

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA EM RESERVATÓRIO DE ABASTECIMENTO: PERSPECTIVAS SOBRE OS IMPACTOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Wilma Izabelly Ananias Gomes¹; Tatiany Liberal Dias Chaves¹; Daniely de Lucena Silva¹;
Mônica Maria Pereira da Silva²; Joseline Molozzi²

¹Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental- Universidade Estadual da Paraíba-UEPB;
emails: wilmaizabelly@homat1.com; tatianyliberal@hotmail.com; danyquimicg@gmail.com

²Departamento de Biologia; Programa de Pós-Graduação e Tecnologia Ambiental-Universidade
Estadual da Paraíba-UEPB: monicaea@terra.com; jmolozzi@gmail.com

Resumo Os rios e suas bacias hidrográficas estão entre os sistemas mais ameaçados do mundo em decorrência de atividades antrópicas e mudanças climáticas. O objetivo do trabalho foi avaliar se a diminuição do volume hídrico em decorrência da escassez de chuvas, altera a qualidade da água em um reservatório no semiárido paraibano. O estudo foi realizado no reservatório Epitácio Pessoa, localizado no município de Boqueirão-PB, durante os meses de Abril, Julho, Outubro e Dezembro de 2015. A amostragem foi realizada em três zonas do reservatório: lacustre, intermediária e riverina, em cada zona foram estabelecidos três pontos de coleta. Para avaliar diferenças entre os parâmetros físicos e químicos da água, entre zonas do reservatório e período de amostragem foram realizadas análises de significância PERMANOVA. Os resultados apontam diferenças significativas para: pH, Oxigênio dissolvido, Sólidos totais dissolvidos, Salinidade, Nitrogênio total e Fósforo total entre o período de amostragem ($p \leq 0,05$), o mesmo não foi observado entre zonas ($p \geq 0,05$). A redução no volume hídrico promoveu a homogeneização das variáveis físicas e químicas da água entre as zonas do reservatório. Os efeitos dos impactos negativos oriundos das atividades antrópicas e eventos naturais em sistemas aquáticos inseridos em regiões semiáridas, são intensos e complexos, por isso sugerimos uma maior avaliação temporal das características físicas e químicas da água e a utilização de organismos bioindicadores capazes de refletir as condições ambientais a longo prazo.

Palavras-chaves: Fósforo total, Nitrogênio total, Sistema aquático, Seca, Semiárido.

Introdução

Os rios e suas bacias hidrográficas estão entre os sistemas mais ameaçados do mundo, em decorrência de alterações da qualidade ambiental, resultante de atividades antrópicas ou eventos naturais (DODSON et al., 2005). Dentre as atividades antrópicas que exercem forte pressão sobre a qualidade ambiental dos sistemas aquáticos, destacam-se o crescimento populacional, expansão agrícola e industrial, retirada da vegetação ripária e canalização de rios (TUNDISI, 2008). Além das atividades antrópicas, as mudanças climáticas também promovem efeitos negativos sobre a qualidade das águas superficiais (TUNDISI, 2008).

A associação entre as atividades antrópicas e as mudanças climáticas, podem alterar a qualidade da água e tornar o gerenciamento desses corpos hídricos ainda mais complexos. De acordo com informações do Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática (IPCC, 2015), o aquecimento global está de fato ocorrendo, pois já é possível observar o aumento da temperatura atmosférica e dos oceanos, o derretimento das geleiras, aumento do nível do mar, e ainda é previsto o acréscimo na temperatura atmosférica entre 1 a 4°C até o ano 2100.

Os sistemas aquáticos localizados em regiões áridas e semiáridas estão frequentemente sujeitos a variações climáticas acentuadas. No Brasil aproximadamente 969.589,4 km² são classificados como semiárido, sendo considerado o mais populoso do mundo (MALTCHIK; MEDEIROS, 2006; ASA, 2014). Os sistemas aquáticos inseridos nesta região estão submetidos a eventos periódicos de estresse hídrico, decorrentes de estiagens prolongadas, chuvas irregulares, altas temperaturas e elevadas taxas de evaporação (MALTCHIK, 1999; CHELLAPPA et al., 2009).

Na região semiárida é comum a construção de reservatórios como alternativa para minimizar os efeitos decorrentes da seca, sendo considerado uma das principais formas de armazenamento de água durante períodos de escassez, além de possibilitar o desenvolvimento de atividades agrícolas e de piscicultura (CHELLAPPA et al., 2009; LIMA et al., 2012). Os usos múltiplos da água e o desenvolvimento de atividades não planejadas no entorno dos reservatórios, promove alterações nos parâmetros físicos e químicos da água (PEREIRA, 2011). Entre os diferentes fatores que podem comprometer a qualidade da água dos reservatórios, a eutrofização é um dos mais importantes. A eutrofização é um processo natural caracterizado pelo enriquecimento dos ecossistemas aquático por nutrientes (principalmente o Nitrogênio e o Fósforo), ocasionando o crescimento excessivo de macrófitas aquáticas e/ou algas. No entanto este processo vem sendo acelerado em decorrência de um conjunto de atividades antrópicas (FIGUEIRÊDO et al., 2007; TUNDISI et al., 2008). O aporte excessivo

de nutrientes é originado principalmente do desenvolvimento de atividades agropecuárias e despejo de efluentes não tratados diretamente nos sistemas aquáticos (PINTO - COELHO et al., 2005).

De acordo com Tundisi et al. (2008) a eutrofização dos sistemas aquáticos tendem a se intensificar com as mudanças climáticas, visto que o aumento da temperatura da água e da resistência térmica à circulação, promoverá um aumento na ocorrência de florações de algas potencialmente tóxicas. A eutrofização é um dos processos que afetam com maior ou menor intensidade, praticamente todos os sistemas aquáticos continentais inseridos em regiões semiáridas.

A investigação sobre a qualidade da água de reservatórios durante a redução no volume hídrico poderá contribuir para adoção de medidas eficientes e eficazes que minimizem a perda da qualidade da água em períodos de escassez de chuva, tendo em vista os efeitos que as mudanças climáticas promovem e promoverão nos sistemas aquáticos. Com isso, o objetivo do trabalho foi avaliar se a diminuição do volume hídrico em decorrência da escassez de chuvas leva a alterações na qualidade da água de um reservatório no semiárido paraibano.

Metodologia

Área de estudo

O estudo foi realizado no reservatório Epitácio Pessoa (7°29'20"S e 36°17'3"W) localizado no município de Boqueirão, Estado da Paraíba, Brasil. O clima predominante na região de acordo com a classificação de Köppen é o BSh, com estação seca atingindo um período de 9 a 10 meses e precipitação média anual em torno de 400 mm (ALVARES *et al.* 2013). O reservatório Epitácio Pessoa apresenta capacidade máxima de acumulação de 411.686.287m³ de água, (AESAs, 2016). Este reservatório foi construído com a principal finalidade para abastecimento público, sendo fonte de reserva de água para 19 municípios incluindo a cidade de Campina Grande (AESAs, 2016; CAGEPA, 2016).

Locais de amostragem, períodos de coleta e volume hídrico

A amostragem foi realizada em três zonas do reservatório: (lacustre, intermediária e riverina), e em cada uma delas foram estabelecidos três pontos de coleta por período de amostragem. As coletas foram realizadas nos meses de Abril, Julho, Outubro e Dezembro de 2015. Em Abril o reservatório apresentou 81.246.815 m³ de água (19,7% da capacidade

máxima), Julho 71.122.389 m³ de água (17,3% da capacidade máxima), Outubro 58.829.024 m³ de água (14,3% da capacidade máxima) e Dezembro 51.642.342 m³ de água (12,5% da capacidade máxima) (AESAs, 2016).

Parâmetros físicos e químicos da água

Em cada local de amostragem foram mensurados *in situ* os seguintes parâmetros: pH, Turbidez (NTU), Oxigênio dissolvido (mg/L), Salinidade e Sólidos totais dissolvidos (mg/L), utilizando sonda multi-analisadora (Horiba/ U-50). Na subsuperfície foi coletado um litro de água para estimar em laboratório as concentrações de Nitrogênio total (NT µg/L) e Fósforo total (PT µg/L) de acordo com “Standart Methods for the Examination of Water and Waster water” (APHA, 2005).

Análise de dados

Para avaliar diferenças nos parâmetro físico e químico da água entre zonas do reservatório e período de amostragem, foram realizadas análises de significância “Permutational Analysis of Variance” (PERMANOVA), com 9999 permutações e nível de significância $\alpha \leq 0,05$ (ANDERSON, 2008). Dois fatores foram considerados: zonas (três níveis: lacustre, intermediária e riverina) e períodos de amostragem (quatro níveis: Abril, Julho, Outubro, Dezembro). Para isso os dados ambientais foram previamente transformados em $\log_{(x+1)}$ e posteriormente normalizados. As análises de significância foram realizadas utilizando o software PRIMER + PERMANOVA 6.0 (2006). Para visualizar a distribuição dos parâmetros físicos e químicos que apresentaram maior variação no período de estudo foi construído um gráfico de linhas no Excel 2007.

Resultados e Discussão

Os dados coletados apontam que houve variação nas concentrações dos parâmetros físicos e químicos analisados entre os períodos de amostragem (Tabela 1). Diferenças significativas foram observadas para: pH, Oxigênio dissolvido, Sólidos totais dissolvidos, Salinidade, Nitrogênio total e Fósforo total entre o período de amostragem ($p \leq 0,05$), embora o mesmo padrão não foi observado entre as zonas do reservatório ($p \geq 0,05$) (Tabela 2).

Embora tenha sido observada diferenças significativas nos valores de pH que variou entre (9,38 a 10,27) e Salinidade (0,08 a 0,10) ao longo do período de amostragem, alterações

nestes parâmetros em ecossistemas aquáticos no semiárido brasileiro pode ser atribuídas as características naturais dos solos da região (BARBOSA et al., 2006) (Tabelas 1 e 2). Enquanto o aumento nos valores de Sólidos totais dissolvido (1,05 a 1,34 mg/L), mostra que a redução do volume hídrico do reservatório favoreceu a concentração de material particulado na coluna d'água (CORADI et al., 2009) (Tabelas 1 e 2). Quando o material particulado é composto por elevado teor de matéria orgânica, a sua decomposição pode promover uma redução nos níveis de oxigênio e conseqüente contribuir para a redução na qualidade da água (BILOTTA; BRAZIER, 2008).

O fato de não serem identificadas diferenças significativas para os parâmetros físicos e químicos da água entre as zonas do reservatório, pode indicar a homogeneização das condições ambientais do sistema, tendo em vista o baixo volume hídrico observado durante o período de estudo. Com a redução do volume hídrico, as características hidromorfológicas de cada zona não foram evidentes, de modo a não apresentar um gradiente de condições ambientais que refletisse diferenças entre os parâmetros físicos e químicos. Com relação à variação nas concentrações dos parâmetros físicos e químicos ao longo do período de amostragem, este resultado pode indicar o comprometimento da qualidade das águas durante período prolongado de escassez de chuvas (MAREGO, 2008).

Tabela 1: Valores médios e desvio padrão dos parâmetros físicos e químicos da água mensuradas no reservatório Epitácio Pessoa, bacia hidrográfica do Rio Paraíba, Paraíba, Brasil.

Variáveis	Abril	Julho	Outubro	Dezembro
Temperatura (°C)	26,92 ± 0,88	24,52 ± 0,53	24,85 ± 0,43	25,41 ± 0,52
pH	9,38 ± 0,06	10,07 ± 0,19	10,35 ± 0,26	10,27 ± 0,07
Turbidez (NTU)	138,55 ± 157,59	39,73 ± 20,16	97,37 ± 48,40	100,00 ± 88,67
Oxigênio dissolvido (mg/L)	5,95 ± 0,44	8,12 ± 0,31	6,74 ± 1,00	6,89 ± 0,20
Sólidos totais dissolvidos (mg/L)	1,05 ± 0,12	1,16 ± 0,001	1,26 ± 0,03	1,34 ± 0,04
Salinidade (%)	0,08 ± 0,01	0,09 ± 0	0,10 ± 0	0,10 ± 0,005
Nitrogênio total (µm/L)	339,11 ± 37,23	260,5 ± 60,10	136,31 ± 20,25	148,18 ± 62,27
Fósforo total (µm/L)	80,61 ± 23,03	89,77 ± 34,25	93,66 ± 28,48	107,55 ± 25,30

Tabela 2: Resultados da “Permutational Analysis of Variance” (PERMANOVA) realizadas para os parâmetros ambientais, considerando as zonas dos reservatórios e o período de amostragem.

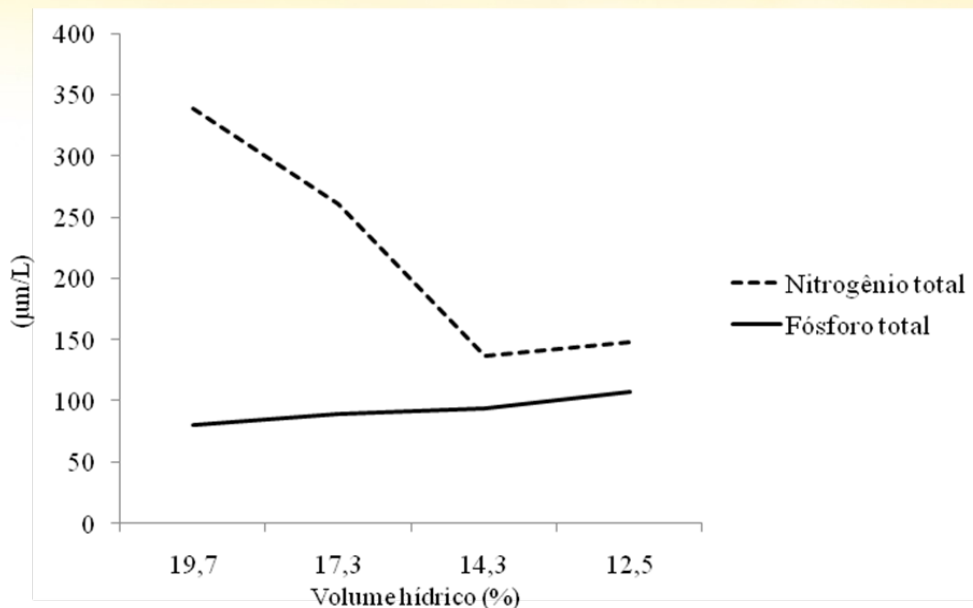
Variáveis	Zonas			Período de amostragem		
	Df	Pseudo-F	P	Df	Pseudo-F	P
Temperatura	2	0,7876	0,4902	3	8,8845	0,0042
pH	2	0,0049	0,9906	3	21,067	0,0057
Turbidez	2	0,9072	0,4640	3	0,9273	0,4985
Oxigênio dissolvido	2	0,1051	0,9000	3	6,1971	0,0218
Sólidos totais dissolvidos	2	0,0480	0,9659	3	8,8881	0,0003
Salinidade	2	0,1840	0,8725	3	7,6085	0,0031

Nitrogênio total	2	0,4888	0,6130	3	9,7470	0,0107
Fósforo total	2	0,4607	0,6312	3	8,8881	0,0003
Total	11					

O Fósforo total é considerado um componente chave para o processo de eutrofização (RYTHER; DUNSTAN, 1971) e os resultados do presente estudo indicam um aumento na concentração de Fósforo total ao longo do período de amostragem: Abril (80,61 $\mu\text{g/L} \pm 23,03$), Junho (89,77 $\mu\text{g/L} \pm 34,25$), Outubro (93,66 $\mu\text{g/L} \pm 28,48$) e Dezembro (107,55 $\mu\text{g/L} \pm 25,30$) (Tabela 1). Entre as principais atividades que contribuem para adição de Fósforo total no ambiente, destaca-se o lançamento de esgoto doméstico bruto (LEWIS, 2008; BARBOSA et al., 2012). No reservatório Epitácio Pessoa o lançamento de esgoto doméstico é considerado uma das principais atividades antrópicas que contribuem para a deterioração do sistema (FRANCO et al., 2005) e consequente perda da qualidade da água. O aumento na concentração de Fósforo acelera o processo de eutrofização que é ainda mais acentuado em regiões semiáridas em virtude das altas temperaturas (SANTOS; ESKINAZI-SANT'ANNA, 2010).

Ao contrário do que se esperava, houve uma redução nas concentrações de Nitrogênio total durante o período de amostragem. Em Abril a concentração de Nitrogênio total foi de (80,61 $\mu\text{g/L} \pm 23,03$), Junho (89,77 $\mu\text{g/L} \pm 34,25$), Outubro (93,66 $\mu\text{g/L} \pm 28,48$) e Dezembro (107,55 $\mu\text{g/L} \pm 25,30$) (Tabela 2). Ao longo do período de amostragem houve um aumento nas concentrações de Fósforo total e uma redução nas concentrações de Nitrogênio total na coluna d'água (Figura 1). De acordo com Lewis (2008) em lagos e reservatórios tropicais, o aumento na concentração de Fósforo pode ser resultado da intensa evaporação no ambiente, enquanto a redução na concentração de Nitrogênio pode está relacionada a altas temperaturas que aceleram o processo de desnitrificação.

Figura 1: Representação das concentrações de Nitrogênio total e Fósforo total ao longo da redução no volume hídrico do reservatório Epitácio Pessoa, bacia hidrográfica do Rio Paraíba, Paraíba, Brasil.



A ocorrência de extensos bancos de macrófitas aquáticas no reservatório também pode interferir na concentração de Nitrogênio e Fósforo no sistema (THOMAZ, 2002). As macrófitas atuam na assimilação desses elementos incorporando-o a sua biomassa, podendo reduzir de forma momentânea a oferta de nutrientes na coluna d'água. Por isso, as macrófitas podem ser consideradas como a principal fonte natural controladora da dinâmica de nutrientes no sistema, que tem sua população controlada por fatores ambientais, a exemplo da temperatura e nível de água no sistema (ESTEVES, 1998; POMPÊO, 1999).

Além disso, a diminuição nas concentrações de Nitrogênio total pode ser reflexo da proibição das atividades de irrigação e práticas agrícolas no entorno do reservatório, uma vez que para o desenvolvimento de atividades agrícolas normalmente são adicionados ao solo fertilizantes a base de compostos nitrogenados, que conseqüentemente são carreados para dentro do sistema. As atividades de irrigação no reservatório Epitácio Pessoa foram suspensas pela Agência Nacional de Águas- ANA, em cumprimento a Lei das Águas (nº 9.433/1997) que determina que em situações de escassez hídrica, período que compreendeu o nosso estudo, os seres humanos e animais têm prioridade para utilização da água (ANA, 2016).

Os usos múltiplos da água, a redução no volume hídrico e a evidência das mudanças climáticas, intensificam a complexidade de processos que ocorrem no ambiente. Dessa forma, o conhecimento sobre o comportamento dos parâmetros físicos e químicos, poderá auxiliar na proposição de ações preventivas que visam mitigar tal problema.

Conclusão

Os resultados apontam que a redução no volume hídrico promoveu a homogeneização das características físicas e químicas da água entre as zonas do reservatório. Observou-se também que as variações nas concentrações de Fósforo totais e Sólidas totais dissolvidas ao longo do período de estudo acentuaram a perda da qualidade da água.

Os efeitos dos impactos oriundos das atividades antrópicas e eventos naturais em sistemas aquáticos inseridos em regiões semiáridas, são intensos e complexos, por isso é necessidade de investir em estudos que englobem um maior avaliação temporal das características físicas e químicas da água, além da utilização organismos bioindicadores capazes de refletir as condições ambientais a longo prazo.

Referências Bibliográficas

AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. Disponível em:
< <http://www.aesa.pb.gov.br/>>. Acesso 30 de agos. 2016.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; DE MORAES, G., LEONARDO, J.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, p. 711-728, 2013.

ANDERSON, M.; GORLEY, R. N.; CLARKE, R. K. Permanova+ for Primer: Guide to Software and Statistical Methods, 2008.

ANA, Agência Nacional de Águas. Disponível em:
<<http://www2.ana.gov.br/Paginas/servicos/saladesituacao/v2/AcudeEpitacioPessoaboqueirao.aspx>>. Acesso 04 de set.2016.

APHA, A., WEF, 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21st ed. American Public Health Association. Washington, DC. Part, 21.

ASA. Articulação no semiárido brasileiro. Disponível em:
< http://www.asabrasil.org.br/Portal/Informacoes.asp?COD_MENU=105 >. Acesso 30 de jan.2015.

BARBOSA, J. E. L.; ANDRADE, R. S.; LINS, R. P.; DINIZ, C. R. Diagnóstico do estado trófico e aspectos limnológicos de sistemas aquáticos da Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá, Trópico semi-árido Brasileiro. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 1, 81-89, 2006.

BARBOSA, J. E. L.; WATANABE, T.; MOREDJO, A.; ABÍLIO, F. J. P. A hipereutrofização e suas implicações na biocenose de um ecossistema aquático urbano de João Pessoa-PB, Brasil. **Revista Nordestina de Biologia**, v.15, p. 1-13, 2012.

BILOTTA, G. S.; BRAZIER, R. E. Understanding the influence of suspended solids on water quality and aquatic biota. **Water research**, v. 42, p. 2849-2861, 2008.

CAGEPA. Companhia de Água e Esgotos do Estado da Paraíba. Disponível em:
<http://www.cagepa.pb.gov.br/>. Acesso 30 de agos. 2016.

(83) 3322.3222

contato@conidis.com.br

www.conidis.com.br

CHELLAPPA, S.; BUENO, R. M. X.; CHELLAPPA, T.; CHELLAPPA, N. T.; VAL, V. M. F. A. Reproductive seasonality of the fish fauna and limnoecology of semi-arid Brazilian reservoirs. **Limnologia**, v. 39, p. 325-329, 2009.

CORADI, P. C.; FIA, R.; PEREIRA-RAMIREZ, O. Avaliação da qualidade da água superficial dos cursos de água do município de Pelotas-RS, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, v. 4, p.46-56, 2009.

DODSON, S. I.; LILLIE, R. A.; WILL-WOLF, S. Land use, water chemistry, aquatic vegetation, and zooplankton community structure of shallow lakes. **Ecological Applications**, v. 15, p. 1191–1198, 2005.

ESTEVES, F. A. Fundamentos de limnologia. 2ª Ed. Interciência, 226pp, 1988.

FRANCO, E. S.; LIRA, V. M.; PORDEUS, R. V.; LIMA, V. L. A.; NETO, J. D.; AZEVEDO, C. A. V. Diagnóstico sócio-econômico e ambiental de uma microbacia no município de Boqueirão–PB. **Revista Engenharia ambiental, Espírito Santo do Pinhal**, v. 2, p. 100-114, 2005.

LEWIS JR, W. M.; WURTSBAUGH, W. A. Control of lacustrine phytoplankton by nutrients: erosion of the phosphorus paradigm. **International Review of Hydrobiology**, v. 93, p. 446-465, 2008.

LIMA, S. M. S.; BARBOSA, L. G.; CRUZ, P. S.; WANDERLEY, S. L.; DE CEBALLOS, B. S. O. Dinâmica funcional de reservatórios de usos múltiplos da região semiárida/ Paraíba-Brasil. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.7. p.18-25, 2012.

MARENGO, J. A. Água e mudanças climáticas. Estudos avançados, v.22, p. 83-96, 2008.

IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change. (2015). Climate change 2014: mitigation of climate change (Vol. 3). Cambridge University Press.

MALTCHIK, L.; MEDEIROS, E. S. F. Conservation importance of semi-arid streams in north-eastern Brazil: implications of hydrological disturbance and species diversity. **Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems**, v. 16, p. 665-677, 2006.

PEREIRA, A. L. Princípios da restauração de ambientes aquáticos continentais. **Boletim da Associação Brasileira de Limnologia**, v. 39, p. 1-21, 2011.

PINTO – COELHO, R. M.; GIANI, A.; MORAIS – Jr., C. A., CARVALHO – Jr., E. R.; BEZERRA – NETO, J. F. (2005) The nutritional status of zooplankton in a tropical reservoir: effects of food quality and community structure. **Brazilian Journal of Biology**, v.65, p.313 -324, 2005.

POMPÊO, M. L. M. As macrófitas aquáticas em reservatórios tropicais: aspectos ecológicos e propostas de monitoramento e manejo. *Perspectivas da Limnologia no Brasil*, São Luís: Gráfica e Editora União, São Luís, Brasil, p. 105-119, 1999.

RYTHER, J. H.; DUNSTAN, W. M. Nitrogen, phosphorus, and eutrophication in the coastal marine environment. *Science*, v. 171, p.1008-1013, 1971.

SANTOS, C. M.; ESKINAZI-SANT'ANNA, E. M. The introduced snail *Melanoides tuberculatus* (Muller, 1774)(Mollusca: Thiaridae) in aquatic ecosystems of the Brazilian Semiarid Northeast (Piranhas-Assu River basin, State of Rio Grande do Norte). **Brazilian Journal of Biology**, v. 70, p. 1-7, 2010.

THOMAZ, S. M. Fatores ecológicos associados à colonização e ao desenvolvimento de macrófitas aquáticas e desafios de manejo. *Planta daninha*, v. 20, p. 21-33, 2002.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; TUNDISI, J. E. M. Reservoir and human well being: New challenges for evaluating impacts and benefits in the neotropics. **Brazilian Journal of Biology**, v. 68, p. 1133-1135, 2008.

TUNDISI, J. G. Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções. Estudos avançados, v. 22. p. 7-16, 2008.

