



GRUPOS FUNCIONAIS DA COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA DE TRÊS ECOSISTEMAS AQUÁTICOS DO TRÓPICO SEMI - ÁRIDO, BRASIL

Araujo, Gabrielle J. M. ¹

Barbosa, José E. L. ¹

¹ Laboratório de Ecologia Aquática (LEAq) -Universidade Estadual da Paraíba, Depto. de Biologia, Campus I. Av. das Baraúnas, 351, Bodocongó, Campina Grande - PB. 58100 - 001
limnologa@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

Metodologias e tecnologias para utilização de comunidades bióticas na indicação biológica da qualidade da água vêm evoluindo juntamente com o aumento da compreensão dos pesquisadores sobre as relações entre a qualidade da água e as variações destas comunidades (Hill *et al.*, 2000). Entre as propriedades das comunidades fitoplanctônicas que as tornam excelentes bioindicadores ambientais enfoca-se o curto tempo de geração dos seus componentes, sua distribuição constante, e, principalmente, a existência de grande número de espécies sensíveis e tolerantes as alterações do meio (Branco, 1986). Mesmo assim, ainda é pouco freqüente a utilização de comunidades algais no monitoramento de ecossistemas aquáticos pelas agências públicas do Brasil (Wetzler *et al.*, 2002).

Segundo Moura *et al.*, (2007) vários estudos recentes têm correlacionado a composição do fitoplâncton com fatores ambientais em uma tentativa de propor modelos e padrões para lagos e reservatórios sob distintos estados tróficos. Este avanço foi motivado por uma pressuposição trabalhada por Hutchinson (1961), que o comportamento da comunidade fitoplanctônica ocorre em variância com o Princípio de Exclusão Competitiva. Esta hipótese é conhecida como o Paradoxo do Plâncton (Hutchinson, 1961) e foi revisada por Reynolds (1988), que propôs um modelo para comunidade fitoplanctônica baseado em estratégias de sobrevivência C, R e S, e não simplesmente no modelo r - K de MacArthur & Wilson (1967).

Mais tarde um novo modelo foi proposto por Reynolds (1997) e atualizado por Reynolds *et al.*, (2002), no qual as espécies do fitoplâncton foram agrupadas em 31 grupos funcionais, denominados por códigos alfanuméricos, baseando-se em suas estratégias de sobrevivência, tolerâncias e sensibilidades (Alves - De - Souza *et al.*, 2006).

Vários estudos comprovam que grupos funcionais do fitoplâncton são mais eficientes na bioindicação ambiental do que agrupamentos filogenéticos (Huszar & Caraco, 1998). Contudo, o trabalho de Reynolds foi concluído embasado

em dados obtidos em sua maioria de ecossistemas aquáticos temperados. Havendo necessidade de revisões que atestem a aplicabilidade da classificação funcional do fitoplâncton em ecossistemas aquáticos tropicais, e particularmente em regiões áridas e semi - áridas, devido a grande divergência climática em relação às regiões temperadas onde se concentraram tais estudos.

OBJETIVOS

Analisar a eficiência da classificação funcional do fitoplâncton na determinação do estado trófico de ecossistemas aquáticos do trópico semi - árido.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de Estudo

A Sub - Bacia do Rio Taperoá situa - se na parte central do Estado da Paraíba, na microrregião homogênea dos Cariris Velhos, drenando uma área aproximada de 7.316 Km². O solo da bacia 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 da ordem de 300 mm/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^oC, com estação seca muito prolongada, superior a 8 meses (PARAÍBA, 1997).

As amostragens foram realizadas com freqüência bimensal, entre o período de novembro/2005 e junho/2007, em 5 pontos de coleta, um na zona litorânea (na sub - superfície) e 4 na zona limnética (a 100%, 50%, 1% de penetração luminosa e na profundidade máxima). Os ecossistemas aquáticos avaliados foram os açudes Namorados (07^o 23' S e 36^o 31' W), Taperoá II (07^o 12' S e 36^o 51' W) e Soledade (7^o 2' S e 36^o 22' W).

Parâmetros Ambientais

A temperatura da água, transparência, pH e condutividade elétrica foram determinados em campo utilizando termômetro, disco de Secchi, medidor de pH e condutivímetro digital portátil, respectivamente. O oxigênio dissolvido foi determinado através do método de Winkler descrito em Golterman *et al.*, (1978). Os dados de nutrientes das séries nitrogenada (amônia, nitrito e nitrato) e fosfatada (ortofosfato e fósforo total) foram obtidos do Laboratório de Ecologia Aquática (LEAq) da Universidade Estadual da Paraíba, os quais foram determinados seguindo - se a metodologia descrita em Standard Methods (APHA, 1995). Para o cálculo do IET foi utilizado o índice de Carlson (1977), modificado para ambientes tropicais por Toledo Jr. *et al.*, (1983).

Parâmetros Biológicos

Para o estudo qualitativo da comunidade fitoplanctônica, as amostras foram coletadas com rede de plâncton e preservadas com formol a 4%. A identificação dos organismos foi feita utilizando - se um microscópio binocular equipado com câmara clara e aparelho fotográfico. Para estimar a biomassa fitoplanctônica foram avaliados a densidade (ind.ml^{-1}) e a concentração de clorofila *a* ($\mu\text{g.ml}^{-1}$), seguindo - se o método da sedimentação de Utermöhl (1958) e utilizando - se acetona a 90% como solvente, respectivamente. Os grupos funcionais foram determinados através do sistema de classificação funcional do fitoplâncton de água doce, contido em Reynolds *et al.*, (2002), a partir das espécies com densidades iguais ou superiores a 5% da densidade total.

Tratamento Estatístico

Como análise descritiva dos dados foram calculados a média aritmética, o desvio padrão (DP) e o coeficiente de variação de Pearson (CV). Para estabelecer o nível de significância das variações espaciais e temporais foram utilizadas análises de variância de uma via (ANOVA), usando o programa estatístico InStat para Windows, versão 3,0.

RESULTADOS

Foram observados 194 táxons distribuídos em 8 classes taxonômicas da seguinte forma: Chlorophyceae (32,0%), Cyanophyceae (22,7%), Euglenophyceae (18,6%), Bacillariophyceae (13,9%), Zignemaphyceae (10,3%), Chlamydomphyceae (1,5%), Dinophyceae (0,5%) e Xantophyceae (0,5%).

Para os três ecossistemas aquáticos, as variações da biomassa fitoplanctônica (densidade total e clorofila - a) foram temporalmente significativas ($p < 0,005$), sendo caracterizadas por valores superiores nos períodos de seca e reduções decorrentes das chuvas, que tiveram efeito predominantemente diluidor. A biomassa apresentou - se distribuída de forma relativamente homogênea em toda a coluna d'água e entre as regiões litorânea e limnética dos três açudes. Por este motivo, as oscilações espaciais, diferentemente das temporais, foram não significativas para ambos os eixos, vertical e horizontal.

O açude Soledade foi caracterizado por alta densidade total fitoplanctônica (média = $64,24.10^3 \text{ ind.ml}^{-1}$; CV=54,1%) e grande representatividade da classe Cyanophyceae (média = 86,5%; CV= 16,6%). Observou - se a formação de cinco

grupos funcionais de cianobactérias (**K**, **M**, **H₁**, **S₂**, **Sn**) e um de clorófitas (**J**), os quais são indicativos de ecossistemas aquáticos eutrofizados ou com elevado nível trófico. A associação **S₂** é constituída por cianobactérias filamentosas não heterocitadas que habitam especialmente águas quentes, rasas e frequentemente muito alcalinas (Reynolds, 2000), como verificado no açude Soledade. Ao passo que as associações **H₁** e **Sn**, são representadas por formas heterocitadas da ordem Nostocales e, portanto, com habilidade para fixarem nitrogênio atmosférico, ocorrendo em ambientes eutrofizados, mas deficientes em nitrogênio. A tolerância do grupo **Sn** e **S₂** a deficiência de luz, tornaram ambos os grupos funcionais muito abundantes em 72,7% das amostragens, visto a baixa transparência da água (média = 0,3m; CV = 38,6%) em todo o período amostral. Em relação aos padrões temporais, observou - se a presença do grupo **H₁** apenas nos períodos secos e do grupo **M** nos meses chuvosos, o que se deve, respectivamente, a sensibilidade e a afinidade das referidas associações a mistura da coluna d'água. O grupo **M** foi representado pela espécie colonial *Microcystis aeruginosa*, muito relatada por formar florações em corpos aquáticos eutrofizados e por ser potencialmente produtora de cianotoxinas (Bicudo E Menezes, 2006). Enquanto o grupo **K** foi representado pela espécie também colonial *Aphanocapsa elachista*, a qual foi dominante em 54,5% das amostragens em razão dos elevados valores de pH (média = 9,00; CV= 3,8%) do ambiente em estudo. Dado que segundo Reynolds *et al.*, (2002), a associação **K** se desenvolve particularmente bem em águas com alto pH, podendo representar uma associação em transição entre **L_M** ou **M**. O grupo **J** é constituído por clorófitas cenobiais típicas de ecossistemas aquáticos eutróficos e rasos, entretanto esta associação foi verificada apenas no mês de nov/05, representada pelas espécies *Pediastrum simplex* e *Scenedesmus quadricauda*, que contribuíram com 26,4% da densidade total.

O açude Namorados, assim como o Soledade, apresentou predominância da classe Cyanophyceae (média = 58,9%; CV = 45,6%), entretanto, com densidade média de cianobactérias ($2,27.10^3 \text{ ind.ml}^{-1}$; CV=89,9%) e densidade total ($3,38.10^3 \text{ ind.ml}^{-1}$; CV=61,7%) muito inferior às de Soledade. Foram identificados 8 grupos funcionais ao longo do estudo, sendo 3 deles formados por cianobactérias (**K**, **Z** e **Lo**), 2 por clorófitas (**F** e **J**), 2 por euglenófitas (**W₁** e **W₂**) e 1 por diatomáceas (**B**). A grande maioria destes grupos é típica de ecossistemas aquáticos mesotróficos. As únicas exceções foram as associações **Z** e **J** que indicam condições oligotróficas e eutróficas, respectivamente. O grupo funcional **K**, igualmente representado pela espécie *Aphanocapsa elachista*, foi muito abundante em todo o período amostral, provavelmente também em razão do pH alcalino (média= 7,6; CV= 6,7%) das águas do açude Namorados. A associação **Lo** foi representativa até set/06, a partir de então foi substituída pela associação **Z**, a qual chegou a dominar a comunidade fitoplanctônica em dez/06 (85,7%) e jan/07 (70,2%). Vale salientar que as três associações acima mencionadas são compostas por células procariontes coloniais pequenas, refletindo a grande adaptação das C - estrategistas às condições ambientais do açude Namorados, principalmente nos meses de estiagem.

Fato comprovado pela correlação negativa entre a soma da abundância dos três grupos de cianobactérias e as taxas de precipitação pluviométrica ($r = -0,34$).

Apesar de ter sido identificado com baixa abundância relativa em nov/05 e em todas as amostragens do segundo período chuvoso, o grupo funcional **F** apresentou grande representatividade na comunidade fitoplanctônica apenas no mês de jul/06, quando a espécie *Dictyosphaerium pulchellum* contribuiu com 49,3% da densidade total. A predominância de *D. pulchellum* foi relacionada ao grande aumento na transparência da água no referido mês, que se elevou de 0,2m para 1,3m, dado que a associação **F** tem afinidade ambiental por epilimnio claro (Reynolds *et al.*, 2002).

Uma grande redução na densidade das cianobactérias nos meses chuvosos de 2006 e 2007, e, concomitante aumento na densidade das euglenófitas, caracterizou - se como principal diferença sazonal do açude Namorados em relação à estrutura da comunidade fitoplanctônica. Neste contexto, os grupos funcionais de euglenófitas (**W₁** e **W₂**) restringiram - se aos meses chuvosos, apresentando correlação direta com as taxas de precipitação ($r=0,51$). A predominância da classe Euglenophyceae nos meses chuvosos decorreu do carregamento de matéria orgânica alóctone para o açude, trazida pelas chuvas. Visto que a mesma apresenta um alto grau de heterotrofia, tendo afinidade por águas ricas em matéria orgânica (Esteves, 1998).

Diferentemente dos anteriores, no açude Taperoá II a classe mais importante foi a Bacillaryophyceae (média=57,4%; CV = 47,9%), apresentando a densidade total da comunidade fitoplanctônica muito reduzida em todo período amostral ($0,80.10^3 \text{ ind.ml}^{-1}$; CV=92,3%). Nove grupos funcionais foram observados ao longo dos dois anos de amostragem, sendo cinco deles de cianobactérias (**K**, **H₁**, **S₁**, **S₂** e **Sn**), dois de diatomáceas (**P** e **B**), um de clorófitas (**X₁**) e um de euglenófitas (**W₂**). O grupo **P** (média = 50,6%; CV= 51,0%), que incluiu as espécies *Aulacoseira granulata*, *A. itálica*, *Melosira sulcata* e *Fragilaria capucina*, foi o que demonstrou mais adaptação as características do açude Taperoá II. Sendo o de maior abundância em 81,8% das amostragens. Exceção feita apenas para os meses de janeiro e março de 2006, quando ocorreu florescimento de cianobactérias filamentosas das associações **H₁**, **S₁**, **S₂** e **Sn**, as quais, de modo geral, têm afinidade ambiental por águas misturadas, turbidas e rasas. De acordo com Reynolds *et al.*, (2002), o grupo funcional **P** tem forte dependência da mistura física da coluna d'água, requerendo uma contínua ou semi - contínua mistura na camada de 2 - 3 metros de profundidade, sendo bem representado em lagos rasos e tendendo a estarem presentes em águas mais eutróficas, normalmente associados a desmidiáceas. E neste caso a forte presença da associação **P** no açude Taperoá II vai em parte de encontro às afinidades ambientais indicadas em Reynolds *et al.*, (2002), visto que o açude apresentou - se de oligo a mesotrófico e com abundância relativa muito baixa de desmidiáceas ao longo do estudo (média= 0,2%; CV=211,8%). Segundo a classificação funcional do fitoplâncton de água doce, o grupo funcional **P** ainda precisa ser investigado em detalhes, o que justifica o não enquadramento do mesmo nas condições ambientais propostas. Os

grupos **B** e **W₂** possuem em comum afinidade por águas mesotróficas rasas, condizendo com as condições ambientais do açude Taperoá II. Ao passo que o grupo **X₁** tem preferência por águas mais enriquecidas, assim como o grupo **P**. A presença da associação **K** ocorreu a partir da amostragem de dez/06, sendo igualmente associada aos elevados valores de pH (média=8,7; CV=3,7%).

CONCLUSÃO

Mediante o exposto acima, conclui - se que os grupos funcionais foram eficientes na classificação do nível trófico dos açudes Soledade e Namorados, respondendo satisfatoriamente às condições ambientais observadas ao longo do estudo. Entretanto, não foi eficaz na determinação trófica do açude Taperoá II, dada a predominância do grupo funcional **P**.

(Os autores agradecem ao programa Pesquisas Ecológicas de Longa Duração com sítio na Caatinga (PELD - CAATINGA) por financiar o projeto e ao Deutscher Akademischer Austausch Dienst (DAAD) pela bolsa de mestrado concedida a Gabrielle Araujo.)

REFERÊNCIAS

- Alves - de - Souza, C., Mariângela, M., Huszar, V. Phytoplankton composition and functional groups in a tropical humid coastal lagoon, Brazil. *Acta bot. bras.*, 20(3):701 - 708, 2006.
- American Public Health Association (APHA). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 19 ed. DC, Washington, 1995, 1155p.
- Branco, S.M.. *Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária*. CETESB/ASCETESB, São Paulo, 1986.
- Bicudo, C.E.M.; Menezes, M. *Gêneros de Algas de águas continentais do Brasil*. RiMa, São Carlos, 2006.
- Carlson, R. E. A trophic state index for lakes. *Limnol. Oceanogr.*, 22: 361 - 80, 1977.
- Esteves, F.A. *Fundamentos de limnologia*. Interiência/FINEP, Rio de Janeiro, 1998, 575 p.
- Hill, B.H., Herlihy, A.T., Kaufmann, P.R., Stevenson, R.J., McCormick, F.H., Johnson, B. Use of periphyton assemblage data as an index of biotic integrity. *Journal of the North American Benthological Society*, 19 (1): 50-67, 2000.
- Golterman, H.L., Clyno, R.S., Ohnstad, M.A.A. *Methods for physical and chemical analysis of fresh waters*. IBP HANBOOK, ed. Melbourne, Oxford London, 1978. 215p.
- Huszar, V.L.M., Caraco, N. 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, 1998.
- Hutchinson, G.E. The paradox of plankton. *American Naturalist*, 95: 137 - 145, 1961.
- MacArthur, R.H., Wilson, E.O. *The theory of Island Biogeography*. Princeton University Press: Princeton, 1967.
- Moura, A.N., Bittencourt - Oliveira, M.C.; Dantas, E.W., Arruda - Neto, J.D.T. Phytoplanktonic associations: a tool

- to understanding dominance events in a tropical Brazilian reservoir. *Acta bot. Brás.* 21(3): 641 - 648, 2007.
- PARAÍBA, Secretaria de Planejamento. *Avaliação da infra-estrutura hídrica e do suporte para o sistema de gerenciamento de recursos hídricos do Estado da Paraíba*. SEPLAN, João Pessoa, 1997, 144p.
- Reynolds, C. S., Huszar, V., Kruk, C., Naselli - Flores, L., Melo, S. Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. *Journal of Plankton Research*, 24: 417 - 428, 2002.
- Reynolds, C.S. Phytoplankton designer - or how to predict compositional responses to trophic - state change. *Hydrobiologia*, 424: 67 - 77, 2000.
- Reynolds, C.S. *Vegetation processes in the pelagic: a model for ecosystem theory*. Ecology Institute, Germany, 1997.
- Reynolds, C.S. Functional morphology and the adaptive strategies of freshwater phytoplankton. In: Sandgren, C.D. (ed.). *Growth and reproductive strategies of freshwater phytoplankton*. Cambridge University Press, Cambridge, 1988, p. 388 - 433.
- Toledo Jr., A.P., Talarico, M., Chinez, S.J., Agudo, E.G. A aplicação de modelos simplificados para a avaliação de processos de eutrofização em lagos e reservatórios tropicais. Anais do 12^o Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Camboriú, SC, 1983. p.1 - 34.
- Utermohl, H. Zur vervollkommer der quantitativen phytoplankton methodik. *Mitt it Verein. Theor. Angew. Limnol*, 9: 1 - 38, 1958.
- Wetzel, C. E., Lobo, E. A., Oliveira, M. A., Bes, D., Hermany, G. Diatomáceas epilíticas relacionadas a fatores ambientais em diferentes trechos dos rios Pardo e Pardinho, bacia hidrográfica do rio Pardo, RS, Brasil: resultados preliminares. *Caderno de Pesquisa Sér. Bio.*, 14 (2): 17 - 38, 2002.