



Sazonalidade e variação espacial do índice de estado trófico do açude Orós, Ceará, Brasil

Seasonal and spatial variation of the trophic state index of the Orós reservoir, Ceará, Brazil

Adriana Alves Batista*¹, Ana Célia Maia Meireles², Eunice Maia de Andrade³,
Naiara Sâmia de Caldas Izidio⁴, Fernando Bezerra Lopes⁵

Resumo - Objetivou-se com o presente trabalho avaliar a qualidade das águas do açude Orós, estudando os atributos físico-químicos e biológicos quanto à sua contribuição para com o processo de eutrofização, bem como identificar o nível trófico das águas usando o Índice de Estado Trófico Médio (IET-M). As coletas foram realizadas em sete pontos de amostragem em caráter bimestral durante o período de jun/2008 a abr/2010, com total de 11 coletas, sendo seis foram correspondentes ao período chuvoso e cinco ao período de estiagem. As variáveis analisadas foram: transparência da água, concentrações de fósforo total e clorofila "a". De acordo com os resultados concluiu-se que a presença de sedimentos carregados pelo escoamento superficial foi determinante para a redução da transparência da água, o que classificou o reservatório em hipereutrófico nos dois períodos avaliados. Os pontos P1 e P6 são os mais críticos no reservatório, no período seco, quanto aos teores de fósforo, sendo suas águas classificadas em supereutróficas. As maiores transparências contribuíram para aumento na concentração de clorofila "a" no período chuvoso e, no período de estiagem os menores valores de clorofila "a" coincidiram com a menor transparência da água. O Índice de Estado Trófico Médio das águas do reservatório foi classificado em mesotrófico, para o período das chuvas e em eutrófico, no período de estiagem.

Palavras-chave - Qualidade de água. Nutriente. Eutrofização.

Abstract - The aim of this work was to evaluate the water quality of the Orós reservoir. It was studied the physico-chemical and biological relation to identify their contribution to the process of eutrophication as well as the trophic level of water using the Trophic State Index Medium (TSI-M). Water samples were collected at seven sample station every two months from Jun/2008 to Apr/2010. We took six water samples during the rainfall season and five in dry season, totalizing 11 water samples. We analyzed the transparency of the water, concentrations of total phosphorus and chlorophyll "a". Results showed that the presence of sediments carried by runoff reduced the water transparency and the reservoir was classified as hypereutrophic for both seasons. In relation to the phosphorus concentration, the P1 and P6 are the most critical points in the reservoir during the dry season and its waters classified super-eutrophic. The greater transparency increased the concentration of chlorophyll "a" in the rainfall season. In the dry season the lowest values of chlorophyll "a" and water transparency occurred at the same time. The Average Trophic State Index classified the waters as a trophic level of intermediate (mesotrophic) for rainfall season, while in the dry season the level trophic was classified as eutrophic.

Key words - Water quality. Nutrient. Eutrophication.

*Autor para correspondência.

Enviado para publicação em 02/05/2013 e aprovado em 03/04/2014.

¹Tecnóloga em Irrigação e Drenagem, Mestre em Irrigação e Drenagem, adriana_tid@hotmail.com

²Eng^a. Agrônoma, Dra, Sc, Depto.de Engenharia Agrícola, CCA/UFC, Fortaleza-CE, ameireles2003@yahoo.com.br

³Eng^a. Agrônoma, PhD. Profa. Depto.de Engenharia Agrícola, CCA/UFC, Fortaleza-CE, eandrade@ufc.br

⁴Tecnóloga em Irrigação e Drenagem, Mestre em Irrigação e Drenagem, naiaraizidio@hotmail.com

⁵Eng^a. Agrônomo, Dr, Sc, Depto.de Engenharia Agrícola, CCA/UFC, Fortaleza-CE, lopesfb@yahoo.com.br

Introdução

A água dentre os recursos naturais é o mais importante, pois ela é um bem essencial para a sobrevivência de todas as espécies do planeta, sendo também o recurso natural que mais enfrenta problemas em termos de qualidade e quantidade.

As alterações na qualidade da água de um corpo d'água podem ser determinadas pelas suas características físicas, químicas e biológicas, tendo em vista a caracterização desse recurso frente aos distintos usos e identificar as causas de eventuais degradações (SANTOS *et al.*, 2011). Dentre as alterações que ocorre na qualidade das águas destaca-se o processo de eutrofização.

O processo de eutrofização pode ser definido como o aumento da fertilidade dos ambientes aquáticos provocado pela entrada excessiva de nutrientes, principalmente o fósforo total e nitrogênio nos corpos hídricos, levando ao crescimento acelerado das plantas aquáticas. A eutrofização tornou-se um problema amplamente reconhecido de deterioração da qualidade de água em reservatórios (RIBEIRO *et al.*, 2005). Esse fenômeno pode ocorrer naturalmente em escalas de meses e até milhares de anos, mas pode ser rapidamente acelerado pelo excesso de nutrientes lançados nos cursos d'água decorrentes das atividades agrícolas, mudança no uso do solo, criação de reservatórios, entre outros (SMAHA; GOBBI, 2003). De acordo com Fragozo Junior *et al.* (2007), este processo de enriquecimento produz aumento de biomassa algal, frequentemente acompanhado por florações de cianobactérias ou algas verdes; desaparecimento de macrófitas aquáticas submersas; predominância de peixes que se alimentam de bentos e plantas, e maior turbidez da água.

O Índice do Estado Trófico (IET) por sua vez tem como finalidade classificar corpos d'água em diferentes graus de trofia, de forma confiável, a partir do levantamento das concentrações do nutriente limitante e da clorofila "a" (CORDEIRO *et al.*, 2009). O IET funciona como um registro das atividades humanas nas várias bacias hidrográficas, além de oferecer subsídios para a formulação de planos de manejo e gestão de ecossistemas aquáticos, por meio de estratégias que visem à sustentabilidade dos recursos hídricos e que garantam os usos múltiplos da água, em médio e longo prazo (FIA *et al.*, 2009).

Nesse contexto, objetivou-se com o presente trabalho avaliar a qualidade das águas do açude Orós e identificar o nível trófico das águas usando o Índice de Estado Trófico Médio (IET-M).

Material e métodos

O açude Orós está compreendido na sub-bacia do Alto Jaguaribe, o seu barramento (Barragem Presidente Juscelino Kubitschek de Oliveira) fica na cidade de Orós no Estado do Ceará. A bacia hidrográfica do reservatório corresponde a aproximadamente 96 % da sub-bacia hidrográfica do Alto Jaguaribe, a qual, por sua vez, faz parte da maior bacia de drenagem do Estado do Ceará, a do rio Jaguaribe (MALVEIRA, 2009).

Dividida politicamente entre três municípios (Iguatu, Quixêlo e Orós), a bacia hidráulica do açude Orós possui 35.000 ha, possibilitando o volume máximo de armazenamento de 1,94 bilhões de metros cúbicos, sendo este reservatório o segundo maior do Estado do Ceará.

O clima da região segundo a classificação de Köppen é do tipo BSw'h', clima semiárido muito quente, com chuva anual concentrada no período do verão-outono (fevereiro-abril) e temperaturas médias anuais acima de 18 °C. O regime pluviométrico, assim como em todo o estado, caracteriza-se por alta variabilidade espacial e temporal. Os totais pluviométricos de 2008 e 2009 foram superiores a 1000 mm, já para o ano de 2010 houve um decréscimo deste valor, apresentando um total precipitado de apenas 715 mm. Os dados de precipitação das diferentes estações meteorológicas foram obtidos, junto à Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME, 2010).

Quanto ao uso e ocupação as margens do açude Orós observa-se o desenvolvimento de diversas atividades, sendo composto por criação de peixes em tanques redes e a presença de núcleos urbanos (P1- Conceição), entrada do rio Jaguaribe ao reservatório, o qual recebe grande aporte de sedimentos (P2- rio Jaguaribe), criação de animais e atividades agrícolas com destaque para o cultivo do arroz (P3- rio Faé), agricultura irrigada (P4- riacho Madeira Cortada e P5- riacho Jiqui), atividades agrícolas as margens do açude (P6- riacho Santarém) e vegetação nativa (P7- Montante da Barragem).

A bacia do Alto Jaguaribe, situado no semiárido nordestino, onde prevalece à vegetação Caatinga, passou em décadas recentes por grandes modificações em sua paisagem, marcada por alterações de caráter antrópico, principalmente pela criação extensiva de bovinos, e pelas práticas de extração madeireira, provocando alterações no cenário natural da bacia (ARRAES, 2010).

Para a realização do presente estudo foram definidos sete pontos de coletas de água, sendo que seis destes foram referentes às entradas dos principais tributários do reservatório e um a montante da barragem do açude Orós, como mostra a Figura 1. Todos os pontos de amostragem foram devidamente georreferenciados com o auxílio de GPS do modelo Garmin.

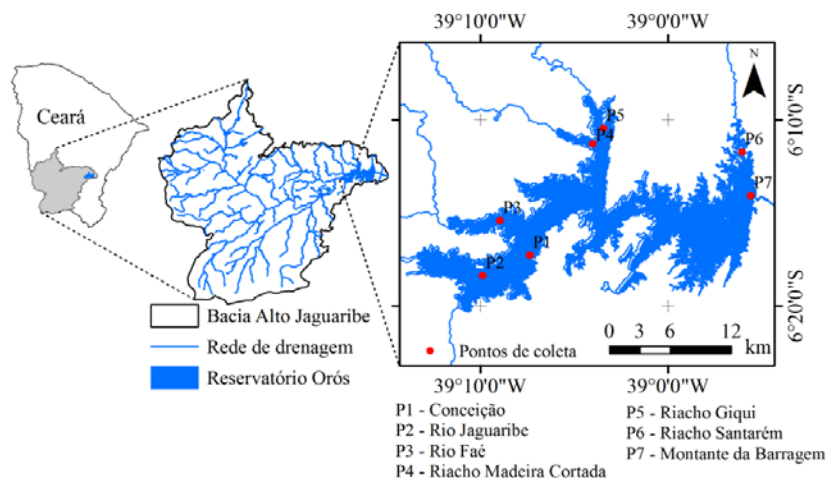


Figura 1 - Posição geográfica do açude Orós e localização dos pontos de coleta.
Fonte: Elaboração própria (2013).

As coletas foram realizadas em caráter bimestral durante o período de jun/2008 a abr/2010, com total de 11 coletas simples, sendo que seis destas coletas foram realizadas nos meses correspondentes ao período chuvoso (junho de 2008, fevereiro e maio de 2009 e janeiro, fevereiro e abril de 2010) e cinco no período de estiagem (agosto, outubro e dezembro de 2008 e agosto e outubro em 2009). O volume da amostra correspondia a 1 litro e todas as amostras foram coletadas na superfície d'água com profundidade máxima de 0,30 m, extensão limite da zona fótica.

As variáveis analisadas foram: transparência da água, concentrações de fósforo total e clorofila "a". A amostragem e os atributos avaliados seguiram a metodologia do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (2005).

Após coletadas, e devidamente acondicionadas, as amostras foram encaminhadas para análises no Laboratório Integrado de Águas de Mananciais e Reservatórios –

LIAMAR do Instituto Federal do Ceará - IFCE, Campus Fortaleza.

O estado trófico do reservatório foi quantificado através de variáveis relacionadas com o processo de eutrofização como a clorofila "a", que é usada como medida de biomassa de algas, a transparência das águas e as concentrações de nutrientes (fósforo total). A classificação do estado trófico do reservatório foi realizada utilizando o método de Carlson modificado por Toledo *et al.* (1984). A variável transparência da água (disco de sechi), fósforo total e clorofila "a" foram classificados quanto ao seu estado trófico conforme os limites recomendados na Tabela 1.

O índice de estado trófico utilizado foi o IET de Carlson (1977) modificado por Toledo *et al.* (1984). Pela sua simplicidade e objetividade, este índice tem sido um dos mais largamente usados para classificação de lagos e reservatórios (RIBEIRO, 2007). O Índice de Estado Trófico pode ser obtido através das seguintes equações:

Tabela 1 - Classificação do estado trófico para reservatórios segundo Carlson (1977) modificado por Toledo *et al.* (1984)

Categoria de estado	Transparência-S	Fósforo total-P	Clorofila "a"
Trófico	(m)	(mg L ⁻¹)	(mg L ⁻¹)
Ultraoligotrófico	$S \geq 2,4$	$P \leq 0,008$	$CI \leq 1,17$
Oligotrófico	$2,4 > S \geq 1,7$	$0,008 < P \leq 0,019$	$1,17 < CI \leq 3,24$
Mesotrófico	$1,7 > S \geq 1,1$	$0,019 < P \leq 0,052$	$3,24 < CI \leq 11,03$
Eutrófico	$1,1 > S \geq 0,8$	$0,052 < P \leq 0,120$	$11,03 < CI \leq 30,55$
Supereutrófico	$0,8 > S \geq 0,6$	$0,120 < P \leq 0,233$	$30,55 < CI \leq 69,05$
Hipereutrófico	$0,6 > S$	$0,233 < P$	$69,05 < CI$

Fonte: Toledo *et al.* (1984)

$$IET(DS) = 10 * \left(6 - \frac{0,64 + \ln DS}{\ln 2} \right) \quad \text{Equação (1)}$$

$$IET(P) = 10 * \left(6 - \frac{\ln \frac{80,32}{P}}{\ln 2} \right) \quad \text{Equação (2)}$$

$$IET(CL) = 10 * \left(6 - \frac{2,04 - 0,695 \ln CL}{\ln 2} \right) \quad \text{Equação (3)}$$

Onde:

DS- Profundidade do disco de Secchi (m)

P- Concentração de fósforo total (mg m³)

CL- Concentração de clorofila “a” (mg m³)

O IET de Carlson (1977) modificado por Toledo *et al.* (1984) pode ser obtido separadamente ou através do IET-Médio usando esses três parâmetros como mostra a equação abaixo:

Equação (4)

$$IET - M = \frac{IET(DS) + IET(P) + IET(CL)}{3}$$

Onde:

IET-M- Índice de Estado Trófico Médio

Após calcular o Índice de Estado Trófico Médio (IET-M), as águas do reservatório foram classificadas de acordo com os limites estabelecidos por Toledo *et al.* (1984), conforme Tabela 2.

Os dados médios de cada parâmetro analisado e do Índice de Estado Trófico Médio (IET-M) dos pontos de coletas para o período chuvoso e seco foram submetidos à análise de teste t de student $p < 0,05$, através do programa R 2.15.0.

Tabela 2 - Classificação do Índice de Estado Trófico

Critério	Estado trófico
$IET \leq 24$	Ultraoligotrófico
$24 < IET \leq 44$	Oligotrófico
$44 < IET \leq 54$	Mesotrófico
$54 < IET \leq 74$	Eutrófico
$IET > 74$	Hipereutrófico

(TOLEDO *et al.*, 1984)

Resultados e discussão

Transparência (TA)

A Figura 2 apresenta os valores de transparência da água para o período chuvoso e seco, bem como o teste de médias t de student para ($p < 0,05$). Verifica-se nas Figuras 2A que os valores de transparência da água apresentaram diferenças estatísticas para $p < 0,05$. Já no período seco (Figura 2B), não houve diferença estatística entre os pontos de amostragem.

Os valores de transparência da água para o período chuvoso (Figura 2A) variaram de 0,4 a 1,4 m para os pontos P2 e P7, respectivamente. Em relação à transparência da água foi observada forte variação espacial entre os pontos de amostragem. O menor valor de transparência foi observado no P2 (0,4 m) classificando-o como hipereutrófico, segundo Carlson modificado (Toledo *et al.*, 1984). Este ponto refere-se à entrada do rio Jaguaribe no reservatório (Figura 3).

Com uma bacia hidrográfica de grande porte, e pelas condições naturais do solo e as práticas de manejo aplicadas na área, durante o período chuvoso os processos erosivos são agravados e geram a remoção de maiores quantidades de sedimentos argilosos, alterando a transparência das águas neste ponto do reservatório. Este fato contribuiu para a redução da zona eufótica das águas. Segundo Azevedo *et al.* (2008), a presença dos sedimentos tem grande influência na variação da zona eufótica.

Ainda de acordo com a Figura 2A, os pontos P1 e P3 foram classificados supereutrófico assim como o P2, os pontos P1 e P3 correspondem as principais entradas de água da parte alta da bacia hidráulica do reservatório. Os maiores valores de transparências foram observados nos pontos P4, P5, P6 e P7 com valores de respectivamente 1,2; 1,1; 1,3 e 1,4 m, estando classificados como mesotrófico.

Pela Figura 2B, verifica-se que os valores de transparência da água durante o período seco variaram de 0,52 (no P5) a 1,05 m (no P6) classificando-os como hipereutrófico e eutrófico, respectivamente. As menores transparências observadas durante este período ocorreram nos pontos P2, P4 e P5 com valores de, respectivamente, 0,56; 0,53 e 0,52 m, sendo classificados como hipereutrófico, de acordo com Toledo *et al.* (1984). Os pontos P1 (0,78 m) e P3 (0,73 m) foram classificados supereutrófico, isso ocorre em virtude da contribuição de seus afluentes mesmo no período de estiagem.

Fósforo total (PT)

As concentrações médias do fósforo total para as águas superficiais do açude Orós (Figura 4), não apresentaram diferenças estatística ($p < 0,05$) entre si,

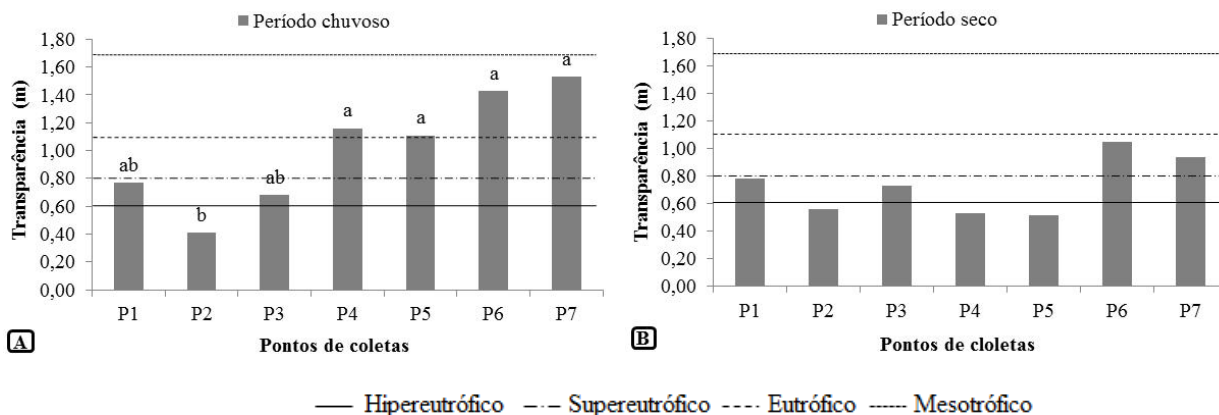


Figura 2 - Valores médios de transparência da água para período chuvoso (A) e seco (B) no açude Orós, período de jun/08 a abr/10 e níveis de eutrofização conforme Toledo *et al.* (1984).

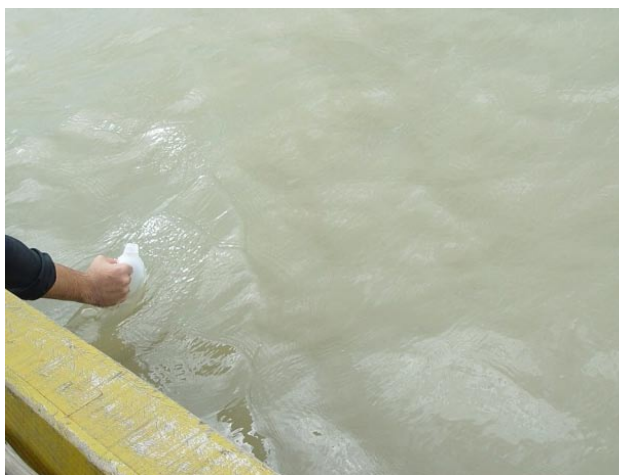


Figura 3 - Aspecto visual da água de baixa transparência no P2, açude Orós-CE. Fonte: Ana Meireles

embora tenham sido enquadradas em classes distintas. Este comportamento foi identificado no período chuvoso e seco, Figuras 4A e 4B, respectivamente.

Verifica-se na Figura 4A, que durante o período chuvoso as concentrações médias do fósforo total variaram entre $0,05 \text{ mg L}^{-1}$ (P4, P5 e P6) e $0,11 \text{ mg L}^{-1}$ (P3). Para esse período, a maioria dos pontos de coleta foram classificados como eutrófico, de acordo com os limites estabelecidos conforme Toledo *et al.* (1984) para essa classe, sendo que os maiores valores foram observados nos pontos P2 e P3. No período chuvoso pode ocorrer um maior aporte de nutrientes e sedimentos devido ao escoamento superficial das águas na bacia, que conseqüentemente resulta no incremento das concentrações de fósforo. Segundo

Chellappa *et al.* (2008), a dinâmica de nutrientes em reservatórios do semiárido é controlada, principalmente, pela variação sazonal das condições climatológicas e hidrológicas.

Os pontos P4 e P6, localizados na parte baixa do reservatório, foram os únicos que estiveram classificados como mesotrófico, sendo seu valor superior $0,019 \text{ mg L}^{-1}$.

No período seco (Figura 4B), os maiores valores de fósforo total ocorreram nos pontos P1 e P6 com $0,14$ e $0,13 \text{ mg L}^{-1}$, respectivamente, sendo assim classificados como supereutróficos, de acordo com os limites estabelecidos conforme Toledo *et al.* (1984) para essa classe. O P1 corresponde à comunidade de Conceição onde existe a limpeza do pescado e grande quantidade de descarte de resíduos na água. O P6 corresponde à entrada do riacho Santarém, que apresenta ao longo do ano a presença de macrófitas em sua superfície. Esse material remanescente nas águas, quando em decomposição, é fonte de fósforo nas águas, bem como o incremento da ração na água, devido à criação de peixes em tanques-rede na proximidade do ponto (Figura 5 A e B). Esse nível de eutrofização é preocupante uma vez que, nesse estágio, as águas do reservatório podem sofrer mudanças drásticas, comprometendo a qualidade do corpo hídrico, uma vez que a eutrofização representa aumento da concentração de nutrientes, levando ao crescimento excessivo das plantas aquáticas com conseqüente desequilíbrio do ecossistema aquático e progressiva degeneração da qualidade da água dos corpos lânticos (FIGUEIRÊDO; VIEIRA; MOTA, 2006).

Os demais pontos de coleta P2, P3, P4, P5 e P7 foram classificados como eutróficos, classe esta que apresenta enriquecimento de nutrientes ($0,052 < P \leq 0,120$

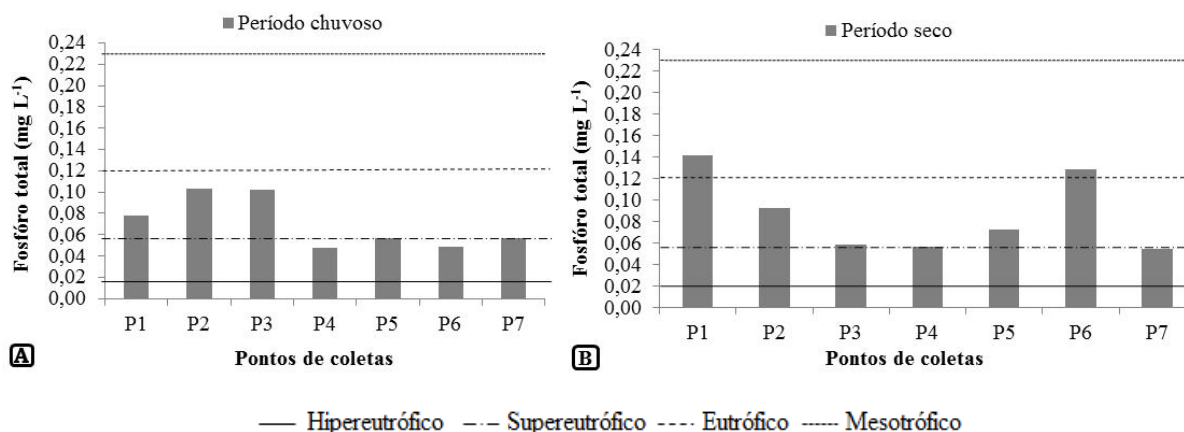


Figura 4 - Concentração média de fósforo total nas águas superficiais do açude Orós para período chuvoso (A) e seco (B), e os níveis de eutrofização estabelecidos conforme Toledo *et al.* (1984).



Figura 5 - Presença de macrófitas (A) e de tanques-redes na entrada do riacho Santarém (B), açude Orós-CE Fonte: Ana Meireles.

mg/L), contribuindo com o aumento na produção de biomassa algal. Nesse período houve um incremento nas concentrações desse nutriente em alguns pontos de coleta, sendo seus valores maiores do que no período chuvoso, discordando com os resultados obtidos por Santos *et al.* (2011) que estudando as águas do reservatório Monjolinho encontrou as maiores concentrações de fósforo total (398, 93 mg L⁻¹) no período chuvoso.

Clorofila “a”

A Figura 6 apresenta as concentrações médias de clorofila “a” para o período chuvoso e seco. Observa-se pela referida Figura que para o período chuvoso as concentrações médias de clorofila “a” não apresentaram diferença estatística pelo teste t ($p < 0,05$), enquanto que

no período seco (Figura 6B) as médias dos pontos de amostragem diferiram significativamente.

Na Figura 6A verifica-se que durante o período chuvoso as maiores concentrações de clorofila ocorreram nos pontos P4, P5, P6 e P7 com valores de 19,0; 18,7; 18,8 e 22,2 $\mu\text{g L}^{-1}$ respectivamente classificando-os como eutrófico de acordo com os limites estabelecidos por Toledo *et al.* (1984) para essa classe, que é de no mínimo 11,04 $\mu\text{g L}^{-1}$. Um fator que pode ter contribuído com essas maiores concentrações foi a alta transparência da água. A transparência varia em função da chuva e da drenagem terrestre, que reduzem a entrada de luz no ambiente aquático e aumentam a concentração de nutrientes nos sedimentos, influenciando diretamente na produção de biomassa fitoplanctônica (AZEVEDO *et al.*, 2008). Para os pontos P1, P2 e P3 foram observados os menores valores

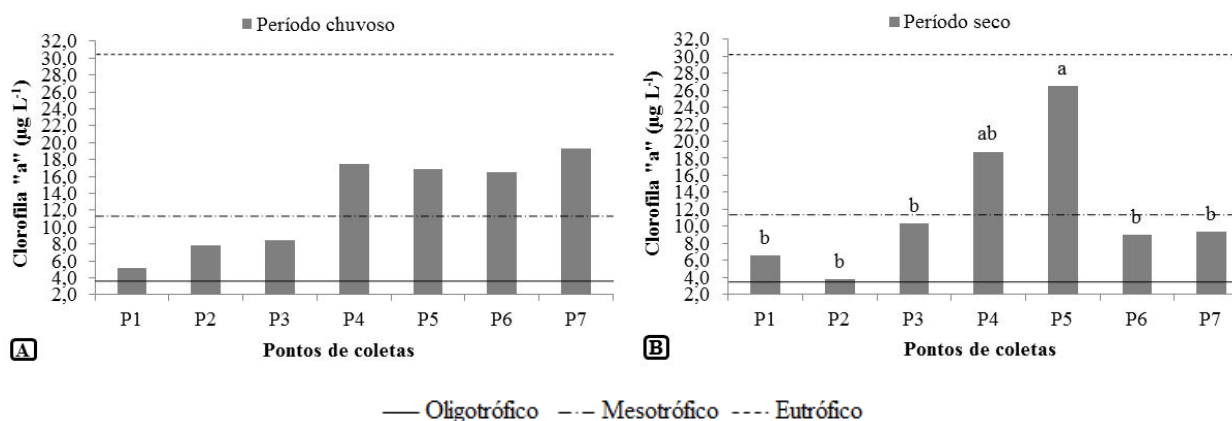


Figura 6 - Concentração média de clorofila "a" e níveis de eutrofização para: o período chuvoso (A) e seco (B) nas águas superficiais do açude Orós durante os anos de 2008 a 2010.

de clorofila "a", sendo classificados como mesotrófico. Esses pontos correspondem às principais entradas do reservatório. Nesses pontos, também foram verificadas as menores transparências da água (Figura 2A). Esse fato pode ser explicado devido à intensa presença de sedimentos durante este período que limita a luminosidade na coluna de água, causando um declínio na atividade fotossintética. Segundo Cordeiro-Araújo *et al.* (2010), em períodos de chuva, a entrada de material alóctone na bacia promove diminuição da penetração da luz (aumento da turbidez).

Pela Figura 6B, observa-se que as concentrações médias de clorofila "a" nas águas do açude Orós, no período seco, variaram entre 3,8 (P7) e 26,5 $\mu\text{g L}^{-1}$ (P5), ou seja, entre as classes mesotrófica e eutrófica, respectivamente. As maiores concentrações observadas foram nos pontos P4 e P5. Estes pontos foram classificados como eutrófico de acordo com os limites estabelecidos conforme Toledo *et al.* (1984), que é de no máximo 30,55 $\mu\text{g L}^{-1}$ para essa classe, sendo esses valores superiores aos encontrados durante o período chuvoso nestes mesmos pontos. As altas concentrações de clorofila "a" observadas nesses pontos podem estar associadas ao horário em que as coletas foram realizadas. Esses pontos foram coletados sempre por volta do meio dia e quatorze horas, horário em que a intensa radiação solar e as altas temperaturas favorecem a atividade fotossintética, o que resulta em acelerado metabolismo, causando o aumento na produção de clorofila "a". Resultados encontrados por Cunha *et al.* (2008) avaliando a densidade fitoplanctônica e estado trófico dos rios Canha e Pariquera-Açu, SP, mostraram que a variação das concentrações de clorofila "a" está vinculada a diversos fatores, tais como maior atividade biológica, normalmente, em temperaturas mais elevadas.

Ainda pela figura, observa-se que os menores valores encontrados foram nos pontos P1, P2, P3 e P7 com valores de 6,6; 3,8; 10,3; 9,0 e 7,5 $\mu\text{g L}^{-1}$, sendo classificados mesotróficos de acordo com os limites estabelecidos para essa classe. O que pode ter contribuído para os baixos valores de clorofila "a" nesses pontos são as menores transparências observadas em alguns desses pontos (Figura 2A), o que reduz a zona eufótica impedindo a entrada de luz no corpo hídrico e consequentemente limita a produção primária de clorofila "a". Fragoso Junior *et al.* (2007), simulando a eutrofização em lagos rasos no Rio Grande do Sul, observaram que durante o período de incidência da luz na água a taxa efetiva de crescimento tende a ser positiva, sugerindo uma produção de biomassa.

Índice de estado trófico médio (IET-M)

O processo de degradação dos corpos hídricos vem se tornando um problema cada vez mais frequente, o que vem despertando o interesse de vários pesquisadores. Verifica-se na Tabela 3 que os valores de IET-M para os períodos estudados não apresentaram diferença estatística para $p < 0,05$.

Na Tabela 3 observa-se o Índice de Estado Trófico médio (IET-M) de Carlson (1977) modificado por Toledo *et al.* (1984) para cada ponto de coleta, que leva em consideração profundidade do disco de Secchi, a concentração de fósforo total e a concentração de clorofila "a", para o período chuvoso e o período seco.

De acordo com a referida Tabela, os valores de IET-M nas águas do açude Orós variaram entre 52,9 e 58,4 durante o período chuvoso para os pontos estudados.

Tabela 3 - Valores de IET-M para as águas do açude Orós

Pontos	IET-M Período chuvoso	Categoria	IET-M Período Seco	Categoria
P1	53,1	Mesotrófico	54,3	Eutrófico
P2	58,4	Eutrófico	55,5	Eutrófico
P3	56,1	Eutrófico	53,7	Mesotrófico
P4	51,5	Mesotrófico	59,2	Eutrófico
P5	53,8	Mesotrófico	60,6	Eutrófico
P6	52,9	Mesotrófico	55,3	Eutrófico
P7	53,3	Mesotrófico	56,9	Eutrófico

Os maiores valores IET-M foram encontrados nos P2 e P3, estando classificado como eutrófico de acordo com os limites estabelecidos por Toledo *et al.* (1984) para essa classe. Esses resultados podem estar associados a sua localização, no caso, a afluição do rio Jaguaribe, que durante o período chuvoso é responsável pelas menores transparências (Figura 2A), devido ao maior aporte de sedimentos nas águas, o que por sua vez aumenta os valores do IET-M.

Já no P3, localizado na entrada do rio Faé, pode-se atribuir o alto IET-M nas águas do referido ponto ao uso e ocupação inadequada das áreas no entorno desse ponto, sendo possível observar a forte degradação da mata ciliar, a presença de núcleos urbanos e ainda atividades agropecuárias (Figura 7). A ação degradadora do homem sobre o meio ambiente vem se intensificando e os mananciais estão sendo alterados (ROCHA *et al.*, 2012).

De acordo com Figueiredo *et al.* (2007), a urbanização, a agropecuária e o desmatamento aumentam a carga de nutrientes nos reservatórios, contribuindo com o processo de eutrofização.



Figura 7 - Núcleo urbano e criação de gado próximo a entrada do rio Faé, açude Orós-CE. Fonte: Ana Meireles.

Os menores valores observados nesse período ocorreram nos pontos P4 (51,5) e P6 (52,9), estando classificados como mesotróficos assim como nos demais pontos de coletas. A ocorrência dos menores valores de IET-M nos demais pontos pode ser atribuída ao período chuvoso, o qual promove a diluição nas águas. Toledo *et al.* (1984), os corpos hídricos na classe mesotrófica apresenta produtividade intermediária, com possíveis implicações sobre a qualidade da água, mas em níveis aceitáveis na maioria dos casos.

No período seco os valores de IET-M nas águas do açude Orós variaram entre 53,7 (P3) e 60,6 (P5), sendo que as águas do reservatório durante a maior parte do período em estudo foi classificado como eutrófico, com os maiores valores nos pontos P4 e P5 de 59,2 e 60,6, respectivamente (Tabela 3). De acordo com Toledo *et al.* (1984), os corpos hídricos que se encontram na classe eutrófica têm alta produtividade em relação às condições naturais, de baixa transparência, em geral, afetados por atividades antrópicas, em que ocorrem alterações indesejáveis na qualidade da água e interferências nos seus múltiplos usos.

O menor valor de IET-M observado nesse período ocorreu no ponto P3 de 53,7, tendo sido classificado como mesotrófico de acordo com os limites estabelecidos por Toledo *et al.* (1984) para essa classe, que é de no máximo 54. Esse resultado deveu-se ao fato de que no período de estiagem o açude não recebeu contribuição desse afluente.

Ainda pela Tabela 3 pode-se observar que o comportamento das águas do açude Orós foi diferenciado do período de chuvas, o que pode ser explicado devido a uma maior evaporação nas águas, o que conseqüentemente causa maior concentração de nutrientes. Esse comportamento foi verificado na Figura 4, com valores de fósforo maiores no período seco.

O aumento das concentrações de fósforo durante o período de estiagem pode estar relacionado com a diminuição do volume e da profundidade do reservatório, que incrementa a eficiência da ação dos

ventos na resuspensão dos sedimentos, além do efeito de concentração do nutriente, resultante da evaporação da água no período de estiagem (FREITAS; RIGHETTO; ATTAYDE, 2011).

Conclusões

A presença de sedimentos carregados pelo escoamento superficial foi determinante para a redução da transparência da água, o que classificou o reservatório como hipereutrófico em ambos os períodos de coleta;

Os pontos P1 e P6 são os pontos mais críticos no reservatório quanto à presença de fósforo no período seco, sendo as águas nesses pontos classificadas como supereutróficas;

As maiores transparências contribuíram para o aumento na concentração de clorofila “a” no período chuvoso. No período de estiagem os menores valores de clorofila “a” coincidiram com a menor transparência da água;

As águas do reservatório apresentaram sazonalidade quanto ao estado trófico. Durante o período de estiagem as águas apresentaram um nível de trofia mais intensa como decorrência dos menores volumes armazenados.

Literatura científica citada

APHA. Standard methods for the examination of water e wastewater. 21.ed. Washington, DC, EUA: American Public Health Association (APHA), the American Water Works Association (AWWA), and the Water Environment Federation (WEF), 2005.

ARRAES, F. D. D. **Dinâmica do balanço de energia na bacia hidráulica do açude Orós e suas adjacências**. 2010. 90 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

AZEVEDO, A. C. G.; FEITOSA, F. A. N.; KOENING, M. L. Distribuição espacial e temporal da biomassa fitoplanctônica e variáveis ambientais no Golfão Maranhense, Brasil. **Acta Botânica Brasilica**, v. 22, n. 3, p. 870-877, 2008.

CARLSON, R. E. A trophic state index for lakes. **Limnology and Oceanography**, v. 22, n. 2, p. 361-369, 1977.

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**, v.68, n.3, p.477-494, 2008.

CORDEIRO, E. M. S.; ROCHA, F. N. S.; PEQUENO, M. N. C.; BUARQUE, H. L. B.; GOMES, R. B. **Avaliação comparativa dos índices de estado trófico das lagoas do Opaia e da sapiranga, Fortaleza-Ce**, IX ENCONTRO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO, IX ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, III SIMPÓSIO DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA, Fortaleza, 2009.

CORDEIRO-ARAÚJO, M. K.; FUENTES, E. V.; ARAGÃO, N. K. V.; BITTENCOURT-OLIVEIRA, M. DO C.; MOURA, A. DO N. Dinâmica fitoplanctônica relacionada às condições ambientais em reservatório de abastecimento público do semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 5, n. 4, p. 592-599. 2010.

CUNHA, D. G.; FALCO, P. B. de; CALIJURI, M. do C. Densidade fitoplanctônica e estado trófico dos rios Canha e Pariquera-Açu, bacia hidrográfica do rio Ribeira de Iguape, SP, Brasil. **Revista Ambiente e Água**, v. 3, n. 2, p. 90-105, 2008.

FIA, R.; MATOS, A. T.; CORADI, P. C.; PEREIRA-RAMIREZ, O. Estado trófico da água na bacia hidrográfica da Lagoa Mirim, RS, Brasil. **Revista Ambiente e Água**, v. 4, n.1, p. 132 - 141, 2009.

FIGUEIREDO, M. C. B.; VIEIRA, V. P. B.; MOTA, F. S. B. Avaliação do risco de eutrofização em reservatórios da bacia do Acaraú, Ceará, Brasil. **Revista Tecnológica de Fortaleza**, v. 27, n. 2, p. 179-189, 2006.

FIGUEIRÊDO, M. C. B.; TEIXEIRA, A. S.; ARAÚJO, L. F. P.; ROSA, M. F.; PAULINO, W. D.; MOTA, S.; ARAÚJO, J. C. Avaliação da vulnerabilidade ambiental de Reservatórios à eutrofização. **Revista Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 12, n. 4, p. 399-409, 2007.

FRAGOSO JUNIOR, C. R.; TUCCI, C. E. M.; COLLISCHONN, W.; MARQUES, M. D. M. L. Simulação de Eutrofização em Lagos Rasos II: Sistema do Taim (RS). **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 12, n. 4, p. 37-48, 2007.

FREITAS, F. R. S.; RIGHETTO, A. M.; ATTAYDE, J. L. Cargas de fósforo total e material em suspensão em um reservatório do semiárido brasileiro. **Oecologia Australis**, v. 15, n. 3, p. 655-665, 2011.

FUNCEME – **Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. Monitoramento hidroambiental das chuvas**. Disponível em: <<http://www.funceme.br/DIPAN/index.htm>> Acesso em 20/12/2010.

MALVEIRA, V. T. C. **Pequena açudagem e sustentabilidade hidrológica em grandes bacias semiáridas: estudo de caso da bacia do açude Orós**. 2009. 125 f. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

RIBEIRO, I. V. A. S. **Estudo do estado trófico do reservatório Acaraú do Meio mediante a determinação de indicadores de qualidade de água**. 2007. 194 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

RIBEIRO, L. H. L., BRANDIMARTE, A. L. KISHI, R.T. Formation of the Salto Caxias Reservoir (PR) – an approach of the eutrophication process. **Acta Limnologia Brasiliensia**, v. 17, n. 2, p. 155-165, 2005.

ROCHA, S. A.; LOUGON, M. S.; GARCIA, G. O.; Influência de diferentes fontes de poluição no processo de eutrofização. **Revista Verde**, v. 4, n. 4, p. 01 - 06, 2009.

SANTOS, M. G.; SANTINO, M. B. C.; JUNIOR, I. B. Alterações espaciais e temporais de variáveis limnológicas do reservatório do Monjolinho (*campus* da Ufscar). **Oecologia Australis**, v. 15, n. 3, p. 682-696, 2011.

SMAHA, N.; GOBBI, M. F. Implementação de um modelo para simular a eutrofização do reservatório Passaúna-Curitiba- PR. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 8, n. 3, p. 59-69, 2003.

TOLEDO, A. P.; AGUDO, E. G.; TOLARICO, M.; CHINEZ, S. J. A Aplicação de Modelos Simplificados para a Avaliação do Processo de Eutrofização em Lagos e Reservatórios Tropicais; XIX CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL – AIDIS, Santiago do Chile, 1984. **Anais...** Santiago do Chile, 1984.