

XII SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE

INVESTIGAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DE UM GRANDE RESERVATÓRIO NO SEMIÁRIDO POR MEIO DE ANÁLISE MULTIVARIADA

José Ribeiro Araújo Neto¹; Ana Célia Maia Meireles²; Helba Araújo Queiroz Palácio³; Eunice Maia de Andrade⁴; Maria Monaliza de Sales⁵

RESUMO - Este trabalho foi desenvolvido objetivando-se identificar, através da técnica de estatística multivariada (Análise de Componentes Principais, ACP) os fatores determinantes da qualidade hídrica superficial do açude Orós, Ceará. Para avaliar a qualidade das águas foram realizadas coletas bimestrais no período de abril/08 a abril/10, em sete pontos distintos na superfície do reservatório e analisaram-se 32 parâmetros de qualidade de água de natureza física, química e microbiológica. A capacidade total de acumulação do reservatório é de aproximadamente 1.940.000.000 m³. Observou-se por meio da AF/ACP, que o modelo apresentou índice de adequacidade considerado bom com KMO = 0,714. Pelo emprego da análise de componentes principais foi identificado um modelo de melhor ajuste composto por cinco componentes, explicando 82,44% da variância total. O primeiro e o terceiro componente estão relacionados à dissolução dos cátions e aos sais totais decorrentes da geologia dos solos da bacia do reservatório e dos processos não naturais; o segundo componente está vinculado ao processo de erosão e escoamento superficial; o quarto componente relaciona-se com a poluição antrópica e o quinto, como um componente de nutrientes.

ABSTRACT: This work was developed aiming to identify, through multivariate statistics (Principal Component Analysis , PCA) the determinants of the surface water quality of the reservoir Orós , Ceará. To assess the quality of water bimonthly samplings were carried out from the April/08 April/10 at seven different points on the surface of the reservoir and analyzed 32 quality parameters of physical , chemical and microbiological water. The total accumulation capacity of the reservoir is approximately 1.94 billion m³. It was observed by FA/PCA , the model showed adequacy ratio that is considered good with KMO = 0.714 . By employing principal component analysis of a model of best fit consists of five components was identified, explaining 82.44 % of total variance. The first and third component are related to the dissolution of the total salts and cations deriving from the soil geology of the reservoir bowl and non- natural process ; the second component is linked to erosion and runoff process; a fourth component related to the fifth anthropogenic pollution, as a component of nutrients.

Palavras-chave: reservatório, monitoramento das águas, análise multivariada.

¹ Mestre em Engenharia Agrícola, DENA/CCA/UFC, Graduado em Tecnologia em Irrigação e Drenagem pelo IFCE, Campus Iguatu, Rodovia Iguatu/V. Alegre Km 05, S/N, Caixa Postal 38, Vila Cajazeiras, CEP 63500-000, Iguatu, CE, Fone (088) 3582.1000, ramal 252. E-mail: juniorifcelabas@gmail.com

² Enga. Agrônoma, D.Sc , Bolsista PNPd - Capes, DENA/CCA/UFC – ameireles2003@yahoo.com.br

³ Doutora em Agronomia, DENA/ CCA/UFC, Profa. do IFCE, Campus Iguatu – helbaraujo23@yahoo.com.br

⁴ Enga. Agrônoma , Ph.D em Recursos Naturais, Profa. do DENA/CCA/UFC – eandrade@ufc.br

⁵ Graduanda em Tecnologia em Irrigação e Drenagem pelo IFCE, Campus Iguatu, – monnallysa2011@hotmail.com

1. INTRODUÇÃO

Dentre os recursos naturais fundamentais, a água é o que possui maior destaque, pois sua disponibilidade é necessária a todo tipo de vida no planeta, bem como para a maioria dos meios de produção. A disponibilidade de água significa que ela deve estar presente não somente em quantidade, mas também que sua qualidade seja satisfatória para suprir as necessidades dos seres vivos. Dentre os Estados que compõe a região semiárida brasileira, o Ceará é aquele onde se tem maior extensão de semiárido, sendo o pioneiro na instalação da política de açudagem com o propósito de minimizar a escassez de água principalmente no período de seca (CEARÁ, 2010).

As águas armazenadas em reservatórios superficiais são a principal fonte de abastecimento para as grandes demandas oriundas do consumo humano, animal e, sobretudo, da agricultura irrigada. No entanto, as águas armazenadas nos reservatórios superficiais são abastecidas essencialmente com a água de drenagem, resultante da precipitação sobre uma área, que carrega concentrações de sais e elementos refletindo as propriedades das rochas e dos solos por ela lavados durante os processos de escoamento superficial e percolação (PEREIRA, 2004). Entretanto, para se avaliar o estado da qualidade das águas, é necessário que programas de monitoramento sejam implementados, visando uma avaliação das suas características, sejam elas físicas, químicas e biológicas (SINGH *et al.*, 2005; GIRÃO *et al.*, 2007; WU e KUO, 2012).

O resultado dessas ações produz matrizes de proporções inadequadas à interpretação, devido ao grande número de parâmetros analisados. Com um número muito grande de variáveis, o número de relações entre elas é, também, muito grande para ser compreendido. Uma importante decisão no monitoramento é definir as variáveis mais significativas para retratar o problema. Assim, torna-se necessário o emprego de técnicas que possam resumir, sistematicamente, a correlação significativa existente entre as variáveis (PALÁCIO, 2004; ANDRADE *et al.*, 2007b; MOURA *et al.*, 2010). Uma das diversas técnicas de análise exploratória de dados utilizada é a análise multivariada, que corresponde a um grupo de técnicas estatísticas que buscam relacionar as variáveis pesquisadas, possibilitando, dentre outras funções, promover a redução do número de variáveis com o mínimo de perda de informações (HAIR JR. *et al.*, 2005). Na redução de dados de monitoramento de água, técnicas de estatística multivariada, como Análise de Componentes Principais (ACP) vêm sendo empregada com frequência por diversos pesquisadores (ANDRADE *et al.*, 2007b; GIRÃO *et al.*, 2007; MEIRELES, 2007; ZHAO e CUI, 2009; ANDRADE *et al.*, 2009; MOURA *et al.*, 2010; PALÁCIO *et al.*, 2011; WU e KUO, 2012).

Nesse contexto, o presente trabalho, tem como objetivo empregar a técnica de estatística multivariada (Análise de Componentes Principais, ACP), com o propósito de identificar os fatores determinantes na variabilidade da qualidade das águas superficiais do açude Orós, Ceará.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido no açude Orós (Barragem Presidente Juscelino Kubitschek de Oliveira), barramento sobre o rio Jaguaribe. A bacia hidrográfica do reservatório corresponde a aproximadamente 96% da sub-bacia hidrográfica do Alto Jaguaribe (CE, Brasil), que por sua vez integra a grande bacia do rio Jaguaribe. A área da bacia do rio Jaguaribe possui 73.688 km², correspondendo a 51% da área total do Estado do Ceará, sendo que o Alto Jaguaribe representa 35% do sistema de drenagem deste rio, ou seja, aproximadamente 27.000 km². Está localizada entre os paralelos 5°23' e 7°30' ao sul do Equador e os meridianos 39°00' e 40°53' a oeste de Greenwich. A capacidade total de acumulação do reservatório é de aproximadamente 1.940.000.000 m³. Politicamente, a bacia hidráulica (35.000 ha) faz parte de três municípios cearenses Iguatu, Quixelô e Orós (ARRAES, 2010).

As coletas das águas foram realizadas em caráter bimestral durante o período abril de 2008 a abril de 2010. As amostragens foram realizadas em seis pontos de entrada de água no reservatório, correspondentes aos principais afluentes, e em mais um ponto localizado a montante da barragem. Na Figura 1 pode-se verificar a localização do s respectivos pontos de coletas no reservatório.

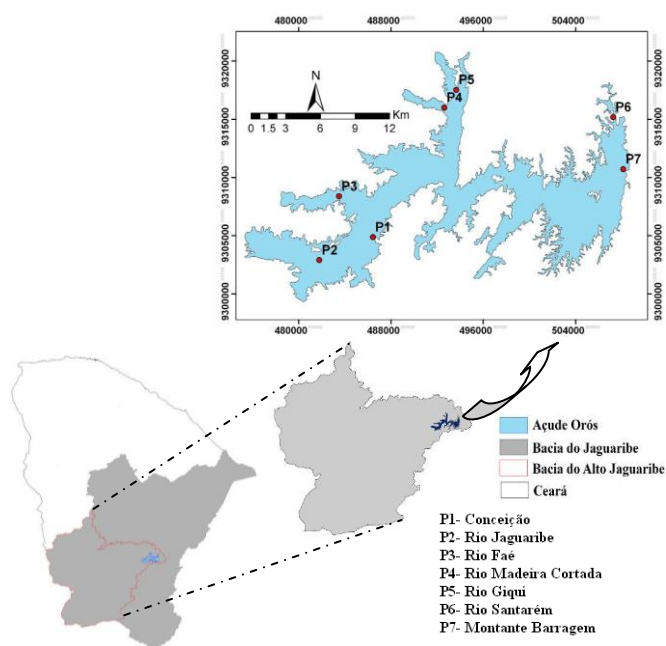


Figura 1- Localização do açude Orós na bacia do Alto Jaguaribe e dos pontos de coleta nas águas superficiais do reservatório

O clima da região é do tipo BSw'h' – semiárido quente com precipitações de outono e temperaturas médias mensais do mês mais frio sempre superiores a 18°C. A região se caracteriza pela definição de duas estações distintas: uma estação chuvosa, com precipitações irregulares, e outra seca. A pluviosidade média anual nos últimos 30 anos para a sub-bacia do Alto Jaguaribe

apresenta valores variando entre 562,5 a 1.007,6 mm, com estação chuvosa ocorrendo geralmente de janeiro/fevereiro a maio/junho, concentrando-se 80% nos meses de março e abril. A evapotranspiração média anual, estimada por tanque classe “A” é de 1.900 mm. Predominam na bacia solos como argissolo vermelho-amarelo eutrófico, juntamente com os neossolos litólicos.

As coletas foram realizadas na superfície d’água, na profundidade máxima de 0,30 m, extensão limite da zona fótica. Foram analisadas 32 variáveis de natureza física, química e microbiológica: temperatura da água (T), transparência (TA), turbidez (TB), cor aparente (CA), cor verdadeira (CV), sólidos totais (ST), sólidos totais fixos (STF), sólidos totais voláteis (STV), sólidos suspensos totais (SST), sólidos suspensos fixos (SSF), sólidos suspensos voláteis (SSV), sólidos dissolvidos totais (SDT), potencial de hidrogênio (pH), oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), fósforo total (PT), ortofosfato solúvel (OS), nitrogênio total kjeldahl (NTK), amônia (NH_4^+), nitrato (NO_3^-), condutividade elétrica (CE), cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), sódio (Na^+), potássio (K^+), cloreto (Cl^-), bicarbonato (HCO_3^-), sulfato (SO_4^{2-}), razão de adsorção de sódio (RAS), coliformes termotolerantes (CTT), escherichia coli (EC) e clorofila "a" (Cl-a).

Todos os procedimentos de coleta foram realizados conforme a Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH) do Estado do Ceará. A preservação das amostras e as análises dos parâmetros estudados foram efetuadas utilizando a metodologia analítica descrita no Standard Methods (APHA, 2005). As análises foram realizadas no Laboratório Integrado de Águas de Mananciais e Residuárias – LIAMAR do IFCE, Campus Fortaleza-CE e no Laboratório de Análises de Água e Solo – LABAS, do IFCE, Campus Iguatu-CE.

A associação entre as variáveis que influenciam a qualidade das águas superficiais foi identificada mediante as técnicas de estatística multivariada, Análise Fatorial/Análise de Componentes Principal (AF/ACP). A consistência geral dos dados foi aferida pelo método Kayser Mayer Olkim (KMO), que compara a magnitude dos coeficientes de correlação observados com os coeficientes de correlação parcial, produzindo um índice KMO. A relação entre as componentes e as variáveis individuais é definida pela matriz das componentes obtidas na fase de extração, decorrente dos valores atribuídos a componente. Em geral, as componentes que compõem a matriz apresentam valores de difícil interpretação. Esta limitação foi superada pelo procedimento de transformação ortogonal (rotação da matriz dos pesos fatoriais), gerando uma nova matriz, de mais fácil interpretação. O processo maximiza a variância entre as componentes, alterando a raiz característica sem afetar a proporção da variância total explicada pelo conjunto. O modelo de rotação ortogonal *varimax* foi adotado devido sua facilidade de interpretação e emprego freqüente em estudos de qualidade de água e processos hidrológicos (SINGH *et al.*, 2005; ANDRADE *et al.*, 2007b; PALÁCIO *et al.*, 2011; WU e KUO, 2012).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Inicialmente, utilizaram-se todos os 32 indicadores de qualidade de água para estabelecer os componentes principais, mas o modelo da AF/ACP não se mostrou adequado ($KMO < 0,5$). Com isto, foram selecionadas as variáveis mais significativas pelo teste de sensibilidade: Na^+ , K^+ , RAS, TB, CV, CA, CE, ST, SDT, pH, OD, Cl-a, NH_4^+ e PT. A partir desses 14 indicadores, elaborou-se a matriz de correlação apresentada na Tabela 1. Segundo Norusis (1990), correlações apresentando valores absolutos superiores a 0,3 expressam um alto índice de inter-relações entre as variáveis.

Tabela 1– Matriz de correlação das variáveis indicadoras da qualidade das águas do açude Orós-CE

	Na^+	K^+	RAS	TB	CV	CA	CE	ST	SDT	pH	OD	Cl-a	NH_4^+	FT
Na^+	1													
K^+	0,910	1												
RAS	0,913	0,916	1											
TB	0,048	0,032	0,059	1										
CV	-0,076	-0,056	-0,071	0,862	1									
CA	0,001	-0,034	-0,016	0,909	0,823	1								
CE	0,299	0,349	0,364	-0,024	-0,091	0,007	1							
ST	0,549	0,438	0,440	0,294	0,135	0,345	0,441	1						
SDT	0,504	0,449	0,457	0,219	0,056	0,202	0,409	0,853	1					
pH	0,346	0,285	0,299	-0,237	-0,489	-0,196	0,088	0,247	0,239	1				
OD	0,185	0,206	0,230	-0,247	-0,343	-0,275	0,019	0,059	0,051	0,599	1			
Cl-a	0,079	0,115	0,092	-0,252	-0,359	-0,264	-0,126	-0,143	-0,130	0,545	0,460	1		
NH_4^+	0,397	0,337	0,294	0,021	-0,043	0,029	-0,053	0,304	0,307	0,320	0,146	0,083	1	
FT	0,079	-0,001	-0,007	0,099	0,112	0,110	-0,100	0,187	0,166	0,018	0,136	0,007	0,309	1

As maiores correlações observadas no estudo foram para os pares: K^+ – RAS (0,916); Na^+ – RAS (0,913); Na^+ – K^+ (0,910); TB – CA (0,909); TB – CV (0,862); CV – CA (0,823); ST – SDT (0,853). As elevadas correlações verificadas entre Na^+ , K^+ e RAS podem ser atribuídas à geologia da bacia do reservatório, haja vista que esses elementos fazem parte da formação geológica da mesma, sendo que a RAS representa os íons Ca^{2+} e o Mg^{2+} , os mais representativos da geologia local, e o Na^+ . Elevadas correlações entre Na^+ e RAS (0,982) também foram verificadas por Palácio (2004) no rio Trussu, Ceará.

As altas correlações entre cor aparente, cor verdadeira e turbidez; como também sólidos totais e dissolvidos, podem ser explicados pelo fato de que esses indicadores de qualidade das águas são definidos pela reflexão e refração da luz sobre materiais dissolvidos ou em suspensão e pelo fato de que as frações dissolvidas são parte dos sólidos totais. Essas associações são indicativas de processos naturais (erosão dos solos) ou não-naturais, como aceleração dos processos erosivos pela degradação da mata ciliar, e ainda despejo de efluentes sanitários e industriais gerados nas sedes municipais e atividades agropecuárias. Andrade *et al.* (2007b) também observou alta correlação entre cor e turbidez (0,969) nas águas na bacia do Acaraú, região norte do Estado do Ceará.

O teste de adequacidade aplicado ao modelo para comparar a magnitude dos coeficientes,

Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), apresentou um índice igual a 0,714 (bom), indicando que o modelo fatorial pode ser aplicado aos dados dos 14 indicadores sem restrições, uma vez que a limitação do modelo começa quando KMO é inferior a 0,5. Resultados semelhantes foram encontrados por Palácio (2004) em estudo de qualidade de água no rio Trussu, Ceará, onde observou KMO de 0,709 e por Andrade *et al.* (2009) para as águas do reservatório Ayers de Souza na bacia do Acaraú, Ceará que observou KMO de 0,736.

Pelo teste da Análise Fatorial/ Análise de Componentes Principal (AF/ACP), foi selecionado um modelo composto por cinco componentes (Tabela 2). A seleção do número de componentes teve como base os princípios descritos por Norusis (1990), ou seja, considerar somente aqueles componentes que apresentem um autovalor superior a um. As componentes expressam a relação entre fatores e variáveis e permitem a identificação das variáveis com maiores inter-relações em cada componente. Para suplantar as dificuldades na identificação das variáveis mais significativas na matriz de pesos fatoriais, em decorrência de valores muito próximos entre si dos pesos fatoriais, aplicou-se a transformação ortogonal pelo emprego do algoritmo *varimax*. Pesquisadores como Singh *et al.* (2005); Andrade *et al.* (2007b); Wu e Kuo (2012) obtiveram uma matriz de mais fácil interpretação com a aplicação do algoritmo *varimax* na elaboração da matriz transformada.

Tabela 2- Valores das comunalidades, variância explicada e dos pesos fatoriais dos componentes do modelo após a rotação pelo algoritmo *varimax*.

Variáveis	Comunalidades	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5
Na ⁺	0,939	0,913	-0,002	0,264	0,116	0,147
K ⁺	0,940	0,941	-0,012	0,204	0,110	0,031
RAS	0,934	0,931	0,002	0,228	0,125	-0,001
TB	0,946	0,046	0,959	0,089	-0,121	0,029
CV	0,908	-0,014	0,891	-0,064	-0,330	0,035
CA	0,927	-0,041	0,942	0,154	-0,109	0,045
CE	0,698	0,209	-0,118	0,731	-0,071	-0,316
ST	0,884	0,286	0,244	0,824	0,059	0,243
SDT	0,828	0,290	0,132	0,814	0,032	0,253
pH	0,811	0,174	-0,187	0,224	0,827	0,111
OD	0,658	0,091	-0,171	0,043	0,780	0,101
Cl-a	0,723	0,065	-0,127	-0,233	0,804	-0,043
NH ₄ ⁺	0,660	0,352	-0,015	0,051	0,133	0,718
PT	0,687	-0,096	0,074	0,067	0,017	0,817
Autovalor		2,98	2,78	2,19	2,14	1,46
Variância Explicada %		21,25	19,85	15,63	15,30	10,41
Variância Acumulada %		21,25	41,10	56,73	72,03	82,44

Ainda na Tabela supracitada, podem ser observados os valores dos pesos fatoriais, que indicam as variáveis mais significativas em cada fator. No primeiro componente (CP1) os indicadores que se destacaram foram: Na⁺, K⁺ e RAS, com pesos fatoriais superiores a 0,910, indicando que essas variáveis são as mais significativas na variação da qualidade das águas do açude Orós. Esse componente é representativo da presença dos sais oriundos do processo de

mineralização das águas, decorrentes dos íons presentes na estrutura geológica da bacia de drenagem do reservatório e influência das condições climáticas da região.

A elevada variabilidade de valores de Na^+ e K^+ , como também dos íons Ca^{2+} e Mg^{2+} , e consequentemente da RAS, no primeiro componente, deve estar associada à presença de jazidas destes minerais presentes nas áreas de drenagem. Estas jazidas são exploradas comercialmente para os minerais de Ca^{2+} e Mg^{2+} há vários anos. Outro fator é que os solos predominantemente na bacia são da classe argissolo vermelho-amarelo eutrófico, de baixa permeabilidade, e os neossolos litólicos, permeáveis. De acordo com Mota *et al.* (2002) estudando a mineralogia de um argissolo vermelho-amarelo eutrófico no sertão do Ceará e Alho *et al.* (2007) estudando a mineralogia de um neossolo litólico, os cátions Ca^{2+} e Mg^{2+} são os predominantes no complexo de troca desses solos, sendo o primeiro solo com maiores presença de Na^+ e K^+ .

Resultados semelhantes foram verificados por Meireles (2007) estudando as águas superficiais da bacia do Acaraú, Ceará, que também observou a presença dos indicadores Na^+ , K^+ e RAS no primeiro componente, sendo influenciados pela alta taxa evaporativa da região. Girão *et al.* (2007) avaliando os indicadores da qualidade de água no Rio Jaibaras, Ceará, encontrou modelo mostrando que as variáveis mais significativas na qualidade das águas foram: RAS, Ca^{2+} e Na^+ , expressando uma componente mineral. A mineralização das águas determinante na qualidade das águas também foi verificada por Palácio (2004), que observou os elementos Na^+ e RAS no primeiro componente, como principais indicadores da variabilidade das águas o rio Trussu, Ceará.

O componente que detém o segundo maior percentual da variância total dos dados (CP2) está relacionada com as variáveis físicas, que refletem a contaminação das águas pelos sedimentos carregados pela erosão hídrica (turbidez, cor aparente e cor verdadeira). Esse componente, expressa as propriedades físicas que influenciam nas características óticas apresentadas pelo corpo hídrico. Essas propriedades estão ligadas à poluição causada pelo uso e ocupação da bacia hidrográfica do reservatório, que causa a degradação da mata ciliar, responsável pela retenção dos sedimentos. Outra contribuição nestes pontos é dos esgotos e resíduos sólidos dispostos, inadequadamente, próximos às margens do reservatório. A influência do carreamento de sedimentos devido à erosão hídrica e contaminantes antrópicos já foram identificadas em estudos dos corpos hídricos de diversos locais (SINGH *et al.*, 2005; ANDRADE *et al.*, 2007b; ZHAO e CUI, 2009).

A alta variabilidade dos valores dos parâmetros relacionados aos sedimentos nas águas, estando representada no segundo componente, está atrelada aos materiais carregados pelos afluentes e ao uso e ocupação dos solos no entorno do reservatório. Conforme estudos realizados por Arraes (2010), na elaboração, de informações referentes ao reservatório e áreas de entorno do açude Orós, a vegetação rala representa cerca de 45,44% do uso total. De acordo com este autor, nesta classe está inserida a vegetação herbácea arbustiva (porte baixo a médio) aberta à densa. A área

antropizada corresponde a 26,94%; seguida da área ocupada pela vegetação densa de apenas 12,43%; reservatório (9,62%) e área destinada à agricultura (5,57%). Podendo assim, ser notada a ação antrópica como agente de modificação do meio ambiente na região. Pesquisadores como Gomes *et al.* (2007) e Vanzela *et al.* (2010) observaram que a ausência de matas ciliares, devido a atividades antrópicas e agropecuárias, favorece o transporte e a deposição de materiais sólidos nos mananciais, evidenciando assim, a função da mata ciliar na contenção de sólidos que poderiam vir a atingir os corpos d'água com o deflúvio da bacia.

Para o terceiro componente (CP3) deste estudo, os indicadores mais importantes foram a CE, os sólidos dissolvidos totais e os sólidos totais. Este componente está relacionado com os sais totais dissolvidos nas águas do reservatório, notadamente pela presença dos dois primeiros parâmetros, que expressam os métodos mais difundidos para se expressar a concentração de sais nas águas. O fato desses indicadores não terem se apresentado no primeiro componente (CP1), relacionado ao processo salinização natural das águas (mineralização), pode ser um indicativo de que este terceiro componente (CP3) pode estar relacionado, principalmente, à origem de sais não naturais, os quais podem ser atribuídos ao aporte de esgotos ao reservatório e/ou ao carreamento de fertilizantes químicos. No entanto, não se descarta a participação dos sais naturais na variação da salinidade das águas, até pelo fato dos indicadores presentes no CP3 ter apresentado correlações significativas (Tabela 1) com as variáveis Na^+ , K^+ e RAS presentes no CP1.

Para o quarto componente (CP4) os indicadores mais representativos foram pH, OD e clorofila "a". A presença dessas variáveis evidencia um componente indicativo da ação antrópica na qualidade das águas do açude Orós. Os processos de poluição orgânica e a eutrofização das águas são bem caracterizados pelas variáveis observadas nesse componente, já que o consumo do OD é um indicativo da quantidade de matéria orgânica e a clorofila "a" é a consequência dos processos de proliferação da vegetação aquática, que ocorre devido ao enriquecimento das águas com nutrientes e favorecimento da temperatura no processo de aceleração do metabolismo (LACERDA *et al.*, 2004). A associação entre pH e OD no mesmo componente, também foi verificada (MOURA *et al.*, 2010; ANDRADE *et al.*, 2007b). De acordo com Singh *et al.* (2005) esse fato pode ser explicado devido a matéria orgânica, que ao ser degradada consome oxigênio através de processos que conduzem à formação de substâncias que promoveram uma alteração no pH da água. Quanto à participação da clorofila "a" associada ao OD nesse quarto componente, pode-se atribuir à relação existente entre a produção de oxigênio como produto final na fotossíntese no período de insolação, e ao consumo de oxigênio devido aos processos de respiração e decomposição das algas.

Avaliando o quinto componente (CP5) deste estudo, a presença dos indicadores fósforo total e amônia, sugere um fator relacionado, principalmente, com as atividades agrícolas e criação de animais nas áreas no entorno do reservatório. Estas atividades são fontes de poluição difusa, que

influenciam significativamente na concentração dos nutrientes nas águas superficiais. A amônia e os nitratos são indicativos do grau de poluição do corpo d'água pelo lançamento de efluentes domésticos e industriais, e lixiviação de solos onde foram aplicados fertilizantes nitrogenados, sendo a amônia indicativa da poluição recente, já que o produto final é a sua oxidação e, conseqüentemente, transformação em nitrato (GIRÃO *et al.*, 2007).

Este último fator, relacionado aos nutrientes em decorrência principalmente de atividades agropecuárias, estão de acordo com resultados encontrados por Andrade *et al.* (2007a) na bacia do Acaraú, que encontraram, só que para o segundo componente, uma relação com as atividades agrícolas e pastoris e a nutrição das águas. Outro fato relevante além da influência da agropecuária, e que não se deve descartar é a influência da criação de peixes em tanques-rede realizadas no interior do reservatório; o aporte de sedimento contendo fósforo e os detergentes, usados na limpeza doméstica e presentes nos esgotos das comunidades que existem no entorno e que são carregados dos rios e riachos que deságuam no Orós. Estas atividades podem representar uma elevada fonte de fósforo para as águas do reservatório. A influência dos detergentes na qualidade das águas, também foi observada por pesquisadores como Mendiguchía *et al.* (2004) e Girão *et al.* (2007).

4. CONCLUSÕES

1. O uso da análise de componentes principais proporcionou a redução de quatorze dimensões para cinco componentes, explicando 82,44% da variância total;
2. As componentes permitiram detectar: a origem de minerais associados ao processo de dissolução dos cátions provenientes da geologia e dos solos, a deposição de sedimentos carregados via erosão, os sais totais de origem natural e/ou não natural, a ação antrópica e os fertilizantes e despejos domésticos.

BIBLIOGRAFIA

- ALHO, D. R.; JÚNIOR, J. M.; CAMPOS, M. C. C. (2007). “*Caracterização física, química e mineralógica de Neossolos Litólicos de diferentes materiais de origem*”. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, Recife, v. 2, n. 2, pp. 117-122, abr.-jun.
- ANDRADE, E. A.; GIRÃO, E. G.; ROSA, M. F.; CHAVES, L. C. G.; MENDONÇA, M. A. B.; MEIRELES, A. C. M. (2009). “*Avaliação da qualidade das águas no açude Ayres de Souza pelo emprego da estatística multivariada*”. In: XVIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2009, Campo Grande. 2009. Anais... Campo Grande: Associação Brasileira de Recursos Hídricos.
- ANDRADE, E. M.; ARAÚJO, L. F. P.; ROSA, M. F.; GOMES, R. B.; LOBATO, F. A. O. (2007a) “*Fatores determinantes da qualidade das águas superficiais na bacia do Alto Acaraú, Ceará, Brasil*”. Ciência Rural, Santa Maria, v. 37, n. 6, pp. 1791-1797.
- ANDRADE, E. M.; ARAÚJO, L. F. P.; ROSA, M. F.; PAULINO, W. D.; ALVES, A. B. (2007b) “*Seleção dos indicadores da qualidade das águas superficiais pelo emprego da análise*

- multivariada*". Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 27, n. 3, pp. 683-690.
- APHA. (2005). "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER". 21.ed. Washington, DC, EUA: American Public Health Association (APHA), the American Water Works Association (AWWA), and the Water Environment Federation (WEF).
- ARRAES, F. D. D. (2010). "Dinâmica do balanço de energia na bacia hidráulica do açude Orós e suas adjacências". 2010. 90 f. Dissertação (Mestrado em Manejo de Bacias Hidrográficas no Semiárido) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- GIRÃO, E. G.; ANDRADE, E. M.; ROSA, M. F.; ARAÚJO, L. F. P.; MEIRELES, A. C. M. (2007). "Seleção dos indicadores da qualidade de água no Rio Jaibaras pelo emprego da análise de componentes principais". Revista Ciência Agronômica, Fortaleza, v. 38, n. 1, pp. 17-24.
- GOMES, N. M.; FARIA, M. A. DE; SILVA, A. M. DA; MELLO, C. R. DE; VIOLA, M. R. (2007). "Variabilidade espacial de atributos físicos do solo associados ao uso e ocupação da paisagem". Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 11, n. 4, pp. 427-435.
- HAIR JUNIOR, J. F.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L.; BLACK, W. C. (2005). "Análise multivariada de dados". Tradução de Adonai Schlup Sant'Anna e Anselmo Chaves Neto, 5. ed. Porto Alegre: Bookman. pp. 593.
- LACERDA, S. R.; KOENING, M. L.; LEITÃO, L.; FLORES-MONTES, M. J. (2004). "Phytoplankton nyctemeral variation at a tropical river estuary (Itamaracá – Pernambuco – Brazil)". Brazilian Journal of Biology, São Carlos, v. 64, n. 1, pp. 81-94.
- MEIRELES, A. C. M. (2007). "Dinâmica qualitativa das águas superficiais da bacia do Acaraú e uma proposta de classificação para fins de irrigação". 2007. 180 f. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- MENDIGUCHIA, C.; MORENO, C.; GALINDO-RIÂNO, M.D.; GARCÍA-VARGA, M. (2004). "Using chemometric tools to assess anthropogenic effects in river water". A case study: Guadalquivir river (Spain). Analytica Química Acta, v. 515, p.143-149.
- MOTA, F. O. B.; OLIVEIRA, J. B.; GEBHARDT, H. (2002) "Mineralogia de um argissolo vermelho-amarelo eutrófico e de um planossolo háplico eutrófico solódico numa topossequência de gnaiss no sertão central do Ceará". Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 26, pp. 607-618.
- MOURA, L. H. A.; BOAVENTURA, G. R.; PINELLI, M. P. A. (2010). "Qualidade de água como indicador de uso e ocupação do solo: bacia do Gama – Distrito Federal". Química Nova, São Paulo, v. 33, n. 1, p. 97-103, 2010.
- NORUSIS, M.J. (1990). *SPSS Base System User's Guide*. Chicago: SPSS Inc. pp.520.
- PALÁCIO, H. A. Q.(2004). "Índice de qualidade das águas na parte baixa da bacia hidrográfica do rio Trussu, Ceará". 2004. 96 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- PALÁCIO, H. A. Q.; ARAÚJO NETO, J. R.; MEIRELES, A. C. M.; CHAVES, L. C. G. (2011). "Similaridade e fatores determinantes na salinidade das águas superficiais do Ceará, por técnicas multivariadas". Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.15, n.4, pp.395-402.
- PEREIRA, R. S. (2004). "Identificação e caracterização das fontes de poluição em sistemas hídricos". Revista Eletrônica de Recursos Hídricos, Porto Alegre, v. 1, n. 1, pp. 20-36, jul.-set.
- SINGH, K. P.; MALIK, A.; SINHA, S. (2005). "Water quality and apportionment of pollution sources of Gomti river (India) using multivariate statistical techniques – a case study". Analytica Chimica Acta, v. 538, pp. 355-374.
- VANZELA, L. S.; HERNANDEZ, F. B. T; FRANCO, R. A. M. (2010). "Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do Córrego Três Barras, Marinópolis". Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 14, n. 1, pp. 55-64.
- ZHAO, Z. W.; CUI, F. Y. (2009). "Multivariate statistical analysis for the surface water quality of the Luan River, China". Journal of Zhejiang University SCIENCE A, Hangzhou, v.10, n. 1, pp. 142-148.
- WU, E. M-Y.; KUO, S.-L. (2012). "Applying a Multivariate Statistical Analysis Model to Evaluate the Water Quality of a Watershed". Water Environ. Res.,v. 84, pp.2075-2085.