencentes a diferentes grupos funcionais. Observou-se forte dominância de algumas espécies de diatomáceas ao longo do estudo, como: *Aulacoseira granulata* var. *angustissima* (**D**), *Cocconeis placentula* (**D**), *Gomphonema* sp (**MP**), *Navicula* sp (MP) e *Nitzschia obtusa* (**D**). Durante o segundo semestre de 2007 houve um aumento do grupo **J** (*Coelastrum reticulatum*), sendo substituído pelo grupo **S_N** (fevereiro de 2008), com dominância de *Aphanizomenon gracile* (89.9%). Durante o período de maior índice de precipitação (abril de 2008) observou-se co-dominância de euglenofíceas do grupo **W2** (*Strombomonas* sp, *Trachelomonas oblonga*, *T. volvocina* var. *volvocina* e *T. volvocinopsis* var. *volvocinopsis*). Vale destacar também a elevada biomassa de cianobacterias filamentosas do grupo funcional **S1**, especialmente da espécie *Planktothrix agardhii*, que apresentou dominância pontual nos meses de agosto de 2007 (78.7%) e 2008 (55.6%), em maio de 2009 (88.0%) e em dezembro de 2010 (62.8%). As cianobacterias para o açude Taperoá II foram incluídas nos grupos **S_N**, **S1**, **L_M** e **K** (Fig. 3b).

Na lagoa Panati foram observados 11 grupos funcionais (**K**, **L_M**, **J**, **F**, **X1**, **D**, **MP**, **W1**, **W2**, **P** e **N**). Destes, o grupo **J** foi o mais representativo, com alta biomassa de clorofíceas coloniais como *Crucigenia crucifera* (junho 2006), *Pediastrum simplex* (agosto de 2007 a fevereiro de 2008) e *Coelastrum reticulatum* (setembro a dezembro de 2009). Várias espécies de euglenófitas do Grupo Funcional **W1** também apresentaram grande abundância, especialmente dos gêneros *Euglena* e *Lepocinclis*. Diferentemente dos açudes Soledade e Taperoá II, na lagoa Panati também ocorreram grupos funcionais representados por desmídias (**P** e **N**), com dominância de *Closterium* sp (**P**) em janeiro de 2006 (86.1%) e maio de 2010 (96.1%). Baixos valores de biomassa e os grupos funcionais mais homogeneamente distribuídos foram observados durante alguns períodos de mistura (janeiro e julho de 2006 e maio de 2010), neste período o grupo **P** apareceu provavelmente pela resuspensão do sedimento (Fig. 2c). Entre as cianobactérias, apenas dois Grupos

Funcionais foram registrados, representados pelas espécies *Coelomorion tropicalis* (LM) e *Coelosphaerium* sp (K), ambos com baixa biomassa (Fig. 3c).

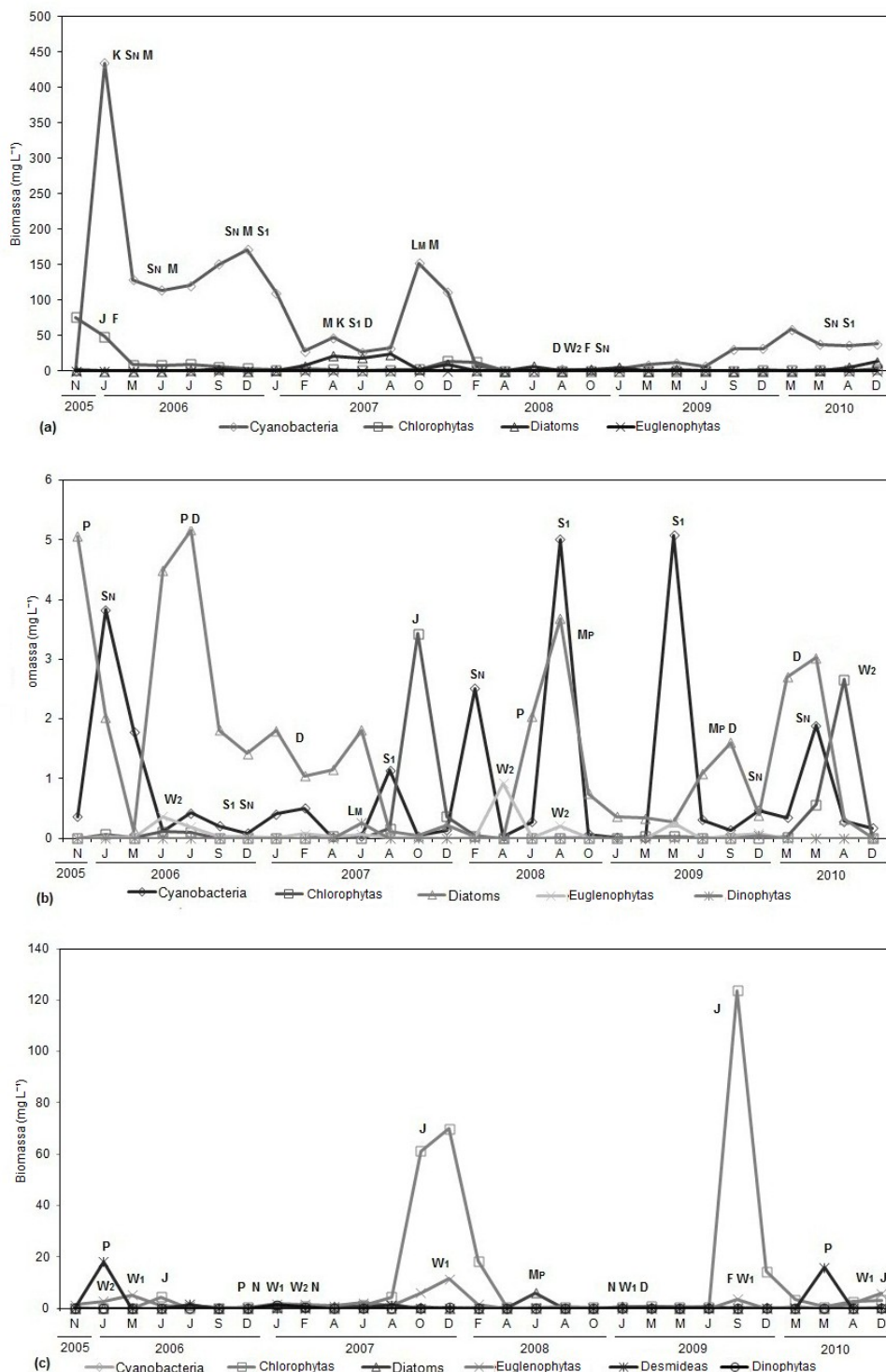


Fig. 2 Variação temporal da biomassa dos principais grupos fitoplanctônicos nos açude Soledade (a), açude Taperoá II (b) e lagoa Panati (c). As associações foram construídas a partir das espécies descritoras, durante novembro de 2005 a dezembro de 2010

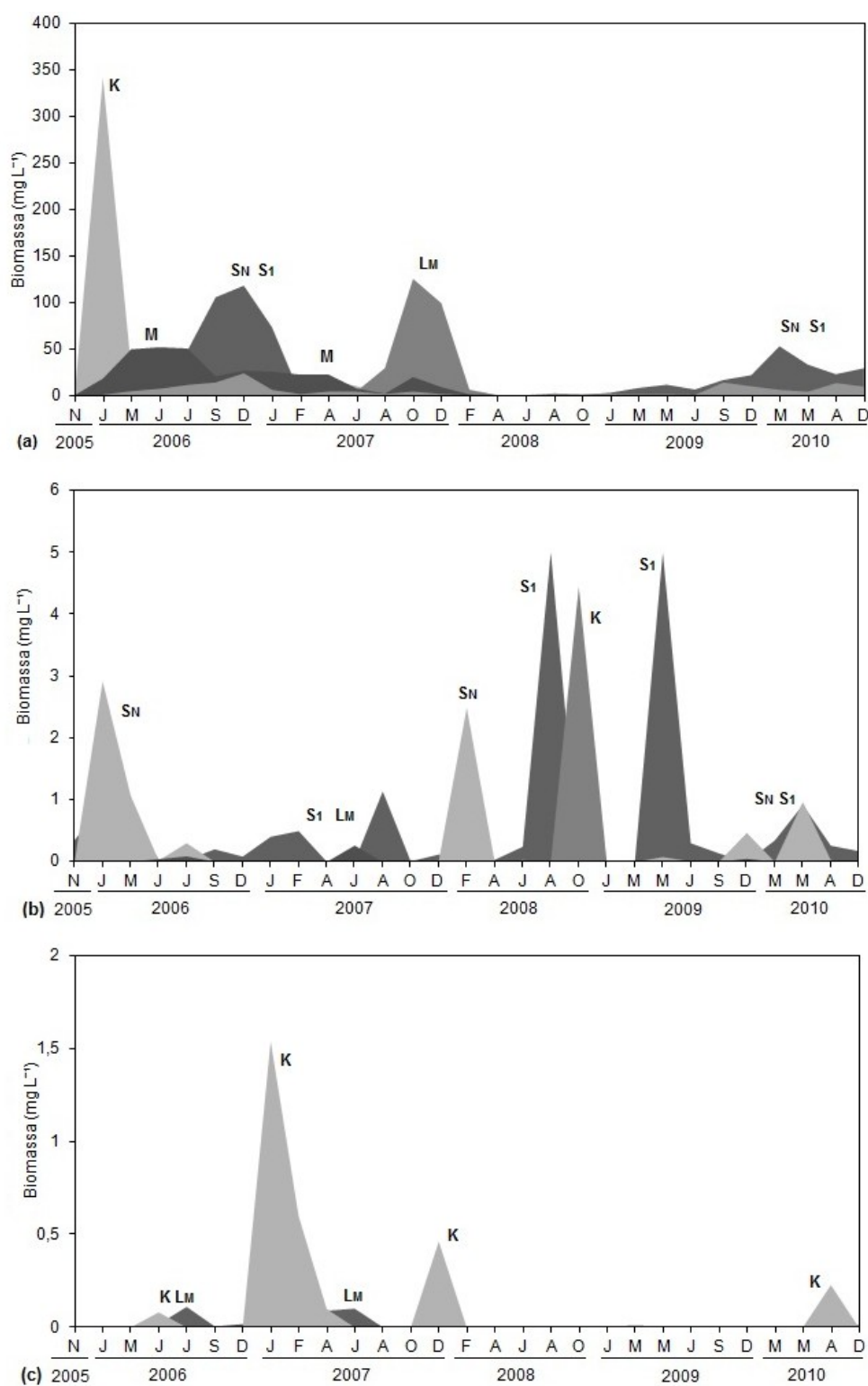


Fig.3 Biomassa das cianobactérias nos açude Soledade (a), açude Taperoá II (b) e lagoa Panati (c) durante novembro de 2005 a dezembro de 2010

Integração das variáveis abióticas com os grupos funcionais

Os autovalores para os eixos 1 e 2 foram 0.536 e 0.238, respectivamente, explicando 24% da variabilidade total dos dados (Tabela 3). A correlação de Pearson espécie-ambiente foi elevada para ambos os eixos (0.911 e 0.738), indicando uma correlação entre as variáveis abióticas com os grupos funcionais. O teste de Monte Carlos (99 permutações, $p \leq 0.05$) usado para determinar o nível de significância canônica, a ordenação dos eixos 1 e 2 foram estatisticamente significativos ($p \leq 0.05$) não ocorrendo ao acaso (Tabela 3).

Tabela 3 Síntese da Análise de Correspondência Canônica (ACC) para os açudes Soledade (a), e Taperoá II (b) e lagoa Panati (c) durante novembro de 2005 a dezembro de 2010

	Eixo 1	Eixo 2
Autovalor	0.536	0.238
Explicação da variância (%)	16.4	7.3
Explicação cumulativa (%)	16.4	23.6
Correlação de Parsons (espécies:ambiente)	0.911	0.738
Teste de Monte Carlos (p) Autovalor	0.01	0.01
Correlação espécie-ambiente	0.01	0.01
Teste de Monte Carlos (p) Autovalor	0.01	0.01

O primeiro eixo da ACC distingue os três ambientes e separa para direita o açude Soledade influenciado pela Zmis (0.95), pH (0.22), NH_4 (0.18) e NO_3 (0.03) e por altos valores de biomassa dos grupos funcionais L_M (0.32), M (0.83), K (0.81), S_N (0.84), S1 (0.67) e F (0.22). E para esquerda o açude Taperoá e lagoa Panati ambos influenciados pela razão Zeu/Zmis (-0.70) e pelo disco de Secchi (-0.12) (Fig. 4).

O segundo eixo da ACC evidenciou a distinção do açude Taperoá II e da lagoa Panati. O açude Taperoá II, como visto na parte inferior esquerda do gráfico, teve uma maior influencia do disco de Secchi (-0.89) e dos altos valores dos grupos

D (-1.74) e **MP** (-2.25), já a lagoa Panati teve influencia da **Zeu/Zmis** (-0.33) e dos grupos **J** (0.68), **W1** (1.04) **N** (0.74) e **P** (0.71) (Fig. 4).

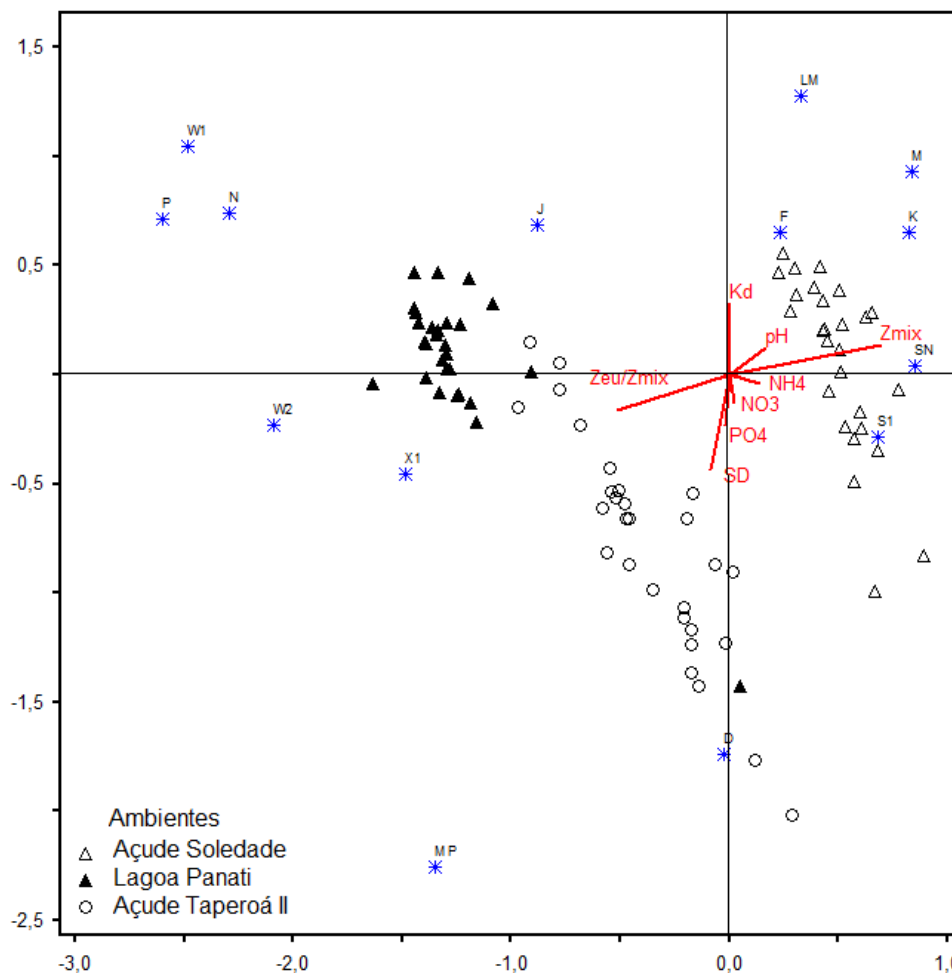


Fig. 4 Analise de Correspondência Canônica (ACC) de unidades do açude Soledade, açude Taperoá II e lagoa Panati, a partir de 8 variáveis abióticas e 14 variáveis bióticas (grupos funcionais), durante o período de estudo (novembro de 2005 a dezembro de 2010). Variáveis ambientais: Zeu/Zmix (razão zona eufótica/zona de mistura); SD (disco de Secchi); KD (coeficiente de atenuação de luz); pH; Zmix (zona de mistura); NO₃ (nitrato); NO₂ (nitrito); NH₄ (amônia); PO₄ (ortofosfato). Grupos funcionais **S_N**, **K**, **L_M**, **M**, **S₁**, **F**, **X₁**, **J**, **D**, **P**, **M_P**, **W₁**, **W₂**, **N**

4.5 Discussão

As associações como a temperatura e disponibilidade de luz na coluna de água, expressa pela razão Z_{eu}/Z_{mis} , podem ser fatores seletivos relevantes para os grupos funcionais (Imai et al. 2009; Becker et al. 2009b). Segundo Reynolds (2006), luz e nutrientes são os principais fatores que regulam os grupos funcionais.

Altos níveis de nutrientes diminuem a diversidade de espécies fitoplanctônicas com uma tendência para o estabelecimento de grupos funcionais dominados principalmente por cianobactérias. Os grupos de cianobactérias comuns aos três ambientes analisados foram **K** e **L_M**, representados por *Aphanocapsa delicatissima* e *Coelomorom tropicalis*. Ambos os grupos são representados por pequenas cianobactérias coloniais, que de modo geral são típicas de ecossistemas aquáticos pequenos, rasos e ricos em nutrientes (Padisák et al. 2009). O códon **L_M**, particularmente, é característico de sistemas eutróficos a hipereutróficos (Reynolds et al. 2002). A dominância de cianobactérias tem sido relacionada com altas temperaturas e pH, altas concentrações de fósforo e baixa luz subaquática (Fujimoto et al. 1997; Watson et al. 1997; Havens et al. 1998; Caraco e Miller 1998; Marinho e Huszar 2002), condições ambientais verificadas especialmente no açude Soledade.

Entre os ecossistemas aquáticos avaliados, este ambiente foi o que apresentou maior biomassa de cianobactérias, com dominância de *Cylindrospermopsis raciborskii* (grupo **S_N**) em muitos períodos. Esta é uma espécie de origem tropical-subtropical com limites de temperatura bastante altos (Padisák e Reynolds 1998), apresentando extrema importância devido ao seu potencial tóxico e seu alto poder de formar florações em sistemas eutróficos (Crosseti e Bicudo 2005). *C. raciborskii* tem um alto nível de adaptabilidade ecofisiológica, uma alta capacidade de absorver fósforo mesmo em baixas concentrações e de fixar nitrogênio (Padisák 1997). O hábito solitário de *Cylindrospermopsis* encontrada frequentemente em sistemas ricos em fósforo e sua tolerância a mistura vertical da água o diferenciam de outros membros da ordem Nostocales (cianobactérias fixadoras de Nitrogênio) (Padisák e Reynolds 1998), razão pela qual foi incluída no grupo **S_N**, visto que apresentam um comportamento mais similar ao das Oscillatoriales (não fixadoras de Nitrogênio) (Huszar et al. 2000). O grupo **S_N** é adaptado a ambientes misturados e quentes (Padisák et al. 2009), condições

verificadas na maioria dos ecossistemas aquáticos do semiárido brasileiro, no entanto não foi encontrado na lagoa Panati.

Em lagos onde existe recurso suficiente (luz/ ou nutrientes), fatores físicos como a temperatura podem ser importantes para determinar a dominância de *Microcystis*. No açude Soledade foi observada dominância de *Microcystis aeruginosa* (**M**) e co-dominância desta espécie com *Cyclotella meneghiniana* (**D**) em temperaturas elevadas (28° e 31° C). Ambas as espécies tem diferentes ótimos de temperatura na taxa de crescimento, entre 30° a 35° C para *Microcystis* e 25°C para *Cyclotella*, tolerando 9-29° C (Grover e Chrzanowski 2006).

O grupo **S1** caracterizado por altos níveis de nutrientes foi observado tanto no açude Soledade quanto em Taperoá II, representado por uma Oscillatoriales (*Planktothrix agardhii*). Este grupo é adaptado a ambientes misturados túrbidos e rasos, a baixa disponibilidade de luz (Pinto et al. 2007; Padisák et al. 2009). Sendo caracterizado por filamentos solitários, finos e principalmente fotoadaptativos que florescem em lagos misturados, são sensíveis ao fluxo e tolerantes à condições de deficiência de luz (Reynolds et al. 2002). Eles podem desenvolver com êxito sob pouca radiação fotossintética por possuírem ficobilinas, juntamente com outras características morfológicas e fisiológicas (Pinto et al. 2007). *P. agardhii* é tolerante a sombra decorrente do aumento da turbidez, apresentando vantagens competitivas em ambientes túrbidos (Hašler e Poulícková 2003).

No açude Taperoá II observou-se constantes misturas, e com isso baixos valores de biomassa e nenhuma dominância de grupos funcionais em alguns períodos estudados. As diatomáceas contribuíram com maior biomassa em virtude de serem adaptadas a alta turbulência, sendo favorecidas pela re-suspensão do sedimento e baixa disponibilidade de luz, corroborando com Reynolds (1997) e Costa et al (2009).

No açude Taperoá II o grupo funcional **P** representado por *Aulacoseira granulata* var. *angustissima*, diatomácea filamentosa, espécie que prefere ambientes de meso a eutróficos (Negro et al. 2000) e o grupo **D** (*Cocconeis placentula* e *Nitzschia obtusa*) foram dominantes, podendo ser associadas a altas concentrações de nutrientes (especialmente nitrato), baixa razão Z_{eu}/Z_{mis} e as condições de mistura da coluna de água (Borges et al. 2008). Estes grupos podem ser interpretados como uma “memória ecológica” da comunidade, considerando o

estado passado e a capacidade de influenciar o presente e respostas futuras (Padisák 1992).

As euglenófitas do grupo **W1** e **W2** aumentaram no período de alta precipitação no açude Taperoá II, devido ao aumento da matéria orgânica e das concentrações de nutrientes. Este aumento pode ser de origem autóctone, como por exemplo, quando estas são ressuspensas do hipolímnio (Becker et al. 2009b), ou de origem alóctone, quando são trazidas a partir da bacia de drenagem pela ação das chuvas.

O grupo **J** das Chlorococcales foi comum nos três ambientes com maior representatividade na lagoa Panati, esta associação é predominante em lagoas e lagos rasos e enriquecidos (Reynolds et al. 2002), sendo representada por diversas espécies dos gêneros *Pediastrum*, *Coelastrum* e *Scenedesmus*. Do ponto de vista ecológico as Chlorococcales apresenta respostas adaptativas similares em relação as concentrações de nutrientes e luz (Comas et al. 2007). Este grupo é capaz de crescer em condições de alta turbidez, pois possuem em geral adaptações morfológicas (espinhos, processos, setas) ou fisiológicas (produção de mucilagem) que as mantêm em suspensão próxima a superfície da água onde a luz não se torna um fator limitante (Happey-Wood 1988). A preferência deste grupo por águas pouco profundas e de baixa transparência, e por ambientes lacustres eutróficos é confirmada por investigações realizadas na região Amazônica (Sant'Anna e Martins 1982) como em lagos naturais urbanos no Brasil e Colômbia (Sant'Anna et al. 1989; Ramírez e Diaz 1994).

A lagoa Panati foi o único ambiente a apresentar associações de desmídias, incluídas nos grupos funcionais **N** e **P**. Ambos podem ser encontrados em lagos rasos e possuem uma dependência aparente de uma camada de mistura com 2 a 3 metros de espessura (Reynolds et al. 2002). Este organismos são adaptados a ambientes turbulentos e com baixa disponibilidade nutricional (Brook, 1981), nesta lagoa foi observado algumas macrófitas e as desmídias podem estar associadas por seres na maioria perifíticas.

Os grupos funcionais foram eficientes indicadores das condições ambientais, como observado em outros ambientes (Huszar et al. 2000; Reynolds et al. 2002; Pivato et al. 2006; Moura et al. 2007; Bovo-Scomparin e Train 2008; Dantas et al. 2012) e aos níveis tróficos dos ecossistemas aquáticos. Isto comprova que o

sistema de classificação funcional do fitoplâncton de água doce (Reynolds et al. 2002), podem ser usados para bioindicar mudanças recentes das condições ambientais, bem como para realizar o monitoramento de ecossistemas aquáticos do semiárido de forma mais confiante. Finalmente a abordagem de grupos funcionais constitui uma ferramenta útil para compreender a comunidade fitoplanctônica em sistemas tropicais e sub-tropicais, apesar de terem sido originalmente desenvolvidas para ambientes temperados.

4.6 Referencias

- Abílio FJP, Fonseca-Gessner AA, Watanabe T, Leite RL (2005) *Chironomus* gr. *decorus* (Diptera: Chironomidae) e outros insetos aquáticos de um açude temporário do semi-árido paraibano, Brasil. *Entomol Vect* 12: 233-242
- Becker V, Cardoso LS, Huszar VLM (2009a) Diel variation of phytoplankton functional groups in a subtropical reservoir in southern Brazil during an autumnal stratification period. *Aquatic Ecology* 43:285–293
- Becker V, Huszar VLM, Crossetti LO (2009b) Responses of phytoplankton functional groups to the mixing regime in a deep subtropical reservoir. *Hidrobiologia* 628:137–151
- Borges PAF, Train S, Rodrigues LCR (2008) Spatial and temporal variation of phytoplankton in two subtropical Brazilian reservoirs. *Hydrobiologia* 607: 63–74
- Bovo-Scomparin VM, Train S (2008) Long-term variability of the phytoplankton community in an isolated floodplain lake of the Ivinhema River State Park, Brazil. *Hydrobiologia*, The Hague 610: 331-344
- Brook AJ (1981) The biology of desmids. *Botanical Monographs*. Blackwell, Oxford 16: 1–267
- Coesel PFM (1982) Structural characteristics and adaptations of desmid communities. *Journal of Ecology*, Oxford 70: 163–177
- Cole, G. A (1983) *Textbook of limnology*. 3rd edn. London: The C.V. Mosby Cop
- Comas A, Eberto N, Tavera R (2007) Coccal Green algae (Chlorophyta) in shallow ponds in Veracruz, México. *Algological Studies* 124: 29-69
- Costa LS, Huszar VLM, Ovalle AR (2009) Phytoplankton functional groups in a tropical estuary: hydrological control and nutrient limitation. *Estuaries Coasts* 32: 508–521
- Crossetti L O, Bicudo CEM (2005) Structural and functional phytoplankton responses to nutrient impoverishment in mesocosms placed in a shallow eutrophic reservoir (Garcas Pond), Sao Paulo, Brazil. *Hydrobiologia* 541: 71–85

Crossetti LO, de Bicudo CEM (2008) Phytoplankton as a monitoring tool in a tropical urban shallow reservoir (Garças Pond): the assemblage index application. *Hydrobiologia* 610:161–173

Dokulil MT, Teubner K (2000) Cyanobacterial dominance in lakes. *Hydrobiologia* 438: 1–12

Freitas GT, Crispim MC (2005) Seasonal effects on zooplanktonic community in a temporary lagoon of Northeast Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia* 17:385-393

Golterman HL, Clymo RS, Ohmstad MAM (1978) *Methods for Physical and Chemical Analysis of Fresh-waters*. Oxford: Blackwell Scientific Publications. International Biological Programme. (IBP Handbook n8^a, 2nd edn)

Grime JP (1977) Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory. *American Naturalist* 111:1169-1194

Grover JP, Chrzanowski TH (2006) Seasonal dynamics of phytoplankton in two warm temperate reservoirs: association of taxonomic composition with temperature. *Journal of Plankton Research* 28: 1–17

Happey-Wood CM (1988) Ecology of freshwater planktonic green algae. In: Sandgren CD (ed) *Growth and Reproductive Strategies of Freshwater Phytoplankton*. Cambridge, Cambridge University Press

Hašler P, Poulícková A (2003) Diurnal changes in vertical distribution and morphology of a natural population of *Planktothrix agardhii* (Gom.) Anagnostidis et Kom' arek (Cyanobacteria). *Hydrobiologia* 509: 195–201

Havens KE, Philips EJ, Cichra MF, Li BL (1998) Light availability as a possible regulator of cyanobacteria species composition in shallow subtropical lake. *Freshwater Biology* 39: 547–556

Hillebrand H, Dürselen C-D, Kirschtel D, Pollinger U, Zohary T (1999) Biovolume calculation for pelagic and benthic microalgae. *J. Phycol* 35: 403–424

Huszar VLM, Caraco N (1998) The relationship between phytoplankton composition and physical-chemical variables: a comparison of taxonomic and morphological functional groups approaches in six temperate lakes. *Freshwater Biology* 40: 1-18

Huszar VLM, Silva LHS, Marinho M, Domingos P, Sant'Anna CL (200) Cyanoprokaryote assemblages in eight productive tropical Brazilian waters. *Hydrobiologia* 424: 67-77

Imai H, CHANG KH, KUSABA M, NAKANO SI (2009) Temperature-dependent dominance of *Microcystis* (Cyanophyceae) species: *M. aeruginosa* and *M. wesenbergii*. *Journal of Plankton Research* 31: 171–178

Kruk C, Mazzeo N, Lacerot G, Reynolds CS (2002) Classification schemes for phytoplankton: a local validation of a functional approach to the analysis of species temporal replacement. *Journal of Plankton Research* 24:901–912

Lund J, Kipling C, Le Cren E (1958) The inverted microscope method of estimating algal numbers and the statistical basis of estimations by counting. *Hydrobiologia* 11: 143-170

Mackereth FJH, Heron J, Talling JF (1978) *Water analysis*, F.B.A. Scientific Publications 36:120

Marinho MM, Huszar VLM (2002) Nutrient availability and physical conditions as controlling factors of phytoplankton composition and biomass in a tropical reservoir (Southeastern Brazil). *Archiv für Hydrobiologie* 153: 443-468

McCune B, Mefford MJ (1997) *PC-ORD. Multivariate Analysis of Ecological Data*, Version 3.0. Oregon: MjM Software Design

Mieleitner J, Borsuk M, Bürgi HR, Reichert P (2008) Identifying functional groups of phytoplankton using data from three lakes of different trophic state. *Aquat Sci* 70:30–46

Negro A I, Hoyos C De, Veja JC (2000) Phytoplankton structure and dynamics in lake Sanabria and Valparaíso reservoir (NWSpain). *Hydrobiologia* 424: 25–37

Padisák J (1997) *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska) Seenayya et Subba Raju, an expanding, highly adaptive cyanobacterium: worldwide distribution and review of its ecology. *Algological Studies* 107: 563-593

Padisák J, Reynolds CS (1998) Selection of phytoplankton associations in lake Balaton, Hungary, in response to eutrophication and restoration measures, with special reference to the cyanoprokariotes. *Hydrobiologia* 384: 41-53

Padisák J, Borics G, Fehér G, Grigorszky I, Oldal I, Schmidt A, Zámóné-Doma Z (2003) Dominant species and frequency of equilibrium phases in late summer phytoplankton assemblages in Hungarian small shallow lakes. *Hydrobiologia* 502: 157–168

Padisák J, Crossetti LO, Naselli-Flores L (2009) Use and misuse in the application of the phytoplankton functional classification: a critical review with updates. *Hydrobiologia* 621:1–19

Paraíba SP (1997) Avaliação da infra-estrutura hídrica e do suporte para o sistema de gerenciamento de recursos hídricos do Estado da Paraíba. João Pessoa, SEPLAN, pp 144

Pinto PT, Allende L, O'Farrell I (2007) Influence of free-floating plants on the structure of a natural phytoplankton assemblage: an experimental approach. *Journal of Plankton Research* 29: 47–56

Pivato BM, Train S, Rodrigues LC (2006) Dinâmica nictemeral das assembleias fitoplanctônicas em um reservatório tropical (reservatório de Corumbá, estado de Goiás, Brasil), em dois períodos do ciclo hidrológico. *Acta Scientiarum. BiologicaSciences*, Maringá 28: 19-29

Ramirez JJ, Diaz A (1994) Caracterización limnológica y estructura de la comunidad fitoplanctónica en la laguna del Parque Norte, Medellín, Colombia. *Hoehnea* 21: 7-28

Reynolds CS (1997) Vegetation processes in the pelagic: a model for ecosystem theory. Ecology Institute, Oldendorf

Reynolds CS (2006) Ecology of phytoplankton. Cambridge: Cambridge University Press

Reynolds CS, Huszar V, Kruk C, Nasseli-Flores L, Melo S (2002) Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. *Journal of Plankton Research* 24:417–428

Salmaso N, Padisák J (2007) Morpho-functional groups and phytoplankton development in two deep lakes (Lake Garda, Italy and Lake Stechlin, Germany) *Hydrobiologia* 578: 97–112

Sant'Anna CL, Azevedo MTP, Sormus L (1989) Fitoplâncton do Lago das Garças, Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP, Brasil: estudo taxonômico e aspectos ecológicos. *Hoehnea* 16: 89-131

Sant'Anna CL, Martins DV (1982) Chlorococcales (Chlorophyceae) dos lagos Cristalino e São Sebastião, Amazonas, Brasil: taxonomia e aspectos limnológicos. *Revista Brasileira de Botânica* 5: 67-82

Scheffer M (1998) Ecology of shallow lakes. Chapman e Hall, London

Schreurs H (1992) Cyanobacterial dominance. Relations to eutrophication and lake morphology. Doctoral thesis, Univ. Amsterdam, pp 198

Souza AHFF, Abílio FJP (2006) Zoobentos de duas lagoas intermitentes da caatinga paraibana e as influências do ciclo hidrológico. *Revista de Biologia e Ciências da Terra* 146-164

Sun J, Liu D (2003) Geometric models for calculating cell biovolume and surface area for Phytoplankton. *Journal of Plankton Research* 25:1331–1346

Utermohl H (1958) Zur vervollkommer der quantitativen phytoplankton methodik. *Mitteilungen des Vereins. Theor Angew Limnol* 9:1-38

Vieira ACB, Medeiros AMA, Ribeiro LL, Crispim CM (2011) Population dynamics of *Moina minuta* Hansen (1899), *Ceriodaphnia cornuta* Sars (1886), and *Diaphanosoma spinulosum* Herbst (1967) (Crustacea: Branchiopoda) in different nutrients (N and P) concentration ranges. *Acta Limnologica Brasiliensia* 23: 48-56

Vieira ACB, Ribeiro LL, Santos DPN, Crispim MC (2009) Correlation between the zooplanktonic community and environmental variables in a reservoir from the Northeastern semi-arid. *Acta Limnologica Brasiliensia* 21: 349-358

Wang L, Cai Q, Xu Y, Kong L, Tan L, Zhang M (2011) Weekly dynamics of phytoplankton functional groups under high water level fluctuations in a subtropical reservoir-bay. *Aquat Ecol* 45:197–212

Watson SB, McCauley E, Downing JA (1997) Patterns in phytoplankton taxonomic composition across temperate lakes of differing nutrient status. *Limnology and Oceanography* 42: 487– 495

Wetzel RG, Likens GE (2000) *Limnological analysis*. Springer Verlag, New York

Wiedner C, Nixdorf B, Hinze R, Wirsing B, Neumann U, Weckesser J (2002) Regulation of cyanobacteria and microcystin dynamics in polymictic shallow lakes. *Archiv für Hydrobiol* 155: 383–400

5 SEGUNDO CAPITULO

A ser encaminhado para publicação
na revista *Hydrobiologia*

Utilização de grupos funcionais fitoplanctônicos para avaliação do estado ecológico em ecossistemas rasos do semiárido brasileiro: aplicação do índice de assembléias

Resumo: : Este trabalho visa testar a aplicação do índice Q como ferramenta para avaliar a qualidade da água usando uma série de dados ao longo de cinco anos, em três ambientes rasos do semiárido brasileiro. As coletas foram realizadas em intervalos bi-mensais contabilizando vinte nove coletas em cada ambiente. As amostras para análise da comunidade fitoplanctônica foram coletadas com garrafa de Van Dorn na subsuperfície, 50%, 1% e zona afótica e preservadas com formol. Os dados foram integrados aritmeticamente. Usando dados biológicos foi aplicado o índice de assembléias (Índice Q). Seguindo as etapas recomendadas por Padisák et al. (2006) para aplicação do índice Q, o fator F foi determinado para cada grupo funcional. Para o açude Soledade o índice Q demonstrou que a qualidade da água foi ruim na maioria dos períodos estudados. Para o açude Taperoá II os valores variaram de ruim, coincidente com o período de maior biomassa de cianobactérias, a médio. A lagoa Panati foi considerada com a melhor qualidade da água. O índice Q parece ser um novo passo na discussão do fitoplâncton como discriminante da avaliação da qualidade de água especialmente nos processos de monitoramento.

Palavras-chave: lagos raso, fitoplâncton, indicador biológico, grupos funcionais, índice Q

Abstract (Use of phytoplankton_functional groups to assess the ecological status of shallow ecosystems of the Brazilian semiarid region: Application of the index of assemblies) This work aims to test the application of the Q index as a tool for assessing the water quality using series of data over five years, in three shallow areas of the Brazilian semiarid region. Twenty nine samples collected in bi - monthly intervals were made in each environment. The samples analysis phytoplankton were collected with Van Dorn bottle in the subsurface, 50% , 1% and aphotic_zone and preserved with formalin. The data were integrated arithmetically. Using biological data the index was applied biological assemblies following the steps recommended

by Padisák et al. (2006) for applying the index Q, the factor F is determined for each functional group. To the weir Soledade the index Q demonstrated that the water quality was poor in most periods. For the weir Taperoá II values ranged from bad to coincide with the period of greatest biomass of cyanobacterias in the medium. The pond Panati was considered with better water quality. The results indicate that phytoplankton is a carrier of important information for biological classification.

Keywords: phytoplankton, biological indicator, Functional group, Q index

5.1 Introdução

A comunidade fitoplanctônica desempenha um papel fundamental na estrutura e no funcionamento nos ecossistemas de água doce. Nesses ambientes as algas e as cianobacterias contribuem na produção primária e exercem influencia em outros componentes do ecossistema (por exemplo: zooplâncton, macrófitas e macroinvertebrados) (Pasztaleniec & Poniewozik, 2010).

O fitoplâncton é um dos cinco grupos biológicos utilizados para estimar a qualidade ecológica de um corpo aquático de acordo com a “Water Framework Directive” (WFD), o estado ecológico e o potencial do ecossistema pode ser avaliado através desse grupo, enquanto outros elementos (por exemplo, características

hidromorfológicas ou físico-químicas) podem servir de suporte na avaliação (Directive, 2000). A WFD utiliza um conceito amplo e têm como objetivo desenvolver estratégias de gestão sustentável para as águas superficiais e subterrâneas na Europa (Padisák et al. 2006).

Uma abordagem atual utilizando a comunidade fitoplanctônica é o índice Q (Padisák et al., 2006) fornece cinco graus de classificação para o ecossistema aquático. Diferentemente de outros índices já existentes, ele não dá nenhuma preferência para qualquer tipo de impacto humano e não apresenta limitação geográfica, aumentando consideravelmente seu espectro de aplicação (Padisák et al., 2006).

Os conceitos da “WFD” foram aplicados na Hungria (Borics et al. 2007; Szilágyi et al. 2008; Hajnal & Padisák, 2008) e na Polônia (Pasztaleniec e Poniewozik 2010). No Brasil vem sendo utilizado tanto em ambientes tropicais como subtropicais com sucesso (Crossetti & Bicudo, 2008; Becker et al. 2009; Becker et al. 2010). Hajnal & Padisák, 2008) no lago Balaton, reconstrói a história da qualidade da água e comprova o uso das associações fitoplanctônicas como indicadores, através do índice Q, mostrando que esta comunidade é sensível às mudanças tróficas apresentadas pelo ecossistema.

O presente estudo tem como objetivo testar o índice Q como ferramenta para avaliar a qualidade da água usando uma serie de dados (5 anos) em três ambientes rasos do semiárido, contribuindo para a discussão de grupos funcionais fitoplanctônicos na indicação de qualidade de água para a região semiárida brasileira.

5.2 Área de estudo

A bacia do rio Taperoá situa-se na parte central do Estado da Paraíba, na região fisiográfica da Borborema Central, com vegetação predominante do tipo Caatinga. Os seus limites ocorrem com as bacias do Espinharas e do Seridó a Oeste, com a sub-bacia do Alto Paraíba ao Sul, com as bacias do Jacu e Curimataú ao Norte, e com a sub-bacia do Médio Paraíba a Leste. A bacia drena uma área aproximada de 7.316 Km². O solo é predominantemente do tipo Bruno não cálcico, pouco profundo e litólico e a pluviosidade da região é considerada a menor do Brasil, com uma média nos últimos cinco anos da ordem de 687 mm/ano (DP =

181mm/ano). O clima da região é do tipo sub-desértico quente de tendência tropical e caracteriza-se por apresentar temperaturas médias em torno de 25°C. O açude Soledade, açude Taperoá II e lagoa Panati são considerados ambientes polimíticos.

O açude Soledade (7° 2' S e 36° 22' W) situa-se no planalto da Borborema a 530 m acima do nível do mar, possui um solo arenoso e pedregoso, é um ambiente com turbidez biogênica. Represa o riacho Macaco e alguns pequenos tributários, a construção da barragem foi finalizada em 1933, com capacidade de 27.804.000 m³, a área é de 541 Km² e a profundidade máxima 15 m (Abílio et al., 2005).

O açude Taperoá II (07° 11'44''S e 07° 13' 44'' W) está situado na região central do estado da Paraíba a uma altitude de 578 m, com uma capacidade de 15.148.900 m³, área de 4.6 Km² e profundidade máxima de 5,7 m. O solo é considerado argiloso, diferente do açude Soledade a turbidez é abiogênica. É utilizado especialmente para abastecimento (Paraíba 1997).

Lagoa Panati (07° 11' 14'' S e 36° 49' 52'' W) é uma lagoa natural de pequeno porte localizada no município de Taperoá, a uma altitude de 560,2 m, é considerada uma lagoa depressional fechada (Souza & Abílio 2006), com profundidade máxima de 1,5 m (Freitas & Crispim 2005).

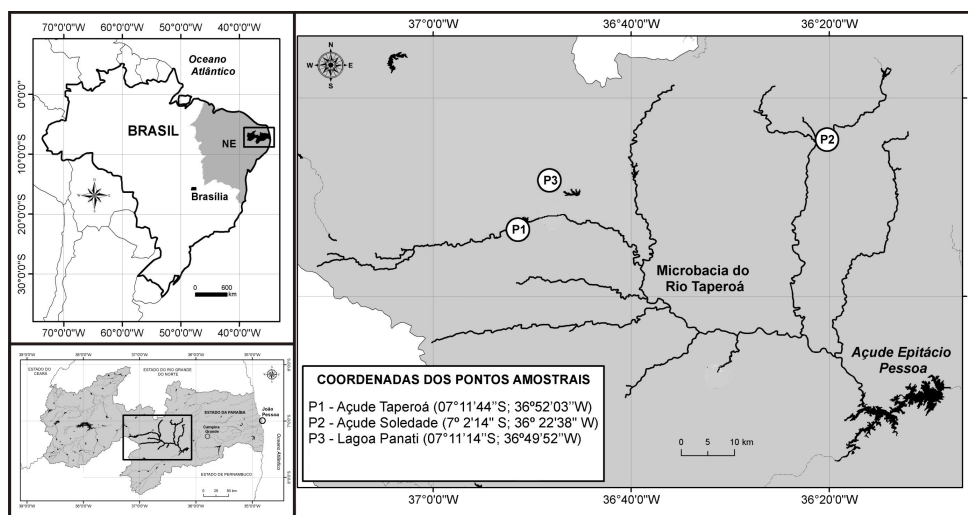


Fig. 1 Localização geográfica da microbacia do rio Taperoá (Brasil; Paraíba) mostrando os três ecossistemas aquáticos avaliados: P1 (açude Taperoá II), P2 (açude Soledade), P3 (lagoa Panati)

5.3 Amostragem

As amostragens foram realizadas em intervalos bi-mensais entre os anos de 2005 a 2010. Nos açudes Soledade e Taperoá II as coletas foram realizadas na região limnética, sendo as profundidades definidas a partir da profundidade de desaparecimento visual do disco de Secchi (100, 50 e 1% incidência de luz e Zona afótica). Na Lagoa Panati, devido a pequena profundidade máxima ($Z_{max}=1,5$) e alta disponibilidade de luz, as amostragens foram realizadas apenas na subsuperfície.

As amostras para análise da comunidade fitoplanctônica foram realizadas através de garrafa de Van Dorn na subsuperfície, 50%, 1% e zona afótica, fixadas com formol 8%. A análise da densidade foi realizada conforme Utermöhl (1958) em aumento de 400 vezes, sendo contados no mínimo 100 indivíduos da espécie mais freqüente (Lund et al., 1958), de forma que a porcentagem de erro seja igual ou próxima de 10%. Os dados de precipitação pluviométrica foram obtidos da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA).

Análise dos dados

Os dados biológicos foram integrados aritmeticamente. O biovolume foi calculado através do uso de formas geométricas, sendo medidos 25-30 indivíduos por espécie, quando possível segundo Sun e Liu (2003) e Hillebrand et al. (1999). O resultado foi expresso em unidade de peso fresco, onde $1 \text{ mm}^3 \text{ L}^{-1} = 1 \text{ mg L}^{-1}$ (Wetzel & Likens 2000). A partir da integração dos grupos funcionais foram definidos através das espécies que contribuíram com >5% da biomassa total (Reynolds et al., 2002; Padisák et al., 2009).

Usando dados biológicos foi aplicado o índice de assembléias (Índice Q) (Padisák et al., 2006), onde p_i é a parte relativa de cada grupo funcional ($p_i = n_i/N$; n_i é a biomassa do grupo funcional; N é a biomassa total) e o fator F foi determinado para cada grupo funcional tendo como base um ambiente natural. Desta forma, valores mais elevados do fator F foram atribuídos aos grupos que seriam de ambiente prístino, e valores mais baixos para grupos que indicam poluição ou

toxicidade. Cinco níveis de classificação foram considerados: 0-1: ruim; 1-2: tolerável; 2-3: médio; 3-4: bom; 4-5: excelente.

$$Q = \sum_{i=1}^n p_i F$$

O Índice do Estado Trófico adotado foi o de Carlson (1977) modificado por Toledo et al. (1983) para ambientes tropicais, O critério para a classificação de acordo com este índice foi: oligotrófico ($IET \leq 44$), mesotrófico ($44 \leq IET \leq 54$) e eutrófico ($IET \geq 54$).

5.4 Resultados

Os resultados obtidos da classificação trófica apontam que todos os ecossistemas aquáticos oscilaram entre oligotróficos a eutróficos (Fig. 2)

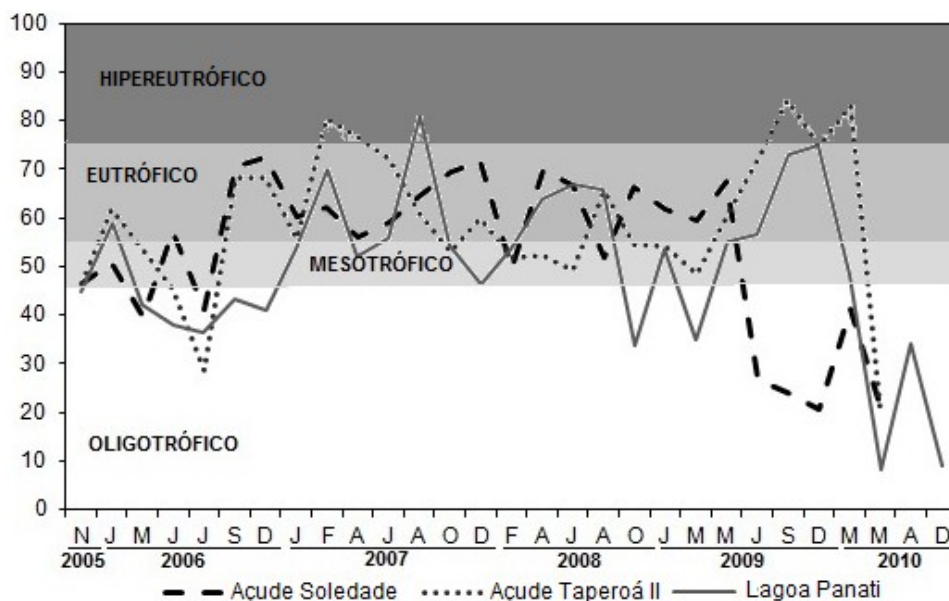


Fig. 2 Variação do Índice de Estado Trófico durante o período de estudo

Seguindo as etapas recomendadas por Padisák et al. (2006) para aplicação do índice Q, o fator F foi determinado para cada grupo funcional nos ecossistemas estudados, utilizando a lagoa Panati como referência (Tabela 1).

Ao longo dos cinco anos analisados os valores do índice Q para o açude Soledade mostraram que a qualidade da água foi identificada como ruim (0.12–0.97) na maioria dos meses estudados, a médio. Sendo registrada condição boa (4.0) em apenas um mês (fev/2008) (Fig. 3). O grupo funcional **S_N** (*Anabaena solitária*, *Anabaenopsis ellenkini*, *Cylindrospermopsis raciborskii*) esteve presente em grande parte dos meses (mar/2006 a jan/2007 e mar/2009 a dez/2010), as espécies de diatomáceas pertencentes ao grupo **D** (*Aulacoseira granulata*, *A. itálica*, *Cyclotella meneghiniana*, *Fragillaria capucina*, *Nitzschia longissima*) também foram abundantes em (jun/2008 (99.0%), out/2008 (55.8%) e jan/2009 (56.6%) (Fig. 4a).

Para o açude Taperoá II os valores variaram de ruim (0.05–1.0) a médio (2.3–3.0), sendo a classificação ruim coincidente com o período de maior biomassa de cianobactérias, pertencentes aos grupos **S_N** (*Anabaena* sp, *A. solitária*, *Aphanizomenon gracile*), **S₁** (*Planktothrix agardhii*, *Pseudoanabaena limnetica*, *Spirulina major*, *Oscillatoria* sp, *O. tenuis*) e com grupo funcional **W₂** representado por euglenofíceas. A classificação do índice Q foi “médio” nos meses em que as

diatomáceas tiveram altos valores de biomassa, sendo representadas pelos grupos funcionais **D** e **MP**. O grupo **S_N** atingiu em fev/2008, dominância de 95.0%, e o grupo **S1** teve uma dominância de 88.0% e 90.0% em mai/2009 e dez/2010, respectivamente (Fig. 3, Fig. 4b).

Tabela 1 Fator F para os grupos funcionais dos ambientes estudados (açude Soledade e Taperoá II e lagoa Panati)

Grupos Funcionais	Fator F		
	Açude Soledade	Açude Taperoá II	Lagoa Panati
D	3	3	2
F	5	5	5
J	2	2	5
K	3	3	3
L_M	3	3	3
M	0	-	-
MP	-	3	5
N	-	-	5
P	-	-	2
S1	0	0	-
SN	0	0	-
X1	5	5	5
W1	-	2	2
W2	1	1	1

O índice Q registrou a qualidade da água na lagoa Panati sendo a melhor, nos primeiros meses os valores do índice estavam baixos (condição tolerável), sendo o menor valor (1.5) observado em novembro de 2005. A partir de (abr/2007) a qualidade da água oscilou de bom (3.4–4.0) a excelente (4.0–5.0), nos últimos meses observou um declínio no índice (Fig.3). Os grupos **W2**, **P**, **J** e **MP** foram os mais característicos para o ambiente, observando uma dominância do grupo J na maioria dos meses (Fig. 4c).

Nos três ambientes analisados os períodos com alta biomassa apresentaram baixos valores do índice Q (Fig. 5). No entanto, na lagoa Panati em setembro de 2009 altos valores de biomassa coincidiram com altos valores do índice Q (Fig. 5c) (dominância de *Coelastrum reticulatum* - 95.0%). No açude Soledade em janeiro de 2006, a qualidade da água foi classificadas como médio corroborando com altos valores de biomassa do grupo **K** especialmente de *Coelosphaerium* sp. Em abril de

2008 e a partir de mar/2009 até dez/2010, a biomassa total não foi elevada, mas os baixos valores do índice Q indicaram elevados percentuais de espécies de cianobacterias (*Microcystis aeruginosa* e *Cylindrospermopsis raciborskii*).

No açude Taperoá II foram registrados os mais baixos valores de biomassa e nos meses que a qualidade da água caiu ficando na faixa de ruim, possivelmente pela alta biomassa observada em jan/2006 e fev/2006 de *Cylindrospermopsis raciborskii* (**S_N**), em fev/2008 de *Aphanizomenon gracile* (**S_N**), e por ultimo em dez/2010 destaca-se o grupo S1 (*Planktothrix agardhii*). Em apenas abr/2007 e jun/2007 o índice esteve como bom (3.0–3.19), tendo o grupo funcional **D** o, mais abundante com 85.0% e 78.8% (Fig. 4b).

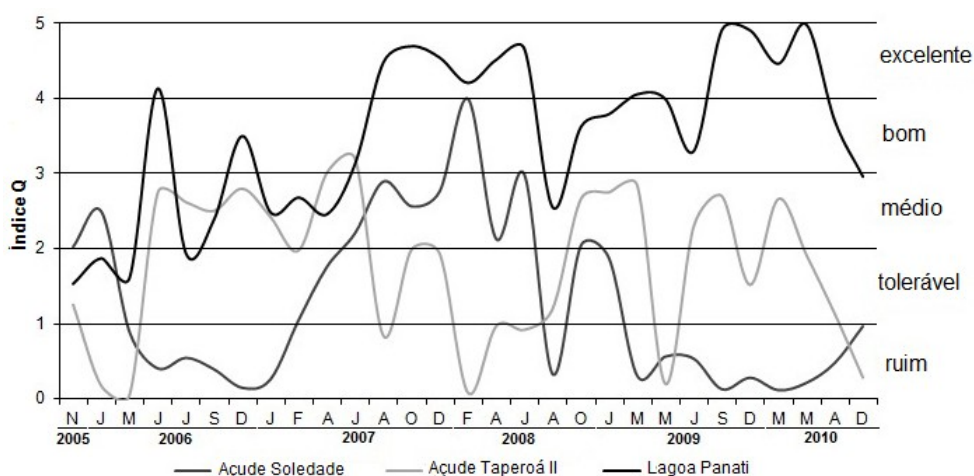


Fig. 3 Avaliação do estado ecológico pelo índice Q dos ambientes estudados (açude Soledade açude Taperoá II e lagoa Panati durante o período de estudo (novembro de 2005 a dezembro de 2010)

Para a lagoa Panati ambiente com os maiores valores do índice (Fig.3), registrou apenas no início do estudo que a qualidade da água estava na faixa do tolerável observando espécies mixotrófica flagelada do grupo **W1** (*Lepocinclis salina*), e no mês de set/09 apresentou os mais altos valores de biomassa como também altos valores do índice Q (Fig. 6).

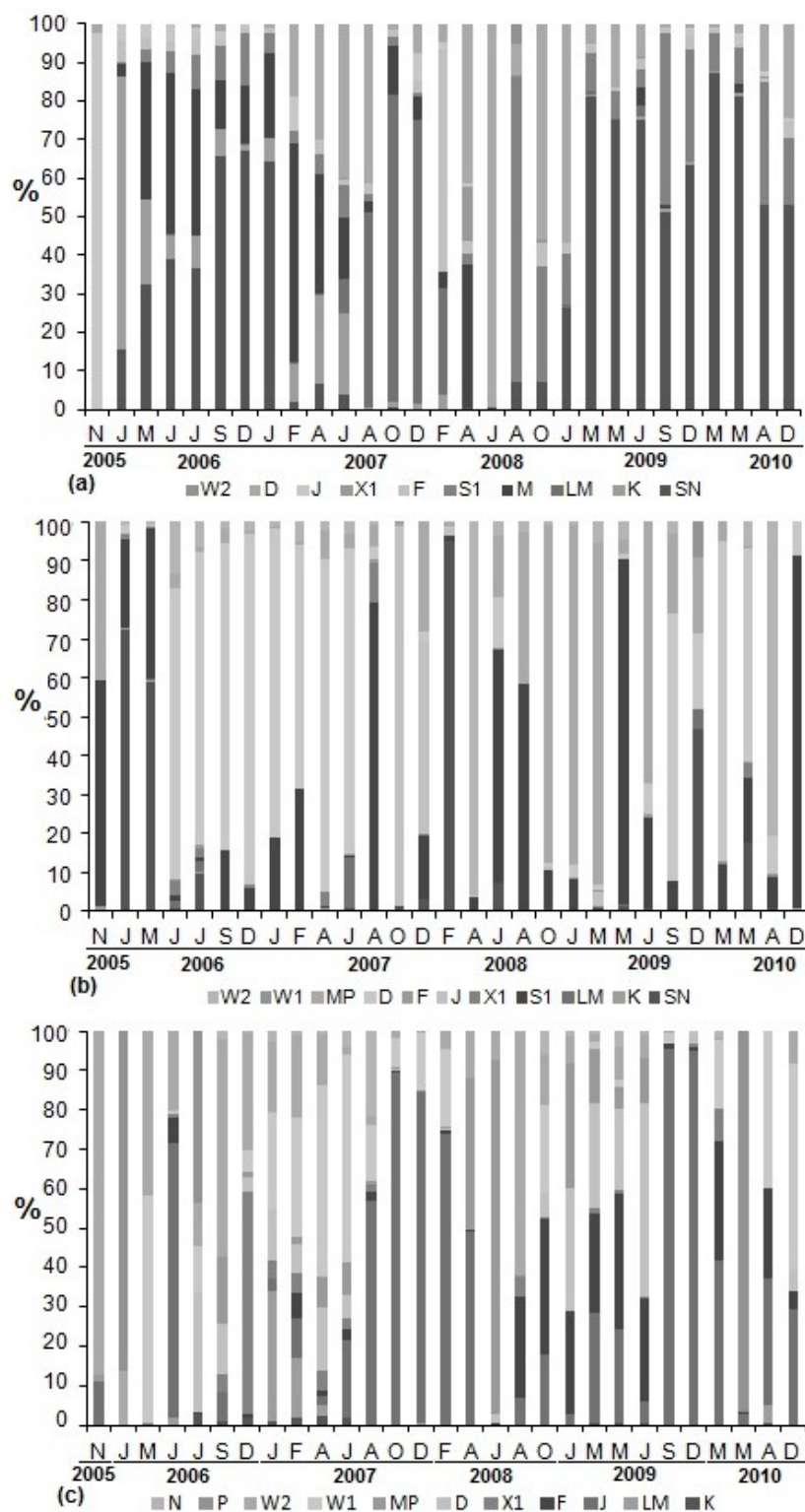


Fig. 4 Abundância relativa dos grupos funcionais nos ambientes estudados (açude Soledade (a) e Taperoá II (b) e lagoa Panati (c) durante o período de estudo (novembro de 2005 a dezembro de 2010)

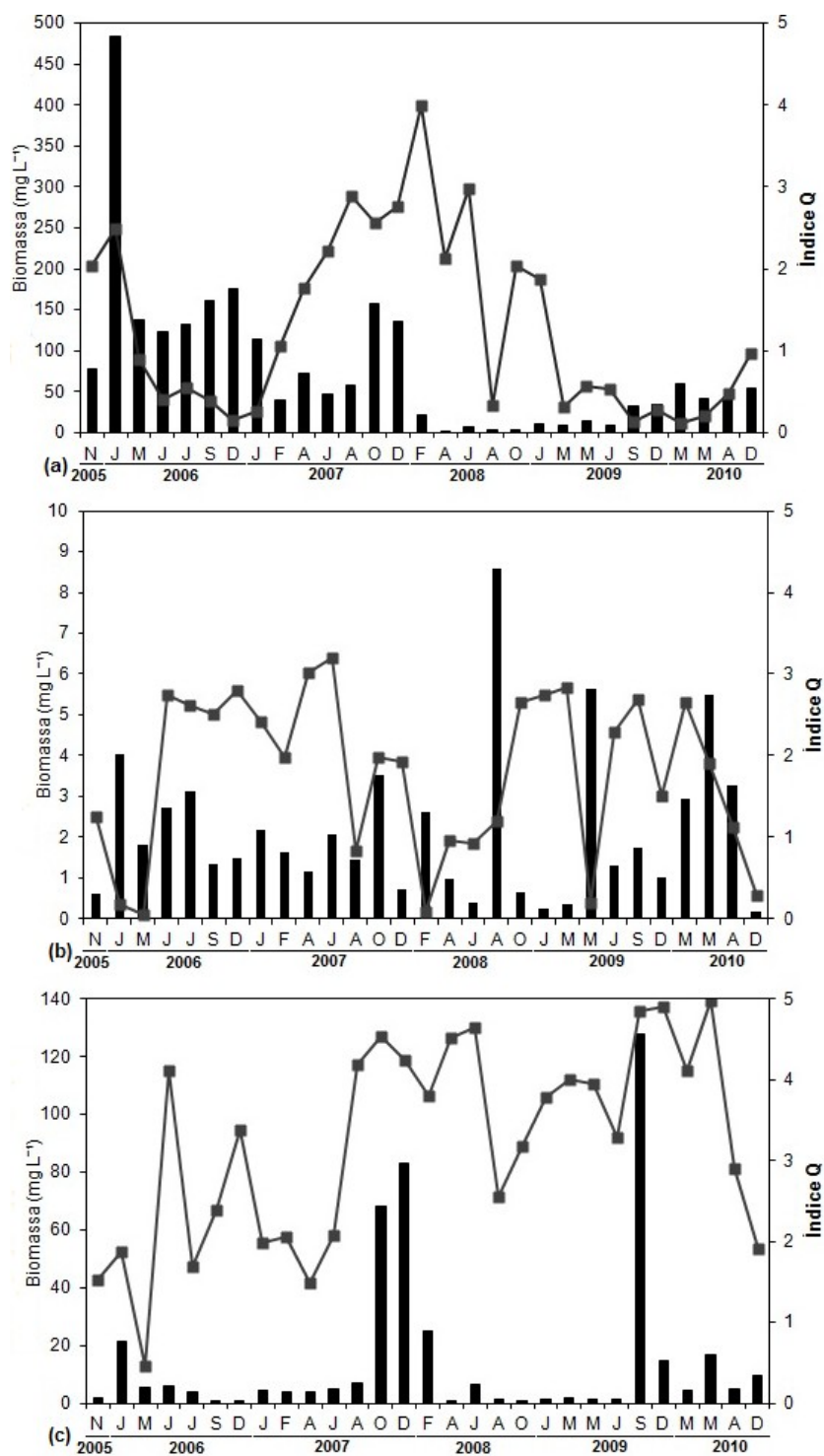


Fig. 5 Dinâmica da biomassa total e o índice Q nos ambientes estudados (açude Soledade (a) e Taperoá II (b) e lagoa Panati (c) durante o período de estudo (novembro de 2005 a dezembro de 2010)

5.5 Discussão

Os valores observados nos ambientes a partir da aplicação do Índice Q foram corroborados pelo Índice de Estado Trófico, exceto na lagoa Panati onde o índice Q apontou a qualidade da água de médio à excelente e o IET evidenciou condições meso a eutrófica. Contudo, o único peso biológico contido no IET é representado pela clorofila – a, enquanto que o índice Q, além de levar em conta biomassa algal, atribui importante peso aos grupos funcionais presentes levando em consideração a composição específica de determinado sistema (Crossetti e Bicudo, 2008).

O Índice Q considera associações fitoplanctônicas tendo por base suas preferências por determinadas combinações de características do habitat (Padisák et al., 2006). Neste sentido, o índice é muito sensível às ocorrências das espécies. Dessa forma, a má identificação induz um status ecológico errado, por outro lado, usar associações para avaliar a qualidade pode apontar a um estado ecológico real, principalmente em ecossistemas com características especiais, tais como lagos salinos ou naturalmente eutróficos com altas concentrações de fósforo. A utilização do índice Q para esses ambientes preserva as condições intocadas e a composição das algas e incorpora aspectos biogeográficos do ambiente (Becker et al. 2009). Na lagoa Panati o IET apontou o ambiente de meso a eutrófico, já o índice apontou a qualidade da água como sendo de boa a excelente na maioria dos meses. Nesse ambiente, as altas concentrações de fósforo elevaram o IET, no entanto a clorofila-a e a transparência foram geralmente típicas de ambientes mesotróficos, refletindo na composição da comunidade fitoplanctônica, representada por espécies típicas de ambientes com boa qualidade ambiental

As oscilações dos valores do índice Q no açude Soledade evidenciaram que, embora eutrófico a condição do sistema variou de tolerável a bom com uma maior contribuição de vários grupos funcionais com maior peso do fator F, tais como os grupos **D** (*Cyclotella meneghiniana*) e **F** (*Oocystis borgei*) e períodos de classificação ruim, em que o grupo funcional **S_N** domina, tendo maior destaque *Cylindrospermopsis raciborskii* apesar de pertencer ao grupo das cianobactérias heterocitadas, apresenta ecologia semelhante às filamentosas não-heterocitadas tolerantes a turbulência (Padisák & Reynolds, 1998). Este táxon é um dos mais citados nos trabalhos da região Nordeste como causadora de floração (Bouvy et al., 2003; Huszar et al., 2000; Costa et al., 2006; Dantas et al., 2008) e seu

desenvolvimento é atribuído elevada intermitência na disponibilidade de nutrientes (Bormans et al., 2005).

Para o açude Taperoá II nos meses onde houve a mudança do estado ecológico observou uma maior contribuição dos grupos funcional **D** e **MP**, sendo encontrado em ambientes de águas turvas e rasas (Padisák et al., 2009). Becker et al. (2009) no reservatório Faxinal observou em períodos de mistura a contribuição de vários grupos funcionais inclusive o grupo **D**, responsáveis pela variação do estado ecológico entre tolerável a médio.

O índice Q se baseia na contribuição da biomassa dos grupos funcionais, uma elevada biomassa aparece como uma qualidade ruim somente se os números do fator F forem baixos (Hajnal & Padisák, 2008). Como foi visto nos açudes Soledade e Taperoá II em alguns meses a biomassa não foi elevada, mas os valores do índice Q foram baixos, indicando a presença de espécies pertencentes as cianobacterias (*Microcystis aeruginosa* (M), *Cylindrospermopsis raciborskii*, *Aphanizomenon gracile* (S_N) e *Planktothrix agardhii* (S_N).

Para os autores do índice Q não há nenhuma limitação geográfica par sua aplicação, desta forma, o índice foi aplicado com êxito por Crossetti & Bicudo, 2008; Hajnal & Padisák, 2008; Becker et al., 2009, provando ser uma ferramenta promissora no monitoramento de ecossistemas. Entre os pontos fracos apontados pelos autores do índice Q é o fato de que o fator F é determinado exclusivamente pela experiência e conhecimento anterior, como também conhecer a autoecologia das espécies (Padisák et al., 2006; Crossetti e Bicudo, 2008).

O índice de grupos funcionais (Q) revela-se uma ferramenta promissora para avaliar do estado ecológico dos lagos usando o fitoplâncton como grupo indicador (Padisák et al. 2006).

Os resultados indicam que o fitoplâncton é um portador de informações importantes para a classificação biológica, a presença desta comunidade na maioria dos ambientes aquáticos pode indicar e medir os impactos antropogénicos.

5.6 Referencias

Abílio, FJP, RL LEITE, & T. Watanabe, 2000. Qualidade da água da Lagoa do Parque Sólton de Lucena, João Pessoa, Paraíba. Anais do V Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 1: 274-279

AESA (2011) Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/>. Acessado em 10 abr. 2011

Becker, V., L. Caputo, J. Ordóñez, R. Marcé, J. Armengol, LO Crossetti, LVM Huszar, 2010. Driving factors of the phytoplankton functional groups in a deep Mediterranean reservoir. *water research* 44: 3345 – 3354.

Becker, V., LVM Huszar & LO Crossetti, 2009. Responses of phytoplankton functional groups to the mixing regime in a deep subtropical reservoir. *Hydrobiologia* 628:137–151.

Borics, G., G. Várbíró, I. Grigorszky, E. Krasznai, S. Szabó & KT Kiss, 2007. A new evaluation technique of potamo-plankton for the assessment of the ecological status of rivers. *Arch Hydrobiol Suppl* 161: 465 – 486.

Bormans, M., PW Ford & L. Fabbro, 2005. Spatial and temporal variability in cyanobacterial populations controlled by physical processes. *Journal of Plankton Research*, 27: 61-70.

Bouvy, MA, SM Nascimento, RJR Molica & A Ferreira, 2003. Limnological features in Tapacurá reservoir (northeast Brazil) during a severe drought. *Hydrobiologia*, The Hague, 493: 115-130.

Carlson, RE, 1977. A trophic state index for lakes. *Limnol. Oceanogr.* 22: 361–369.

Costa, IAS, SMFO Azevedo, PAC Senna, RR Bernardo, SM Costa & NT Chellappa, 2006. Occurrence of toxin producing cyanobacteria blooms in a Brazilian semiarid reservoir. *Brazilian Journal of Biology*, São Carlos, 66: 211-219.

Crossetti, LO & CEM Bicudo, 2008. Phytoplankton as a monitoring tool in a tropical urban shallow reservoir (Garças Pond): the assemblage index application. *Hydrobiologia* 610:161–173.

Dantas, EW, AN Moura, MC Bittencourt-Oliveira, JDT Arruda Neto & ADC Cavalcanti, 2008. Temporal variation of the phytoplankton community at short sampling intervals in the Mundaú reservoir, Northeastern Brazil. *Acta bot. bras.* 22: 970-982.

Directive, 2000. Directive 2000/60/EC of the European parliament and of the council of 23 October 2000 establishing a framework for community action in the field of water policy. *Off. J. Eur. Communities L* 327: 1- 72.

Freitas GT & MC Crispim, 2005. Seasonal effects on zooplanktonic community in a temporary lagoon of Northeast Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia* 17:385-393.

Hajnal, E & J. Padisák, 2008. Analysis of long-term ecological status of Lake Balaton based on the ALMOBAL phytoplankton database. *Hydrobiologia* 599: 227–237.

Huszar, VLM, LHS Silva, M. Marinho, P. Domingos & CL Sant'Anna, 2000. Cyanoprokaryote assemblages in eight productive tropical Brazilian waters. *Hydrobiologia*, The Hague, 424: 67-77.

Lund J., C. Kipling & E. Le Cren, 1958. The inverted microscope method of estimating algal numbers and the statistical basis of estimations by counting. *Hydrobiologia* 11: 143-170.

Padisák J., CS Reynolds, 1998. Selection of phytoplankton associations in lake Balaton, Hungary, in response to eutrophication and restoration measures, with special reference to the cyanoprokariotes. *Hydrobiologia* 384: 41-53.

Padisák J., LO Crossetti & L Naselli-Flores, 2009. Use and misuse in the application of the phytoplankton functional classification: a critical review with updates. *Hydrobiologia* 621: 1–19.

Padisák, J., G. Borics, I. Grigorszky & E. Soróczy-Pintér, 2006. Use of phytoplankton assemblages for monitoring ecological status of lakes within the Water Framework Directive: the assemblage index. *Hydrobiologia* 553: 1-14.

Paraíba SP, 1997. Avaliação da infra-estrutura hídrica e do suporte para o sistema de gerenciamento de recursos hídricos do Estado da Paraíba. João Pessoa, SEPLAN, 144.

Pasztaleniec, A. & M. Poniewozik, 2010. Phytoplankton based assessment of the ecological status of four shallow lakes (Eastern Poland) according to Water Framework Directive – a comparison of approaches. *Limnologica* 40: 251–259.

Reynolds CS, V. Huszar, C. Kruk, L. Nasseli-Flores & S. Melo, 2002. Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. *Journal of Plankton Research* 24: 417– 428.

Souza AHFF & FJP Abílio, 2006. Zoobentos de duas lagoas intermitentes da caatinga paraibana e as influências do ciclo hidrológico. *Revista de Biologia e Ciências da Terra* 146-164.

Szilágyi, F., É. Ács, G. Borics, B. Halasi-Kovács, P. Juhász, B. Kiss, T. Kovács, Z. Müller, G. Lakatos, J. Padisák, P. Pomogyi, C. Stenger-Kovács, KÉ Szabó, E. Szalma & B. Tóthmérész, 2008. Application of water framework directive in Hungary: development of biological classification systems. *Water Science & Technology* 58.11: 2117 – 2125.

Toledo Jr., AP, N. Talarico, SJ Chinez & EG AGUDO, 1983. Aplicação de modelos simplificados para a avaliação de processo de eutrofização em lagos e reservatórios tropicais. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Camboriú, 1 – 34.

Utermohl H., 1958. Zur vervollkommer der quantitativen phytoplankton methodik. *Mitt it Verein. Theor Angew Limnol* 9: 1-38.

Wetzel RG & GE Likens, 2000. *Limnological analysis*. Springer Verlag, New York.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dos três ambientes estudados o maior numero de táxons foi observado na lagoa Panati (164 sp), em relação aos valores de biomassa foram mas elevados no açude Soledade, tendo as cianobacterias presente em todos os meses analisados,

destacando as espécies *Microcystis aeruginosa* e *Cylindrospermopsis raciborskii*, contribuindo para a deterioração do sistema.

Os mais baixos valores de biomassa foram visto no açude Taperoá II, e os grupos funcionais variaram ao longo do estudo, em alguns momentos a casos de co-dominância de espécies pertencentes a diferentes grupos funcionais. As euglenofíceas do grupo W2 co-dominaram durante o período de maior índice de precipitação.

A lagoa Panati, ambiente natural, apresentou alta biomassa de clorofíceas coloniais, e diferentes dos demais ocorreram grupos funcionais representados por desmídias. A homogeneidade dos grupos funcionais foi visto durante o período de mistura.

De acordo com o índice Q, os açudes Soledade e Taperoá II apresentaram condições de ruim a médio, já a lagoa Panati as condições foram melhores de tolerável a excelente. O índice Q parece ser um novo passo na discussão do fitoplâncton como discriminante da avaliação a qualidade de água especialmente nos processos de monitoramento. Esta é a primeira aplicação na região semiárida brasileira.

O estudo forneceu informações, adaptações e tolerâncias para caracterizar e compreender a dinâmica dos grupos funcionais para a região semiárida. Os resultados indicam que a abordagem dos grupos constitui uma ferramenta útil para compreender a comunidade fitoplanctônica, sendo esta portadora de informações importantes para a classificação biológica e indicador das condições ambientais.

NORMAS DE SUBMISSÃO DA REVISTA AQUATIC ECOLOGY

Impact Factor: 1429 (2010)*

*Journal Citation Reports®

Manuscript Submission

Submission of a manuscript implies: that the work described has not been published before; that it is not under consideration for publication anywhere else; that its publication has been approved by all co-authors, if any, as well as by the responsible authorities – tacitly or explicitly – at the institute where the work has been carried out. The publisher will not be held legally responsible should there be any claims for compensation.

Permissions

Authors wishing to include figures, tables, or text passages that have already been published elsewhere are required to obtain permission from the copyright owner(s) for both the print and online format and to include evidence that such permission has been granted when submitting their papers. Any material received without such evidence will be assumed to originate from the authors.

Online Submission

Authors should submit their manuscripts online. Electronic submission substantially reduces the editorial processing and reviewing times and shortens overall publication times. Please follow the hyperlink “Submit online” on the right and upload all of your manuscript files following the instructions given on the screen.

Title Page

The title page should include:

- The name(s) of the author(s)
- A concise and informative title
- The affiliation(s) and address(es) of the author(s)
- The e-mail address, telephone and fax numbers of the corresponding author

Abstract

Please provide an abstract of 150 to 250 words. The abstract should not contain any undefined abbreviations or unspecified references.

Keywords

Please provide 4 to 6 keywords which can be used for indexing purposes.

Text Formatting

Manuscripts should be submitted in Word.

- Use a normal, plain font (e.g., 10-point Times Roman) for text.
- Use italics for emphasis.
- Use the automatic page numbering function to number the pages.
- Do not use field functions.
- Use tab stops or other commands for indents, not the space bar.
- Use the table function, not spreadsheets, to make tables.
- Use the equation editor or MathType for equations.
- Save your file in docx format (Word 2007 or higher) or doc format (older Word versions).
 - [Word template \(zip, 154 kB\)](#)

Manuscripts with mathematical content can also be submitted in LaTeX.

- [LaTeX macro package \(zip, 182 kB\)](#)

Headings

Please use no more than three levels of displayed headings.

Abbreviations

Abbreviations should be defined at first mention and used consistently thereafter.

Footnotes

Footnotes can be used to give additional information, which may include the citation of a reference included in the reference list. They should not consist solely of a reference citation, and they should never include the bibliographic details of a reference. They should also not contain any figures or tables.

Footnotes to the text are numbered consecutively; those to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data). Footnotes to the title or the authors of the article are not given reference symbols.

Always use footnotes instead of endnotes.

Acknowledgments

Acknowledgments of people, grants, funds, etc. should be placed in a separate section before the reference list. The names of funding organizations should be written in full.

References

Citation

Cite references in the text by name and year in parentheses. Some examples:

- Negotiation research spans many disciplines (Thompson 1990).
- This result was later contradicted by Becker and Seligman (1996).
- This effect has been widely studied (Abbott 1991; Barakat et al. 1995; Kelso and Smith 1998; Medvec et al. 1993).

Reference list

The list of references should only include works that are cited in the text and that have been published or accepted for publication. Personal communications and unpublished works should only be mentioned in the text. Do not use footnotes or endnotes as a substitute for a reference list.

Reference list entries should be alphabetized by the last names of the first author of each work.

- Journal article

Gamelin FX, Baquet G, Berthoin S, Thevenet D, Nourry C, Nottin S, Bosquet L (2009) Effect of high intensity intermittent training on heart rate variability in prepubescent children. *Eur J Appl Physiol* 105:731-738. doi: 10.1007/s00421-008-0955-8

Ideally, the names of all authors should be provided, but the usage of “et al” in long author lists will also be accepted:

Smith J, Jones M Jr, Houghton L et al (1999) Future of health insurance. *N Engl J Med* 341:325–329

- Article by DOI
Slifka MK, Whitton JL (2000) Clinical implications of dysregulated cytokine production. J Mol Med. doi:10.1007/s001090000086
- Book
South J, Blass B (2001) The future of modern genomics. Blackwell, London
- Book chapter
Brown B, Aaron M (2001) The politics of nature. In: Smith J (ed) The rise of modern genomics, 3rd edn. Wiley, New York, pp 230-257
- Online document
Cartwright J (2007) Big stars have weather too. IOP Publishing PhysicsWeb. <http://physicsweb.org/articles/news/11/6/16/1>. Accessed 26 June 2007
- Dissertation
Trent JW (1975) Experimental acute renal failure. Dissertation, University of California

Always use the standard abbreviation of a journal's name according to the ISSN List of Title Word Abbreviations, see

www.issn.org/2-22661-LTWA-online.php

For authors using EndNote, Springer provides an output style that supports the formatting of in-text citations and reference list.

- [EndNote style \(zip, 3 kB\)](#)

Tables

- All tables are to be numbered using Arabic numerals.
- Tables should always be cited in text in consecutive numerical order.
- For each table, please supply a table caption (title) explaining the components of the table.
- Identify any previously published material by giving the original source in the form of a reference at the end of the table caption.
- Footnotes to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data) and included beneath the table body.

Artwork and Illustrations Guidelines

For the best quality final product, it is highly recommended that you submit all of your artwork – photographs, line drawings, etc. – in an electronic format. Your art will then be produced to the highest standards with the greatest accuracy to detail. The published work will directly reflect the quality of the artwork provided.

Electronic Figure Submission

- Supply all figures electronically.
- Indicate what graphics program was used to create the artwork.
- For vector graphics, the preferred format is EPS; for halftones, please use TIFF format. MS Office files are also acceptable.
- Vector graphics containing fonts must have the fonts embedded in the files.
- Name your figure files with "Fig" and the figure number, e.g., Fig1.eps.

- Definition: Black and white graphic with no shading.
- Do not use faint lines and/or lettering and check that all lines and lettering within the figures are legible at final size.
- All lines should be at least 0.1 mm (0.3 pt) wide.
- Scanned line drawings and line drawings in bitmap format should have a minimum resolution of 1200 dpi.
- Vector graphics containing fonts must have the fonts embedded in the files.

Halftone Art

- Definition: Photographs, drawings, or paintings with fine shading, etc.
- If any magnification is used in the photographs, indicate this by using scale bars within the figures themselves.
- Halftones should have a minimum resolution of 300 dpi.
- Definition: a combination of halftone and line art, e.g., halftones containing line drawing, extensive lettering, color diagrams, etc.
- Combination artwork should have a minimum resolution of 600 dpi.

Color Art

- Color art is free of charge for online publication.
- If black and white will be shown in the print version, make sure that the main information will still be visible. Many colors are not distinguishable from one another when converted to black and white. A simple way to check this is to make a xerographic copy to see if the necessary distinctions between the different colors are still apparent.
- If the figures will be printed in black and white, do not refer to color in the captions.
- Color illustrations should be submitted as RGB (8 bits per channel).

Figure Lettering

- To add lettering, it is best to use Helvetica or Arial (sans serif fonts).
- Keep lettering consistently sized throughout your final-sized artwork, usually about 2–3 mm (8–12 pt).
- Variance of type size within an illustration should be minimal, e.g., do not use 8-pt type on an axis and 20-pt type for the axis label.
- Avoid effects such as shading, outline letters, etc.
- Do not include titles or captions within your illustrations.

Figure Numbering

- All figures are to be numbered using Arabic numerals.
- Figures should always be cited in text in consecutive numerical order.
- Figure parts should be denoted by lowercase letters (a, b, c, etc.).
- If an appendix appears in your article and it contains one or more figures, continue the consecutive numbering of the main text. Do not number the appendix figures, "A1, A2, A3, etc." Figures in online appendices (Electronic Supplementary Material) should, however, be numbered separately.

Figure Captions

- Each figure should have a concise caption describing accurately what the figure depicts. Include the captions in the text file of the manuscript, not in the figure file.
- Figure captions begin with the term Fig. in bold type, followed by the figure number, also in bold type.
- No punctuation is to be included after the number, nor is any punctuation to be placed at the end of the caption.
- Identify all elements found in the figure in the figure caption; and use boxes, circles, etc., as coordinate points in graphs.
- Identify previously published material by giving the original source in the form of a reference citation at the end of the figure caption.

Figure Placement and Size

- When preparing your figures, size figures to fit in the column width.
- For most journals the figures should be 39 mm, 84 mm, 129 mm, or 174 mm wide and not higher than 234 mm.
- For books and book-sized journals, the figures should be 80 mm or 122 mm wide and not higher than 198 mm.

Permissions

If you include figures that have already been published elsewhere, you must obtain permission from the copyright owner(s) for both the print and online format. Please be aware that some publishers do not grant electronic rights for free and that Springer will not be able to refund any costs that may have occurred to receive these permissions. In such cases, material from other sources should be used.

Accessibility

In order to give people of all abilities and disabilities access to the content of your figures, please make sure that

- All figures have descriptive captions (blind users could then use a text-to-speech software or a text-to-Braille hardware)
- Patterns are used instead of or in addition to colors for conveying information (color-blind users would then be able to distinguish the visual elements)
- Any figure lettering has a contrast ratio of at least 4.5:1

Electronic Supplementary Material

Springer accepts electronic multimedia files (animations, movies, audio, etc.) and other supplementary files to be published online along with an article or a book chapter. This feature can add dimension to the author's article, as certain information cannot be printed or is more convenient in electronic form.

Submission

- Supply all supplementary material in standard file formats.
- Please include in each file the following information: article title, journal name, author names; affiliation and e-mail address of the corresponding author.

- To accommodate user downloads, please keep in mind that larger-sized files may require very long download times and that some users may experience other problems during downloading.

Audio, Video, and Animations

- Always use MPEG-1 (.mpg) format.

Text and Presentations

- Submit your material in PDF format; .doc or .ppt files are not suitable for long-term viability.
- A collection of figures may also be combined in a PDF file.

Spreadsheets

- Spreadsheets should be converted to PDF if no interaction with the data is intended.
- If the readers should be encouraged to make their own calculations, spreadsheets should be submitted as .xls files (MS Excel).

Specialized Formats

- Specialized format such as .pdb (chemical), .vrl (VRML), .nb (Mathematica notebook), and .tex can also be supplied.

Collecting Multiple Files

- It is possible to collect multiple files in a .zip or .gz file.

Numbering

- If supplying any supplementary material, the text must make specific mention of the material as a citation, similar to that of figures and tables.
- Refer to the supplementary files as "Online Resource", e.g., "... as shown in the animation (Online Resource 3)", "... additional data are given in Online Resource 4".
- Name the files consecutively, e.g. "ESM_3.mpg", "ESM_4.pdf".

Captions

- For each supplementary material, please supply a concise caption describing the content of the file.

Processing of supplementary files

- Electronic supplementary material will be published as received from the author without any conversion, editing, or reformatting.

Accessibility

In order to give people of all abilities and disabilities access to the content of your supplementary files, please make sure that

- The manuscript contains a descriptive caption for each supplementary material
- Video files do not contain anything that flashes more than three times per second (so that users prone to seizures caused by such effects are not put at risk)

After acceptance

Upon acceptance of your article you will receive a link to the special Author Query Application at Springer's web page where you can sign the Copyright Transfer Statement online and indicate whether you wish to order OpenChoice, offprints, or printing of figures in color.

Once the Author Query Application has been completed, your article will be processed and you will receive the proofs.

Open Choice

In addition to the normal publication process (whereby an article is submitted to the journal and access to that article is granted to customers who have purchased a subscription), Springer provides an alternative publishing option: Springer Open Choice. A Springer Open Choice article receives all the benefits of a regular subscription-based article, but in addition is made available publicly through Springer's online platform SpringerLink.

- [Springer Open Choice](#)

Copyright transfer

Authors will be asked to transfer copyright of the article to the Publisher (or grant the Publisher exclusive publication and dissemination rights). This will ensure the widest possible protection and dissemination of information under copyright laws.

Open Choice articles do not require transfer of copyright as the copyright remains with the author. In opting for open access, the author(s) agree to publish the article under the Creative Commons Attribution License.

Offprints

Offprints can be ordered by the corresponding author.

Color illustrations

Online publication of color illustrations is free of charge. For color in the print version, authors will be expected to make a contribution towards the extra costs.

Proof reading

The purpose of the proof is to check for typesetting or conversion errors and the completeness and accuracy of the text, tables and figures. Substantial changes in content, e.g., new results, corrected values, title and authorship, are not allowed without the approval of the Editor.

After online publication, further changes can only be made in the form of an Erratum, which will be hyperlinked to the article.

Online First

The article will be published online after receipt of the corrected proofs. This is the official first publication citable with the DOI. After release of the printed version, the paper can also be cited by issue and page numbers.

NORMAS DE SUBMISSÃO DA REVISTA HYDROBIOLOGIA

Impact Factor: 1964 (2010)*

*Journal Citation Reports®

General

Hydrobiologia publishes original articles in the fields of limnology and marine science that are of interest to a broad and international audience. The scope of Hydrobiologia comprises the biology of rivers, lakes, estuaries and oceans and includes palaeolimnology and -oceanology, taxonomy, parasitology, biogeography, and all aspects of theoretical and applied aquatic ecology, management and conservation, ecotoxicology, and pollution. Purely technological, chemical and physical research, and all biochemical and physiological work that, while using aquatic biota as test-objects, is unrelated to biological problems, fall outside the journal's scope.

THERE IS NO PAGE CHARGE, provided that manuscript length, and number and size of tables and figures are reasonable (see below). Long tables, species lists, and other protocols may be put on any web site and this can be indicated in the manuscript. Purely descriptive work, whether limnological, ecological or taxonomic, can only be considered if it is firmly embedded in a larger biological framework.

Language

Manuscripts should conform to standard rules of English grammar and style. Either British or American spelling may be used, but consistently throughout the article. Conciseness in writing is a major asset as competition for space is keen.

Editorial Policy

Submitted manuscripts will first be checked for language, presentation, and style. Scientists who use English as a foreign language are strongly recommended to have their manuscript read by a native English-speaking colleague. Manuscripts which are substandard in these respects will be returned without review.

Papers which conform to journal scope and style are sent to at least 2 referees, mostly through a member of the editorial board, who will then act as coordination editor. Manuscripts returned to authors with referee reports should be revised and sent back to the editorial as soon as possible. Final decisions on acceptance or rejection are made by the editor-in-chief. Hydrobiologia endeavours to publish any paper within 6 months of acceptance. To achieve this, the number of volumes to be published per annum is readjusted periodically.

Categories of Contributions

There are four categories of contributions to Hydrobiologia:

- [1.]Primary research papers generally comprise up to 25 printed pages (including tables, figures and references) and constitute the bulk of the output of the journal. These papers MUST be organized according to the standard structure of a scientific paper: Introduction, Materials and Methods, Results, Discussion, Conclusion, Acknowledgements, References, Tables, Figure captions.
- [2.]Review papers, and Taxonomic revisions are long papers; prospective authors should consult with the editor before submitting such a long manuscript, either directly or through a member of the editorial board. Review papers may have quotations (text and illustrations) from previously published work, but authors are responsible for obtaining copyright clearance wherever this applies.

- [3.]Opinion papers reflect authors' points of view on hot topics in aquatic sciences. Such papers can present novel ideas, comments on previously published work or extended book reviews.
- Occasionally, regular volumes contain a special section devoted to topical collections of papers: for example, Salt Ecosystems Section and Aquatic Restoration Section.

Manuscript submission

Manuscript Submission

Submission of a manuscript implies: that the work described has not been published before; that it is not under consideration for publication anywhere else; that its publication has been approved by all co-authors, if any, as well as by the responsible authorities – tacitly or explicitly – at the institute where the work has been carried out. The publisher will not be held legally responsible should there be any claims for compensation.

Permissions

Authors wishing to include figures, tables, or text passages that have already been published elsewhere are required to obtain permission from the copyright owner(s) for both the print and online format and to include evidence that such permission has been granted when submitting their papers. Any material received without such evidence will be assumed to originate from the authors.

Online Submission

Authors should submit their manuscripts online. Electronic submission substantially reduces the editorial processing and reviewing times and shortens overall publication times. Please follow the hyperlink “Submit online” on the right and upload all of your manuscript files following the instructions given on the screen.

Title Page

The title page should include:

- The name(s) of the author(s)
- A concise and informative title
- The affiliation(s) and address(es) of the author(s)
- The e-mail address, telephone and fax numbers of the corresponding author

Abstract

Please provide an abstract of 150 to 250 words. The abstract should not contain any undefined abbreviations or unspecified references.

Keywords

Please provide 4 to 6 keywords which can be used for indexing purposes.

Text Formatting

Manuscripts should be submitted in Word.

Use a normal, plain font (e.g., 10-point Times Roman) for text.

Use italics for emphasis.

Use the automatic page numbering function to number the pages.

Do not use field functions.

Use tab stops or other commands for indents, not the space bar.

Use the table function, not spreadsheets, to make tables.

Use the equation editor or MathType for equations.

Save your file in docx format (Word 2007 or higher) or doc format (older Word versions).

[Word template \(zip, 154 kB\)](#)

Manuscripts with mathematical content can also be submitted in LaTeX.

- [LaTeX macro package \(zip, 182 kB\)](#)

Headings

Please use no more than three levels of displayed headings.

Abbreviations

Abbreviations should be defined at first mention and used consistently thereafter.

Footnotes

Footnotes can be used to give additional information, which may include the citation of a reference included in the reference list. They should not consist solely of a reference citation, and they should never include the bibliographic details of a reference. They should also not contain any figures or tables.

Footnotes to the text are numbered consecutively; those to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data). Footnotes to the title or the authors of the article are not given reference symbols.

Always use footnotes instead of endnotes.

Acknowledgments

Acknowledgments of people, grants, funds, etc. should be placed in a separate section before the reference list. The names of funding organizations should be written in full.

Scientific style

Authors are urged to comply with the rules of biological nomenclature, as expressed in the International Code of Zoological Nomenclature, the International Code of Botanical Nomenclature, and the International Code of Nomenclature of Bacteria. When a species name is used for the first time in an article, it should be stated in full, and the name of its describer should also be given. Descriptions of new taxa should comprise official repository of types (holotype and paratypes), author's collections as repositories of types are unacceptable.

Genus and species names should be in italics.

References

References in the text will use the name and year system: Adam & Eve (1983) or (Adam & Eve, 1983). For more than two authors, use Adam et al. (1982). References to a particular page, table or figure in any published work is made as follows: Brown (1966: 182) or Brown (1966: 182, fig. 2). Cite only published items; grey literature (abstracts, theses, reports, etc) should be avoided as much as possible. Papers

which are unpublished or in press should be cited only if formally accepted for publication.

References will follow the styles as given in the examples below, i.e. journals are NOT abbreviated (as from January 2003), only volume numbers (not issues) are given, only normal fonts are used, no bold or italic.

- Engel, S. & S. A. Nichols, 1994. Aquatic macrophytes growth in a turbid windswept lake. *Journal of Freshwater Ecology* 9: 97–109.
- Horne, D. J., A. Cohen & K. Martens, 2002. Biology, taxonomy and identification techniques. In Holmes, J. A. & A. Chivas (eds), *The Ostracoda: Applications in Quaternary Research*. American Geophysical Union, Washington DC: 6–36.
- Maitland, P. S. & R. Campbell, 1992. *Fresh Water Fishes*. Harper Collins Publishers, London.
- Tatrai, I., E. H. R. R. Lammens, A. W. Breukelaar & J. G. P. Klein Breteler, 1994. The impact of mature cyprinid fish on the composition and biomass of benthic macroinvertebrates. *Archiv für Hydrobiologie* 131: 309–320.

Tables

- All tables are to be numbered using Arabic numerals.
- Tables should always be cited in text in consecutive numerical order.
- For each table, please supply a table caption (title) explaining the components of the table.
- Identify any previously published material by giving the original source in the form of a reference at the end of the table caption.
- Footnotes to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data) and included beneath the table body.

Artwork and Illustrations Guidelines

For the best quality final product, it is highly recommended that you submit all of your artwork – photographs, line drawings, etc. – in an electronic format. Your art will then be produced to the highest standards with the greatest accuracy to detail. The published work will directly reflect the quality of the artwork provided.

Electronic Figure Submission

- Supply all figures electronically.
- Indicate what graphics program was used to create the artwork.
- For vector graphics, the preferred format is EPS; for halftones, please use TIFF format. MS Office files are also acceptable.
- Vector graphics containing fonts must have the fonts embedded in the files.
- Name your figure files with "Fig" and the figure number, e.g., Fig1.eps.
- Definition: Black and white graphic with no shading.
- Do not use faint lines and/or lettering and check that all lines and lettering within the figures are legible at final size.

- All lines should be at least 0.1 mm (0.3 pt) wide.
- Scanned line drawings and line drawings in bitmap format should have a minimum resolution of 1200 dpi.
- Vector graphics containing fonts must have the fonts embedded in the files.
- Halftone Art
 - Definition: Photographs, drawings, or paintings with fine shading, etc.
 - If any magnification is used in the photographs, indicate this by using scale bars within the figures themselves.
 - Halftones should have a minimum resolution of 300 dpi.
 - Definition: a combination of halftone and line art, e.g., halftones containing line drawing, extensive lettering, color diagrams, etc.
 - Combination artwork should have a minimum resolution of 600 dpi.
- Color Art
 - Color art is free of charge for online publication.
 - If black and white will be shown in the print version, make sure that the main information will still be visible. Many colors are not distinguishable from one another when converted to black and white. A simple way to check this is to make a xerographic copy to see if the necessary distinctions between the different colors are still apparent.
 - If the figures will be printed in black and white, do not refer to color in the captions.
 - Color illustrations should be submitted as RGB (8 bits per channel).
- Figure Lettering
 - To add lettering, it is best to use Helvetica or Arial (sans serif fonts).
 - Keep lettering consistently sized throughout your final-sized artwork, usually about 2–3 mm (8–12 pt).
 - Variance of type size within an illustration should be minimal, e.g., do not use 8-pt type on an axis and 20-pt type for the axis label.
 - Avoid effects such as shading, outline letters, etc.
 - Do not include titles or captions within your illustrations.
- Figure Numbering
 - All figures are to be numbered using Arabic numerals.
 - Figures should always be cited in text in consecutive numerical order.
 - Figure parts should be denoted by lowercase letters (a, b, c, etc.).
 - If an appendix appears in your article and it contains one or more figures, continue the consecutive numbering of the main text. Do not number the appendix figures, "A1, A2, A3, etc." Figures in online appendices (Electronic Supplementary Material) should, however, be numbered separately.
- Figure Captions
 - Each figure should have a concise caption describing accurately what the figure depicts. Include the captions in the text file of the manuscript, not in the figure file.

- Figure captions begin with the term **Fig.** in bold type, followed by the figure number, also in bold type.
- No punctuation is to be included after the number, nor is any punctuation to be placed at the end of the caption.
- Identify all elements found in the figure in the figure caption; and use boxes, circles, etc., as coordinate points in graphs.
- Identify previously published material by giving the original source in the form of a reference citation at the end of the figure caption.

Figure Placement and Size

- When preparing your figures, size figures to fit in the column width.
- For most journals the figures should be 39 mm, 84 mm, 129 mm, or 174 mm wide and not higher than 234 mm.
- For books and book-sized journals, the figures should be 80 mm or 122 mm wide and not higher than 198 mm.

Permissions

If you include figures that have already been published elsewhere, you must obtain permission from the copyright owner(s) for both the print and online format. Please be aware that some publishers do not grant electronic rights for free and that Springer will not be able to refund any costs that may have occurred to receive these permissions. In such cases, material from other sources should be used.

Accessibility

In order to give people of all abilities and disabilities access to the content of your figures, please make sure that

- All figures have descriptive captions (blind users could then use a text-to-speech software or a text-to-Braille hardware)
- Patterns are used instead of or in addition to colors for conveying information (color-blind users would then be able to distinguish the visual elements)
- Any figure lettering has a contrast ratio of at least 4.5:1

Electronic Supplementary Material

- Springer accepts electronic multimedia files (animations, movies, audio, etc.) and other supplementary files to be published online along with an article or a book chapter. This feature can add dimension to the author's article, as certain information cannot be printed or is more convenient in electronic form.

Submission

- Supply all supplementary material in standard file formats.
- Please include in each file the following information: article title, journal name, author names; affiliation and e-mail address of the corresponding author.
- To accommodate user downloads, please keep in mind that larger-sized files may require very long download times and that some users may experience other problems during downloading.

Audio, Video, and Animations

- Always use MPEG-1 (.mpg) format.

Text and Presentations

- Submit your material in PDF format; .doc or .ppt files are not suitable for long-term viability.
- A collection of figures may also be combined in a PDF file.

Spreadsheets

- Spreadsheets should be converted to PDF if no interaction with the data is intended.
- If the readers should be encouraged to make their own calculations, spreadsheets should be submitted as .xls files (MS Excel).

Specialized Formats

- Specialized format such as .pdb (chemical), .vrl (VRML), .nb (Mathematica notebook), and .tex can also be supplied.

Collecting Multiple Files

- It is possible to collect multiple files in a .zip or .gz file.

Numbering

- If supplying any supplementary material, the text must make specific mention of the material as a citation, similar to that of figures and tables.
- Refer to the supplementary files as "Online Resource", e.g., "... as shown in the animation (Online Resource 3)", "... additional data are given in Online Resource 4".
- Name the files consecutively, e.g. "ESM_3.mpg", "ESM_4.pdf".

Captions

- For each supplementary material, please supply a concise caption describing the content of the file.

Processing of supplementary files

- Electronic supplementary material will be published as received from the author without any conversion, editing, or reformatting.

Accessibility

In order to give people of all abilities and disabilities access to the content of your supplementary files, please make sure that

- The manuscript contains a descriptive caption for each supplementary material
- Video files do not contain anything that flashes more than three times per second (so that users prone to seizures caused by such effects are not put at risk)

After acceptance

Upon acceptance of your article you will receive a link to the special Author Query Application at Springer's web page where you can sign the Copyright Transfer Statement online and indicate whether you wish to order OpenChoice, offprints, or printing of figures in color.

Once the Author Query Application has been completed, your article will be processed and you will receive the proofs.

Open Choice

In addition to the normal publication process (whereby an article is submitted to the journal and access to that article is granted to customers who have purchased a subscription), Springer provides an alternative publishing option: Springer Open Choice. A Springer Open Choice article receives all the benefits of a regular subscription-based article, but in addition is made available publicly through Springer's online platform SpringerLink.

- Springer Open Choice

Copyright transfer

Authors will be asked to transfer copyright of the article to the Publisher (or grant the Publisher exclusive publication and dissemination rights). This will ensure the widest possible protection and dissemination of information under copyright laws.

Open Choice articles do not require transfer of copyright as the copyright remains with the author. In opting for open access, the author(s) agree to publish the article under the Creative Commons Attribution License.

Offprints

Offprints can be ordered by the corresponding author.

Color illustrations

Online publication of color illustrations is free of charge. For color in the print version, authors will be expected to make a contribution towards the extra costs.

Proof reading

The purpose of the proof is to check for typesetting or conversion errors and the completeness and accuracy of the text, tables and figures. Substantial changes in content, e.g., new results, corrected values, title and authorship, are not allowed without the approval of the Editor.

After online publication, further changes can only be made in the form of an Erratum, which will be hyperlinked to the article.

Online First

The article will be published online after receipt of the corrected proofs. This is the official first publication citable with the DOI. After release of the printed version, the paper can also be cited by issue and page numbers.