



## QUALIDADE DE ÁGUA DE RESERVATÓRIO ARTIFICIAL EM FUNÇÃO DA SAZONALIDADE CLIMÁTICA

F. J. de O. Lima<sup>1</sup>, J. C. de Mendonça<sup>2</sup>, F. B. Lopes<sup>3</sup>, E. M. de Andrade<sup>4</sup>, M. D da Silva<sup>5</sup>

**RESUMO:** Os reservatórios artificiais têm o papel de armazenar água com a finalidade de abastecimento para diversos usos, e entender os fatores que alteram a qualidade de suas águas é fundamental. Objetivou-se então avaliar a qualidade da água de um reservatório em função de períodos secos e chuvosos. O estudo foi desenvolvido em campanhas sazonais de coletas água em sete pontos do reservatório Orós entre 2008 e 2010. Foram analisados os atributos fósforo total, Nitrogênio Kjeldahl Total (NKT), e clorofila-*a*, que foram comparados com a precipitação pluviométrica e volume d'água do reservatório. Foi realizada ainda a Correlação de Pearson. Observou-se a partir dos resultados que a Clorofila-*a* apresentou diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os pontos de coleta e os períodos, para o NKT houve diferença significativa apenas entre os pontos P5 e P7 no período seco, para o fósforo não houve diferença significativa. Os atributos apresentaram maior correlação com a precipitação e o volume d'água no período seco. Assim, concluiu-se que a sazonalidade climática tem pouca influência sobre o fósforo e o NKT, no entanto, as fortes correlações entre os atributos de água com período seco se deve à maior estabilidade dos atributos nesse período.

**PALAVRAS-CHAVE:** Precipitação pluviométrica, eutrofização, nível do reservatório

## WATER QUALITY OF ARTIFICIAL RESERVOIR IN FUNCTION OF CLIMATIC SEASONALITY

**ABSTRACT:** The role of artificial reservoirs is storing water with purpose to supplying various uses, and understanding the factors that alter the quality of their waters is fundamental. Our goal was to evaluate the water quality of a reservoir in function of dry and rainy seasons. The study was developed in seasonal campaigns of water collection at seven points of the Orós reservoir between 2008 and 2010. The total phosphorus, Nitrogen Kjeldahl Total (NKT), and

<sup>1</sup> Mestre, Pesquisador da Funceme, Fortaleza - Ceará. E-mail: josivan.lima1@gmail.com

<sup>2</sup> Mestranda PPGA/UFC, Fortaleza - Ceará. E-mail: janainacastromendonca@hotmail.com

<sup>3</sup> Professor PPGA/UFC, Fortaleza - Ceará. E-mail: lopesfb.ufc@gmail.com

<sup>4</sup> Professora PPGA/UFC, Fortaleza - Ceará. E-mail: eandrade.ufc@gmail.com

<sup>5</sup> Professora do INTA, Sobral - Ceará. E-mail: merivaldadoroteu@hotmail.com

chlorophyll-a attributes were analyzed, which were compared with rainfall and water volume of the reservoir. Pearson's Correlation were also used. We observed from the results that Chlorophyll-a showed a significant difference ( $p < 0.05$ ) between the collection points and seasons, for the NKT there was significant difference only between the points P5 and P7 in the dry season, phosphorus had not significant difference. The attributes presented a higher correlation with the precipitation and water volume in the dry season. Thus, we concluded that climatic seasonality has little influence on phosphorus and NKT, however, the strong correlations between water attributes with dry season is due to the greater stability of the attributes in this period.

**KEYWORDS:** Rainfall, eutrophication, reservoir level

## INTRODUÇÃO

O Nordeste brasileiro apresenta-se como a região com alta densidade de reservatórios artificiais do país. Este é um reflexo da insuficiência de reservatórios naturais de água, uma vez que o Nordeste se encontra quase em sua totalidade dentro da região semiárida, onde há alta variabilidade espaço-temporal da precipitação pluviométrica e alta taxa de evapotranspiração, com solos rasos embasados sobre o cristalino (ARAÚJO, 2012).

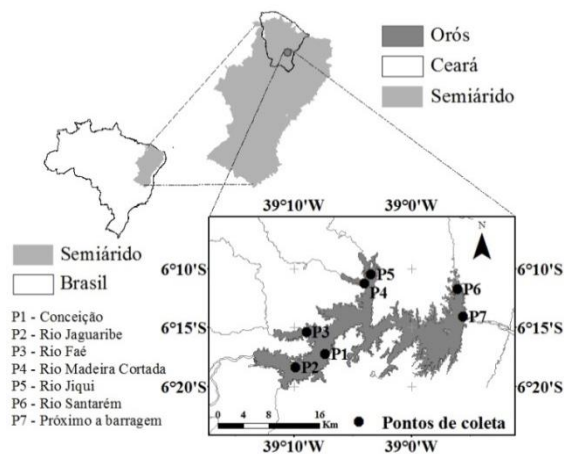
Os reservatórios são ambientes de transição entre lóticos e lênticos, cujas propriedades físicas, químicas e biológicas variam com as ações antrópicas e as flutuações do nível da água ocasionada pelas recargas naturais (principalmente precipitação pluviométrica), que podem comprometer a disponibilidade de água (FRANÇA *et al.*, 2013).

Segundo ROCHA *et al.* (2016), a precipitação pluviométrica influencia a vazão que é uma fonte reguladora dos mananciais, fazendo com que ela também seja uma importante variável a ser considerada em estudos de qualidade de água. A precipitação pluviométrica altera os atributos qualitativos, pois o impacto da chuva sobre o solo deflagra o processo de erosão e aumenta a concentração de sólidos em suspensão que implica diretamente no aumento da cor, turbidez e matéria orgânica nos corpos hídricos (ROCHA & PEREIRA, 2016).

Baseando-se nas informações supracitada objetivou-se avaliar o impacto da precipitação pluviométrica e do volume acumulado sazonalmente sobre os atributos de água do reservatório Orós.

## MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado no reservatório Orós, localizado na bacia do Alto Jaguaribe na região centro-sul do estado do Ceará, Brasil (Figura 1). Esse reservatório possui uma capacidade de armazenamento de aproximadamente 1,94 bilhões de metros cúbicos de água e uma bacia hidráulica de 35000 ha. A região encontra-se no clima do tipo BSw'h' segundo a classificação climática de Köppen.



**Figura 1.** Localização do reservatório Orós e dos pontos de coleta de água

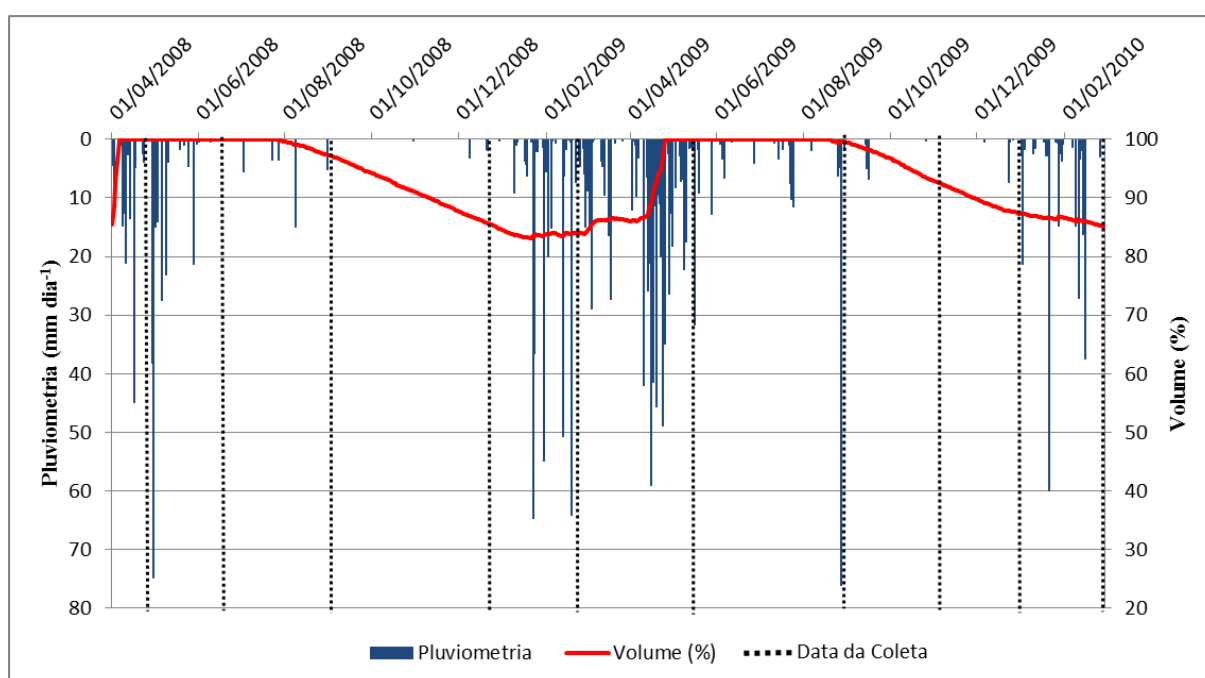
São desenvolvidas atividades como pecuária próximas aos pontos P3 e P4, agricultura próximo aos pontos P2, P3, P4, P5 e P6, e atividades de piscicultura nos pontos P1 e P5. O solo da bacia do Alto Jaguaribe onde são desenvolvidas as atividades anteriormente citadas é composto em cerca de 61% por Neossolos e Argissolos, e os 39% restantes são distribuídos entre Latossolos, Luvisolos, Vertissolos e Planossolos (IPECE, 2015).

As amostras de água foram coletadas em sete pontos, estando seis pontos localizados nas entradas dos principais tributários e outro próximo a barragem do reservatório (Figura 1). Um total de 10 campanhas foram realizadas de abril de 2008 até fevereiro de 2010 durante dois períodos: estação chuvosa aquela com precipitação pluviométrica mensal maior que 50 mm (dezembro a maio) e o período seco (junho a novembro), assim como empregado por Ferreira *et al.* (2015).

As amostras de água foram coletadas em garrafas de polietileno de 1,5 litros adequadamente descontaminadas e coletadas à 30 cm de profundidade da superfície da água. As amostras coletadas foram acondicionadas adequadamente em caixa térmica e conduzidas ao laboratório para análise imediata, processamento ou armazenamento. As análises de fósforo

total, NKT e clorofila-*a* foram realizadas seguindo metodologia empregada em APHA *et al.* (2005).

A série de dados pluviométricos diários (Figura 2) referente a estação meteorológica da cidade de Iguatu, que fica à montante do reservatório Orós, foi obtida através do banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2016) abrangendo o período de 1 de abril de 2008 a 28 de fevereiro de 2010. Já o volume acumulado do reservatório Orós (Figura 2) foi obtido no Portal Hidrológico do Ceará (COGERH, 2016) referente ao mesmo período de coleta dos dados pluviométricos.



**Figura 2.** Dados diários de precipitação pluviométrica do posto de Iguatu e volume do reservatório Orós para o período de Abr/2008 a Fev/2010.

Os períodos utilizados precipitação pluviométrica acumulada para 1, 5, 10, 20 e 30 dias de antecedência foi adaptado da metodologia empregada por Fraga *et al.* (2012), que adotou os intervalos precipitação acumulada de 1 a 30 dias, no entanto, os autores não empregaram um padrão fixo nos intervalos dos dados.

Por fim, foi realizada a correlação de Pearson com a intenção de observar a influência da precipitação pluviométrica acumulada e o volume d'água do reservatório com os atributos da qualidade da água investigado. Todos os procedimentos estatísticos foram realizados utilizando o software SPSS 16.0.

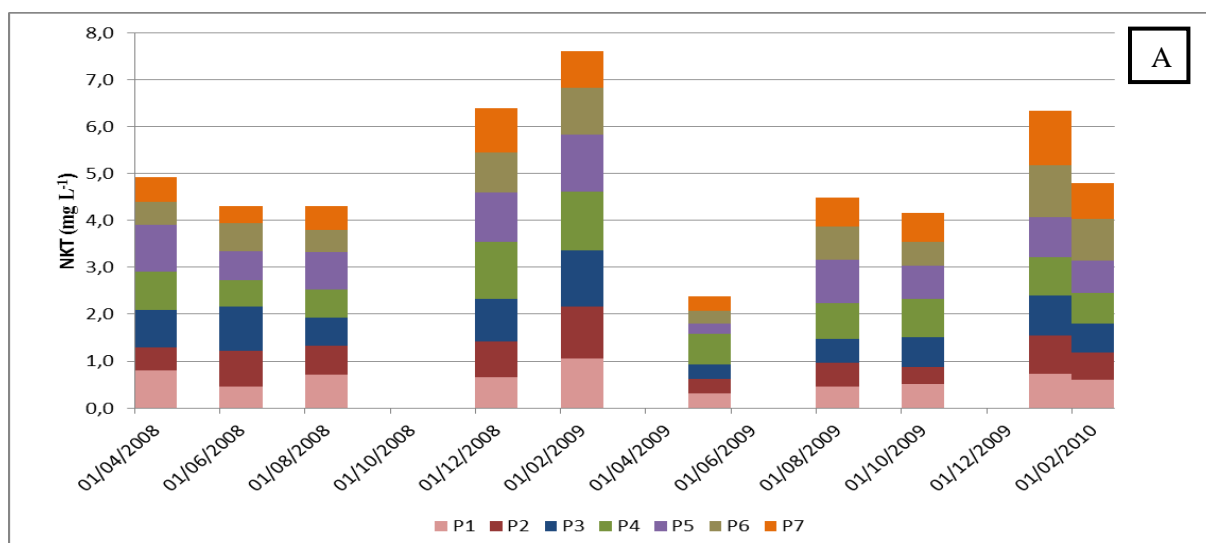
## RESULTADOS E DISCUSSÕES

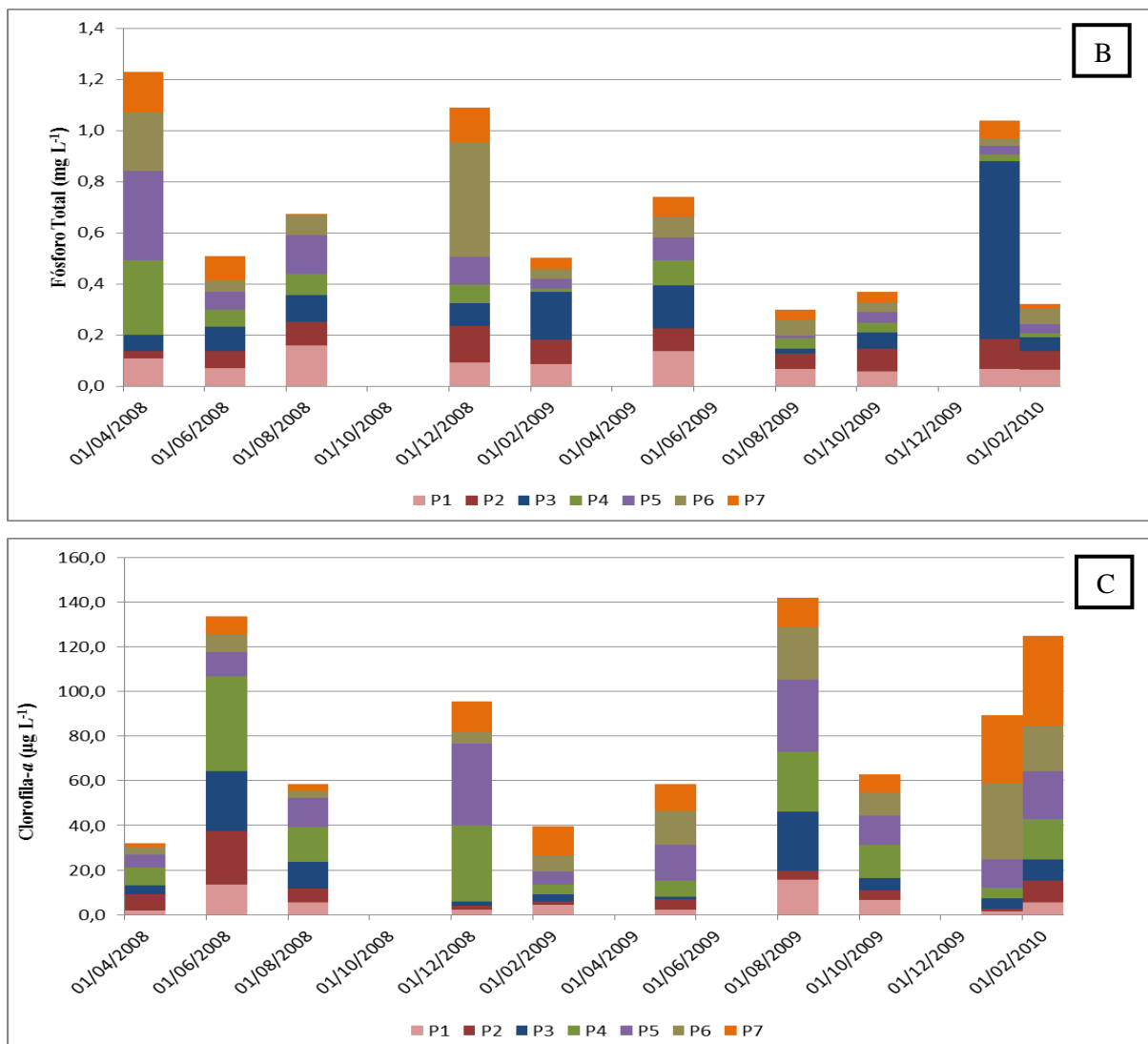
### Distribuição espaço-temporal dos atributos de qualidade da água

A partir dos atributos químicos e biológico exibidos na Figura 3, pode-se observar nos valores de nitrogênio kjeldahl total (Figura 3A) em comparação com dados de precipitação pluviométrica e volume d'água (Figura 2), que esse atributo não respondeu ao aumento do volume do reservatório, contudo, foi constatado a resposta do nitrogênio em relação a precipitação pluviométrica.

Esse atributo não é acumulativo em reservatórios tropicais devido à anoxia do hipolímnio aliada as altas temperaturas que favorecem o processo de desnitrificação, enquanto a precipitação pluviométrica favorece o aporte de nitrogênio através da lavagem de solos rurais e centros urbanos que vertem nos mananciais a partir do escoamento superficial (DALU *et al.*, 2013; SILVA & COSTA, 2015).

Em relação ao fósforo total (Figura 3B), verifica-se que a dinâmica desse atributo é muito variável entre os pontos e períodos de coleta, sendo difícil de identificar um padrão na resposta em relação a precipitação pluviométrica e o volume do reservatório. Tal fato está relacionado com a grande variedade de fontes geradoras que contribuem para aporte do fósforo nos corpos hídricos, como descargas de esgotos sanitários, uso de fertilizantes, pesticidas e produtos químicos na produção agrícola, e atividades agropecuárias. Aliada a essas fontes está a capacidade do fósforo de ficar retido nos ambientes aquáticos em constante dinâmica entre água, partículas e sedimento, dificultando assim seu monitoramento (BARBOSA & CIRILO, 2015).





**Figura 3.** Ocorrência espaço-temporal dos atributos químicos e biológico: NKT (A), Fósforo Total (B) e Clorofila-a (C)

Quanto ao atributo clorofila-a (Figura 3C) observa-se que os maiores concentrações desse atributo encontram-se no período seco precedidos por períodos chuvosos com elevadas alturas pluviométricas. Já as baixas concentrações observadas na terceira coleta (ago/2008) podem estar relacionadas ao vertimento ocorrida no ano de 2008.

No ano de 2009 também se constata a mesma tendência, contudo, a ocorrência de vertimento do reservatório não afetou a produtividade podendo ser notado a partir das altas concentrações observadas na sétima coleta. Outro ponto a ser destacado é que no começo do período chuvoso do ano de 2010 os pontos P5, P6 e P7 apresentaram um aumento em relação às coletas anteriores.

### **Correlação entre atributos e as variáveis: pluviometria e o volume d'água**

A análise da correlação de Pearson foi empregada visando compreender a relação das variáveis pluviométricas e volume d'água com a qualidade da água do reservatório Orós para o

período chuvoso (Tabela 1) e seco (Tabela 2). Em relação ao atributo Nitrogênio Kjeldahl Total (NKT) é possível observar que todos os pontos do período chuvoso apresentaram correlação negativa para volume e correlação positiva para precipitação pluviométrica de 1 dia. Esse resultado mostra a influência da precipitação pluviométrica na geração de escoamento e no aporte de nitrogênio. Entretanto, não apresenta relação direta com o volume devido a processos como a nitrificação e desnitrificação, e assimilação pelo fitoplâncton.

De acordo com Dalu *et al.* (2013), altas concentrações de oxigênio dissolvido no hipolímnio reforça o processo de nitrificação da amônia para nitrito e de nitrito para nitrato, enquanto que a anoxia do hipolímnio aliada as altas temperaturas das regiões tropicais, favorecem o processo de desnitrificação.

O nitrogênio kjeldahl total no período seco não apresentou um comportamento tão regular como no chuvoso, tal fato está relacionado a fatores como contribuições de fontes difusas e pontuais desse nutriente, podendo ser citado as áreas irrigadas de plantações em vazantes, a pecuária extensiva às margens do reservatório, a piscicultura intensiva em tanque-rede e o lançamento de efluentes gerado pelas comunidades as margens do reservatório Orós. (LOPES *et al.*, 2014).

Para o atributo fósforo total, os pontos P1, P4, P5 e P7 do período chuvoso apresentaram correlação positiva com volume, e o P1 também apresentou correlação positiva com a precipitação pluviométrica acumulada, essa resposta representa os impactos das atividades desenvolvidas próximo aos pontos de coleta, a piscicultura (P5) e pecuária (P1, P4 e P5), demonstrando a capacidade desses pontos em acumular esse nutriente na coluna d'água.

No período seco o atributo fósforo se correlacionou negativamente com a precipitação pluviométrica acumulada para 1, 5 e 10 dias principalmente, visto que eventos pluviométricos são mínimos ou inexistentes nesse período, e o aumento desse atributo está relacionado com fontes externas e as poucas saídas desse atributo. Estando tal fato relacionado com a afinidade do fósforo com a massa de água como mencionado anteriormente.

Por fim, para o atributo clorofila-*a* no período chuvoso, os pontos P7 apresentaram correlação negativa com o volume, e os pontos P4 e P5 se correlacionaram negativamente com a precipitação pluviométrica acumulada de 5, 10, 20 e 30 dias, estando tal resposta relacionada com a renovação das águas que promove a redução da biomassa nesses pontos.

O contrário foi observado no período seco, no qual, a clorofila-*a* respondeu de forma positiva as variáveis pluviometria e volume d'água formando dois grupos distintos, sendo um grupo formado pelos pontos P1, P2, P3 e P4 que se correlacionaram positivamente com o

volume e a precipitação pluviométrica, e outro grupo formado pelos pontos P5, P6 e P7 com correlação positiva para precipitação pluviométrica acumulada para 1, 5 e 10 dias.

## CONCLUSÕES

As fortes correlações entre os atributos físicos, químicos e biológicos do período seco ocorreram devido ao fato da água do reservatório Orós apresentar uma maior estabilidade em relação ao período chuvoso, e conseqüentemente, qualquer mudança na precipitação pluviométrica e no volume d'água do reservatório nesse período resultará na influência sobre as concentrações destes atributos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APHA et al. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21. ed. Washington, USA: American Public Health Association, 2005.

ARAÚJO, J. C. Recursos hídricos em regiões semiáridas: estudos e aplicações. 1.ed. Campina Grande, *In: Recursos hídricos em regiões semiáridas: estudos e aplicações*. PB: Instituto Nacional do Semiárido, Cruz das Almas, BA: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2012. 282P.

BARBOSA, I. B. R.; CIRILO, J. A. Contribuição média de fósforo em reservatório de abastecimento de água-Parte 1. **Engenharia sanitária e ambiental**, v.20, n.1, p.39-46, 2015.

COGERH, Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos. **Portal Hidrológico do Ceará**. Disponível em: <<http://www.hidro.ce.gov.br>> Acesso: Fev. 2016.

DALU, T.; THACKERAY, Z.; LEUCI, R.; CLEGG, B.; CHARI, L. D.; NHIWATIWA, T. First results on bathymetry, stratification and physicochemical limnology of a small tropical African reservoir (Malilangwe, Zimbabwe). **Water SA**, v.39, n.1, p.119-130, 2013.

FERREIRA, K. C. D.; LOPES, F. B.; ANDRADE, E. M.; MEIRELES, A. C. M.; SILVA, G. S. Adaptação do índice de qualidade de água da National Sanitation Foundation ao semiárido brasileiro. **Revista Ciência Agronômica**, v.46, n.2, p.277-286, 2015.

FRAGA, R. S.; TAVARES, V. E. Q.; TIMM, L. C.; ESTRELA, C. C.; BARTELS, G. K. Influência da precipitação sobre parâmetros de qualidade da água utilizada para irrigação do



morangueiro no município de Turuçu-RS. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.18, n.1-4, p.81-94, 2012.

FRANÇA, J. M. B.; WACHHOLZ, F.; CARNEIRO NETO, J. A.; PAULINO, W. D. Comportamento das variáveis qualitativas do açude Pereira de Miranda – Pentecoste/CE, no período de estiagem. **Geociências**, v.32, n.4, p.586-599, 2013.

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. **BDMEP – Dados Históricos**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso: Fev. 2016.

IPECE - Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **Anuário Estatístico do Ceará 2014**. <<http://www2.ipece.ce.gov.br/publicacoes/anuario/anuario2014/index.htm>>. 14 Out. 2015.

LOPES, F. B.; ANDRADE, E. M.; MEIRELES A. C. M.; BECKER, H.; BATISTA, A. A. Assessment of the water quality in a large reservoir in semiarid region of Brazil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.18, n.4, p.437–445, 2014.

ROCHA, C. H. B.; PEREIRA, A. M. Análise multivariada para seleção de parâmetros de monitoramento em manancial de Juiz de Fora, Minas Gerais. **Revista Ambiente & Água**, v. 11, n. 1, p. 176, 2016.

ROCHA, C. H. B.; SILVA, T. M.; FREITAS, F. A. Processos condicionantes de alterações em variáveis limnológicas: uma abordagem estatística na Represa de São Pedro, Juiz de Fora–MG. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 21, n. 1, 2016.

SILVA, A. P. C.; COSTA, I. A. S. Biomonitoring ecological status of two reservoirs of the brazilian semi-arid using phytoplankton assemblages (Q index). **Acta Limnologica Brasiliensia**, v.27, n.1, p.1-14, 2015.

**Tabela 1.** Correlação de Pearson entre atributos de qualidade da água e as variáveis: pluviometria e o volume d'água no período chuvoso

Pontos	Atributos	Volume	Precipitação Pluviométrica Acumulada				
			1 dia	5 dias	10 dias	20 dias	30 dias
P1	NKT	-0,483	<b>0,725</b>	0,303	0,484	-0,027	-0,172
	Fósforo T.	<b>0,842*</b>	-0,113	<b>0,566</b>	0,258	<b>0,586</b>	<b>0,758</b>
	Clorofila-a	-0,457	0,476	0,163	0,417	0,339	0,144
P2	NKT	<b>-0,807</b>	<b>0,757</b>	0,121	0,288	-0,194	-0,375
	Fósforo T.	<b>-0,577</b>	0,034	-0,383	-0,455	<b>-0,510</b>	<b>-0,533</b>
	Clorofila-a	0,300	-0,427	-0,207	-0,084	0,133	0,146
P3	NKT	<b>-0,628</b>	<b>0,695</b>	0,164	0,304	-0,213	-0,350
	Fósforo T.	-0,230	-0,020	-0,194	-0,154	-0,290	-0,317
	Clorofila-a	-0,386	-0,150	-0,464	-0,147	-0,230	-0,361
P4	NKT	<b>-0,530</b>	<b>0,645</b>	0,215	0,199	-0,170	-0,246
	Fósforo T.	<b>0,804</b>	-0,345	0,211	0,048	0,149	0,328
	Clorofila-a	-0,299	-0,366	<b>-0,624</b>	<b>-0,688</b>	<b>-0,643</b>	<b>-0,592</b>
P5	NKT	<b>-0,534</b>	<b>0,536</b>	0,055	0,180	-0,320	-0,421
	Fósforo T.	<b>0,701</b>	-0,282	0,183	0,054	0,086	0,243
	Clorofila-a	-0,307	-0,459	<b>-0,697</b>	<b>-0,785</b>	<b>-0,647</b>	<b>-0,590</b>
P6	NKT	<b>-0,923**</b>	0,377	-0,358	-0,113	<b>-0,541</b>	<b>-0,720</b>
	Fósforo T.	0,076	-0,343	-0,343	<b>-0,533</b>	<b>-0,522</b>	-0,384
	Clorofila-a	-0,262	-0,271	-0,444	-0,318	-0,277	-0,330
P7	NKT	<b>-0,786</b>	0,062	<b>-0,584</b>	-0,424	<b>-0,781</b>	<b>-0,880*</b>
	Fósforo T.	<b>0,524</b>	-0,345	-0,017	-0,259	-0,252	-0,054
	Clorofila-a	<b>-0,610</b>	-0,176	<b>-0,621</b>	-0,365	-0,381	<b>-0,518</b>

\* Correlação é significativa ao nível de 0,05. \*\* Correlação é significativa ao nível de 0,01.

**Tabela 2.** Correlação de Pearson entre atributos de qualidade da água e as variáveis: pluviometria e o volume d'água no período seco

Pontos	Atributos	Volume	Precipitação Pluviométrica Acumulada				
			1 dia	5 dias	10 dias	20 dias	30 dias
P1	NKT	-0,223	-0,423	-0,435	<b>-0,558</b>	<b>-0,597</b>	-0,134
	Fósforo T.	0,094	-0,310	-0,335	-0,414	-0,383	0,107
	Clorofila-a	<b>0,733</b>	<b>0,709</b>	<b>0,695</b>	<b>0,831</b>	<b>0,667</b>	0,371
P2	NKT	<b>0,802</b>	-0,225	-0,267	-0,111	<b>0,732</b>	<b>0,961*</b>
	Fósforo T.	<b>-0,719</b>	<b>-0,733</b>	<b>-0,721</b>	<b>-0,850</b>	<b>-0,639</b>	-0,337
	Clorofila-a	<b>0,557</b>	-0,374	-0,398	-0,197	<b>0,939</b>	<b>0,938</b>
P3	NKT	0,288	<b>-0,593</b>	<b>-0,608</b>	-0,428	<b>0,828</b>	<b>0,826</b>
	Fósforo T.	0,004	<b>-0,873</b>	<b>-0,894</b>	<b>-0,855</b>	0,150	<b>0,539</b>
	Clorofila-a	<b>0,935</b>	<b>0,550</b>	<b>0,521</b>	<b>0,678</b>	<b>0,767</b>	<b>0,640</b>
P4	NKT	<b>-0,607</b>	0,448	0,489	0,374	<b>-0,526</b>	<b>-0,872</b>
	Fósforo T.	0,404	<b>-0,527</b>	<b>-0,564</b>	<b>-0,515</b>	0,214	<b>0,660</b>
	Clorofila-a	<b>0,759</b>	0,089	0,065	0,274	<b>0,991**</b>	<b>0,845</b>
P5	NKT	0,106	<b>0,824</b>	<b>0,825</b>	<b>0,703</b>	<b>-0,549</b>	<b>-0,571</b>

	Fósforo T.	0,014	<b>-0,638</b>	<b>-0,662</b>	<b>-0,698</b>	-0,193	0,297
	Clorofila-a	0,317	<b>0,994**</b>	<b>0,995**</b>	<b>0,954*</b>	-0,157	-0,375
	NKT	<b>0,668</b>	<b>0,855</b>	<b>0,845</b>	<b>0,938</b>	0,475	0,176
P6	Fósforo T.	0,378	0,245	0,216	0,139	-0,355	0,015
	Clorofila-a	0,212	<b>0,931</b>	<b>0,943</b>	<b>0,941</b>	0,023	-0,355
	NKT	<b>-0,571</b>	0,498	<b>0,531</b>	0,356	<b>-0,808</b>	<b>-0,972*</b>
P7	Fósforo T.	0,356	-0,107	-0,111	0,082	<b>0,906</b>	<b>0,632</b>
	Clorofila-a	0,278	<b>0,830</b>	<b>0,841</b>	<b>0,891</b>	0,267	-0,166

\* Correlação é significativa ao nível de 0,05. \*\* Correlação é significativa ao nível de 0,01.