

# VARIAÇÕES NA QUALIDADE DA ÁGUA SUPERFICIAL DOS RESERVATÓRIOS DAS BACIAS DOS RIOS PIAUÍ – REAL/SERGIPE

*Robson Silva de Lima<sup>1</sup>; Lucas Cruz Fonseca<sup>2</sup>; Lúcia Calumby B. Macedo<sup>3</sup>; Elisângela de Andrade Passos<sup>4</sup>; José do Patrocínio Hora Alves<sup>5</sup>*

**RESUMO** - Nesse trabalho foram avaliadas a qualidade da água e suas variações temporais, para os reservatórios Dionísio Machado (DM), Tabocas (TB), Amargosa (AG) e Jabiberi (JB), situados na região Centro Sul do Estado de Sergipe. A análise de componentes principais (ACP) e de correlação foram aplicadas ao conjunto dos dados, para obter informações sobre as diferenças entre os períodos seco e chuvoso, as variáveis envolvidas na discriminação e as fontes que a originaram. A ACP separou os reservatórios DM e JB de AG e TB. A água dos reservatórios AG e TB se diferencia pelas concentrações mais elevadas dos componentes minerais de origem natural, associados a bacia de drenagem e ao intemperismo dos solos. A qualidade da água de JB não apresentou variação sazonal significativa. Variações temporais foram observadas para os reservatórios TB e DM, e estão associadas à maior turbidez da água no período chuvoso e a valores mais elevados da alcalinidade, NH<sub>3</sub> e HCO<sub>3</sub> no período seco. AG só foi amostrada no período chuvoso, não tinha água no período seco.

**ABSTRACT** –In this work were evaluated water quality and its temporal variations for the reservoirs Dionísio Machado (DM), Tabocas (TB) Amargosa (AG) and Jabiberi (JB) located in the South Central region of the state of Sergipe. The principal component analysis (PCA) and correlation analyzes were applied to the data set in order to obtain information about the differences between the dry and rainy seasons, about the variables involved in the discrimination and sources that originated them. The PCA separated the DM and JB from AG and TB reservoirs. The water in the reservoirs AG and TB differs by higher concentrations of mineral components of natural sources, associated with the drainage basin and soils weathering. The quality of JB water showed no significant seasonal variation. Temporal variations were observed for TB and DM reservoirs, and are associated with higher water turbidity during the rainy season and higher values of alkalinity, NH<sub>3</sub> and HCO<sub>3</sub> in the dry season. AG was only sampled in the rainy season, it had no water during the dry season.

**Palavras-Chave** – reservatórios, hidroquímica, análise estatística multivariada

---

1) Mestrado em Recursos Hídricos – UFS, Cidade Universitário Prof. José Aloísio Campos, São Cristóvão – SE; CEP. 49.100-000, [robpesca@hotmail.com](mailto:robpesca@hotmail.com)

2) Instituto Tecnológico e de Pesquisas do Estado de Sergipe – ITPS, Aracaju – SE, [lcfonseca93@gmail.com](mailto:lcfonseca93@gmail.com)

3) Instituto Tecnológico e de Pesquisas do Estado de Sergipe – ITPS, Aracaju – SE, [ditec@itps.se.gov.br](mailto:ditec@itps.se.gov.br)

4) Mestrado em Recursos Hídricos – UFS, São Cristóvão – SE; CEP. 49.100-000, [elisapassos@gmail.com](mailto:elisapassos@gmail.com)

5) Mestrado em Recursos Hídricos – UFS, São Cristóvão – SE; CEP. 49.100-000; Instituto Tecnológico e de Pesquisas do Estado de Sergipe – ITPS, fone/fax (79) 3179-8090, Rua Campo do Brito 371, CEP. 49.020 – 380, [patrocinio@itps.se.gov.br](mailto:patrocinio@itps.se.gov.br)

## INTRODUÇÃO

O advento da industrialização e o crescimento populacional provocaram um aumento quantitativo muito grande na utilização de água doce, como também aumentaram as exigências em termos de água de melhor qualidade. Dentre os principais usos atuais da água, podemos destacar a sua utilização como alimento, na higiene pessoal, na agricultura (irrigação e dessedentação de animais), na navegação para transporte de bens, nos processos químicos industriais, na refrigeração de plantas industriais, na geração de energia e recreação (banho e pesca). Felizmente as atividades de maior demanda em termos quantitativos, irrigação e refrigeração industrial, requerem o mínimo em relação à qualidade. O abastecimento doméstico e a industrialização de produtos manufaturados especiais demandam água de melhor qualidade, mas o consumo nestas atividades ainda é relativamente moderado.

Os reservatórios, para muitas regiões do mundo e mais precisamente nas áreas semi-áridas, constituem a principal fonte de água para consumo doméstico, industrial e irrigação e por isso, torna-se imperativo se dispor de informações que permitam prevenir e controlar a poluição de suas águas (Singh *et al.*, 2004; Varolet *al.*, 2012).

Muitos reservatórios já perderam a sua capacidade de abastecimento público, de manutenção da vida aquática, de irrigação e de recreação devido ao acelerado processo de eutrofização (Figueiredo, 2007).

A qualidade da água é definida por um conjunto de parâmetros relacionados com as suas características físicas, químicas e biológicas. O processo de avaliação da qualidade da água corresponde a um conjunto de medidas físicas, químicas e biológicas, diretamente relacionadas com a proposta de uso da água, ou seja, os parâmetros a serem medidos para avaliação da qualidade serão escolhidos considerando o uso final da água (Chapman, 1992).

A análise estatística multivariada tem sido aplicada na avaliação da qualidade de águas superficiais, pois são úteis na verificação de variações espaço – temporal e na identificação de fatores naturais e antropogênicos associados a sazonalidade (Singh *et al.*, 2004, 2005; Qadir *et al.*, 2007; Shrestha; Kazama, 2007; Varol; Şen, 2009; Varolet *al.*, 2012).

Nesse trabalho foram avaliadas a qualidade da água e suas variações temporais, para os reservatórios Dionizio Machado (DM), Tabocas (TB), Amargosa (AG) e Jabiberi (JB), situados na região Centro Sul do Estado de Sergipe. A análise de componentes principais (ACP) e de correlação foram aplicadas ao conjunto dos dados, para obter informações sobre as diferenças entre os períodos seco e chuvoso, as variáveis envolvidas na discriminação e as fontes que a originaram.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Área de Estudo

O estudo abrange quatro reservatórios, localizados na região Centro Sul do Estado de Sergipe. Os reservatórios Dionizio Machado (DM) e Tabocas (TB) estão inseridos na bacia hidrográfica do rio Piauí e o Amargosa (AG) e Jabiberi (JB) na bacia do rio Real. O DM está situado na cidade de Lagarto e tem um volume de 15.000.000 m<sup>3</sup>. O TB com um volume de 115.000 m<sup>3</sup>, encontra-se no município de Simão Dias. O JB localizado no município de Tobias Barreto tem uma capacidade acumulada de 4.300.000 m<sup>3</sup> e o AG situado no município de Poço Verde tem um volume de 2.214.000 m<sup>3</sup>. Os reservatórios DM, JB e TB têm como usos principais a irrigação e suprimento humano.

### Amostragem e análises químicas

Amostras de água de superfície foram coletadas no período de junho/2013 a janeiro de 2014 nos seguintes pontos: DM (645.503 E, 8.788.322 N UTM), TB (631.638 E, 8.810.394 N UTM), JB (619.205 E, 8.777.592 N UTM) e AG (588.495 E, 8.813.276 N UTM) (Fig. 1).

As amostras foram acondicionadas, preservadas e transportadas para o laboratório de acordo com as recomendações do *standard methods* (APHA, 2012). Foram analisadas no Instituto Tecnológico e de Pesquisas do Estado de Sergipe (ITPS), para determinação dos seguintes parâmetros: pH, condutividade elétrica (CE), turbidez (TR), oxigênio dissolvido (OD), alcalinidade total (ALC), dureza (DUR), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), sólidos totais dissolvidos (STD), cor (COR), carbono orgânico total (COT), fósforo total (PT), nitrato (NO<sub>3</sub>), nitrito (NO<sub>2</sub>), nitrogênio amoniacal (NH<sub>3</sub>), fosfato (PO<sub>4</sub>), sódio (Na), potássio (K), cálcio (Ca), Magnésio (Mg), cloreto (Cl), sulfato (SO<sub>4</sub>), bicarbonato (HCO<sub>3</sub>), coliformes termotolerantes (COL) e temperatura da água (TEP, medida no campo).

Todos os parâmetros foram determinados seguindo os protocolos do *standard methods* (APHA, 2012).

Para garantia da qualidade analítica foram usados a calibração com padrões, a análise de reagentes em branco e determinações em replicatas. O laboratório também participa regularmente de programas de proficiência e tem acreditação para alguns parâmetros.

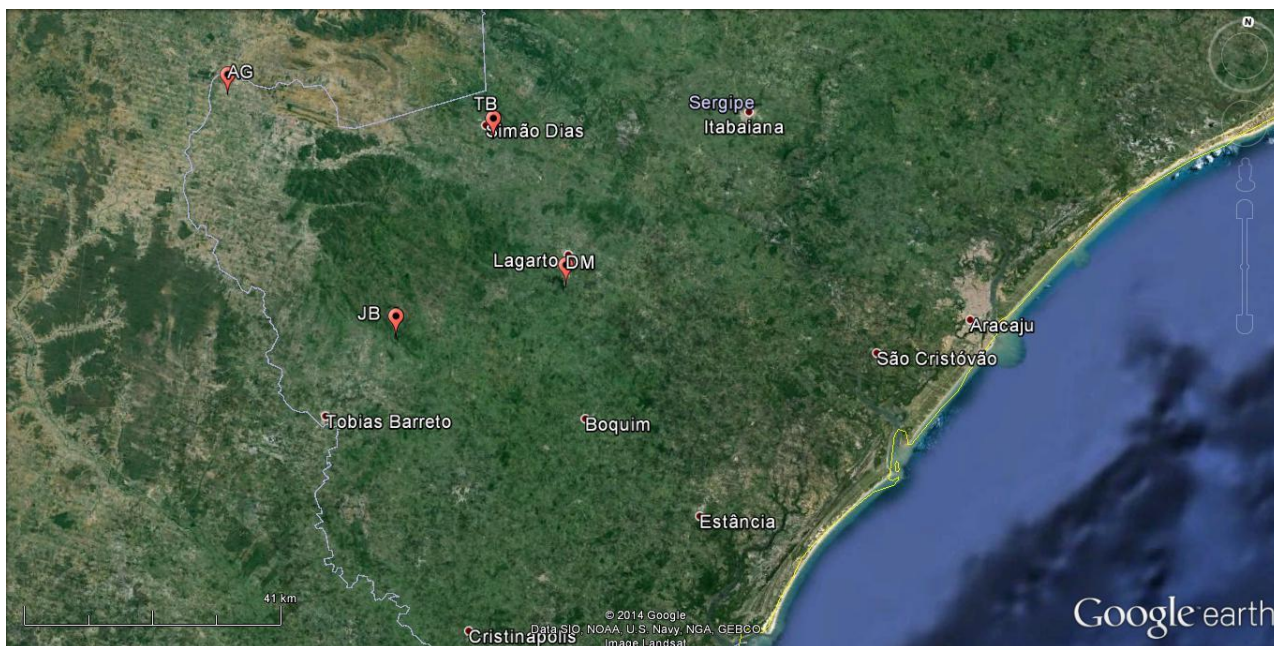


Figura 1 – Mapa mostrando a localização dos pontos de amostragem, reservatórios Amargosa (AG), Tabocas (TB), Dionísio Machado (DM) e Jabiberi (JB).

## Tratamento dos dados

A análise de componentes principais (PCA) e análise de correlação foram aplicadas ao conjunto dos dados, utilizando o programa Statistica para Windows, versão 6.0 (StatSoft Inc., EUA). Um valor- $\alpha$  de 0,05 foi adotado como nível crítico para todos os testes estatísticos, dando um nível de confiança de 95%.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os parâmetros da qualidade da água para as amostras coletadas nos períodos seco e chuvoso, para os quatro reservatórios, são mostrados na Tabela 1. O reservatório Amargosa só foi amostrado no período chuvoso porque não tinha água no período seco. A análise de componentes principais (ACP) e a análise de correlação de Spearman foram aplicadas ao conjunto dos dados da Tabela 1, com objetivo de comparar o padrão de qualidade da água entre os reservatórios e obter informações sobre as diferenças entre os períodos seco e chuvoso, sobre as variáveis envolvidas na discriminação e as fontes que a originaram.

Tabela 1 – Valores dos parâmetros de qualidade da água de superfície dos reservatórios

Reservatório	Amargosa	Jabiberi	Taboca	Dionísio	Jabiberi	Taboca	Dionísio
	Período chuvoso				Período seco		
pH	7,80	7,20	7,50	7,10	7,70	8,00	9,50
CE ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	4175	203,4	1313	435,8	294,9	1870	1009
TR ( $\mu\text{T}$ )	41,40	26,80	11,80	49,20	21,10	5,40	10,40
OD ( $\text{mg L}^{-1}$ )	4,65	5,46	6,03	5,14	5,73	3,28	10,99
ALC ( $\text{mg L}^{-1}$ )	98,85	37,72	124,70	45,50	40,44	183,3	84,32
DUR ( $\text{mg L}^{-1}$ )	403,8	29,77	281,0	77,07	34,96	452,9	174,1
DBO ( $\text{mg L}^{-1}$ )	19,10	18,60	10,40	12,00	18,00	0,01	22,40
STD ( $\text{mg L}^{-1}$ )	2881	113,9	905,8	300,7	165,1	1047	565,2
TEP ( $^{\circ}\text{C}$ )	24,0	25,0	23,0	25,0	26,0	30,0	30,0
COR ( $\mu\text{H}$ )	0,20	15,00	1,09	12,00	52,00	1,57	3,38
PT ( $\text{mg L}^{-1}$ )	0,38	0,01	0,05	0,83	0,061	0,01	0,01
COT ( $\text{mg L}^{-1}$ )	66,41	18,56	18,44	17,74	12,16	15,39	15,47
COL (NMP/100mL)	170	11	61	11	2	130	12
$\text{NO}_3$ ( $\text{mg L}^{-1}$ )	0,520	0,21	0,210	0,29	0,17	0,940	0,01
$\text{NO}_2$ ( $\text{mg L}^{-1}$ )	0,015	0,015	0,100	0,180	0,015	0,015	0,015
$\text{NH}_3$ ( $\text{mg L}^{-1}$ )	0,03	0,03	0,04	0,03	0,10	0,20	0,15
$\text{PO}_4$ ( $\text{mg L}^{-1}$ )	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033
Na ( $\text{mg L}^{-1}$ )	578,6	23,06	104,4	40,55	54,63	185,0	137,1
K ( $\text{mg L}^{-1}$ )	83,12	2,22	6,20	2,71	2,27	6,05	4,48
Ca ( $\text{mg L}^{-1}$ )	105,1	7,20	78,96	20,30	7,47	99,56	50,13
Mg ( $\text{mg L}^{-1}$ )	34,38	2,87	20,38	6,42	3,97	49,75	11,90
$\text{HCO}_3$ ( $\text{mg L}^{-1}$ )	68,85	37,72	124,70	45,50	40,44	183,30	66,25
$\text{SO}_4$ ( $\text{mg L}^{-1}$ )	66,80	2,24	46,14	11,90	5,28	30,99	33,43
Cl ( $\text{mg L}^{-1}$ )	1213	33,06	279,3	84,98	85,75	479,3	241,9

As duas primeiras componentes principais representam juntas 76,6 % da variância total (fator 1, 52,4%; fator 2, 24,2%). A primeira componente (fator 1) está fortemente associada (peso >0,80) aos componentes minerais da água (DUR, STD, Na, K, Ca, Mg,  $\text{SO}_4$ , Cl), enquanto a segunda componente mostrou uma forte correlação com a TUR, TEP, ALC,  $\text{NH}_3$  e  $\text{HCO}_3$ . A localização representativa da qualidade da água de cada reservatório, no período seco e chuvoso, no plano formado pelas duas componentes principais é mostrada no Figura 1.

A primeira componente (fator 1) separou a água de DM e JB da água de AG e TB. AG e TB se diferenciam de DM e JB, por suas águas possuírem concentrações mais elevadas dos componentes minerais. Na matriz de correlação (Tab. 2) observa-se uma correlação positiva e elevada ( $r = 0,777$  a  $0,996$ ) entre CE, DUR, STD, Na, K, Ca, Mg,  $\text{SO}_4$  e Cl, que são constituintes de origem natural, associados a bacia de drenagem e ao intemperismo dos solos.

A segunda componente principal (fator 2) discriminou a qualidade da água entre os períodos seco e chuvoso. A água do reservatório JB não apresentou variação sazonal significativa (Fig. 2).

Variações temporal foram observadas para as águas dos reservatórios TB e DM. A segunda componente (fator 2) evidencia que a variação sazonal foi causada principalmente, pela maior TR da água no período chuvoso e pela maior TEP e concentrações mais elevadas da ALC,  $\text{NH}_3$  e  $\text{HCO}_3$  no período seco. Variações sazonais relacionadas a diferenças nas concentrações da ALC e  $\text{HCO}_3$  têm sido atribuída ao maior acumulação de  $\text{HCO}_3$ , durante o período de maior estagnação (Winneret *al.*, 1962). O aumento da TR é devido ao maior fluxo fluvial e escoamento superficial no período chuvoso. A forte correlação positiva entre TR e o PT (Fig. 2), sugere que o fósforo é transportado para o reservatório adsorvido ao material particulado (Varolet *al.*, 2012).

O COT apresentou uma correlação positiva e elevada com a CE e com os STD e nenhuma correlação com a DBO, o que sugere uma origem natural predominante.

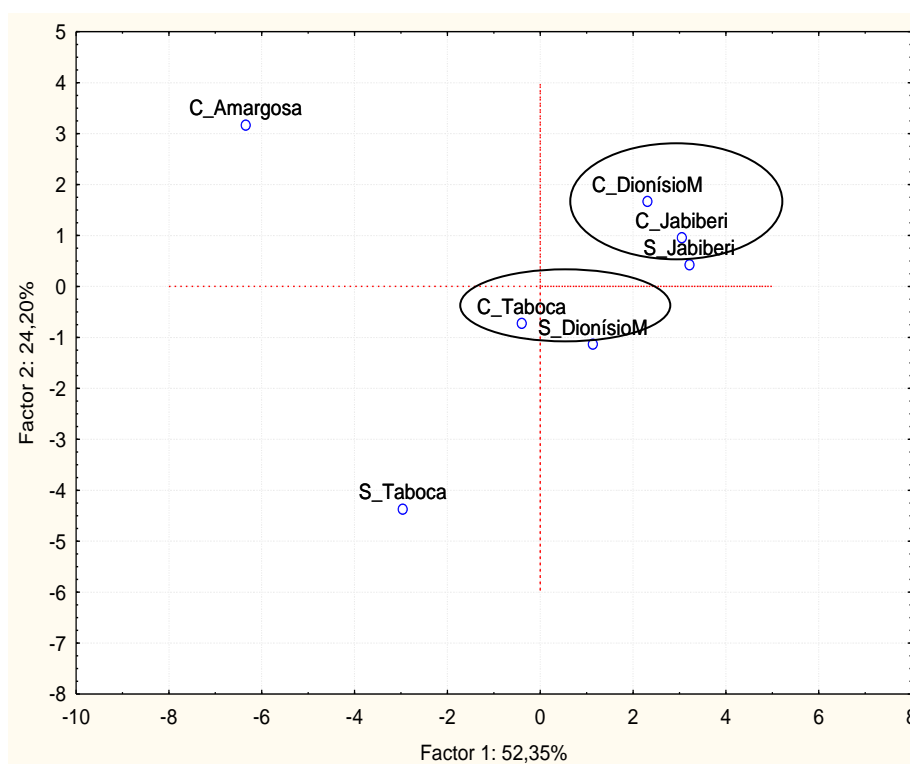


Figura 2 – Diagrama da análise de componentes principais para a qualidade da água dos reservatórios nos períodos seco (S) e chuvoso (C).



Tabela 2 - Matriz de correlação de Spearman para os parâmetros de qualidade da água

	pH	CE	TR	OD	ALC	DUR	DBO	STD	TEP	COR	PT	COT	COL	Na	K	Ca	Mg	HCO3	SO4	Cl
pH	1,000	0,145	-0,530	0,763	0,258	0,220	0,293	0,093	0,725	-0,217	-0,419	-0,061	0,007	0,171	0,003	0,252	0,161	0,143	0,295	0,134
CE		1,000	0,155	-0,260	0,508	<b>0,818</b>	-0,051	<b>0,995</b>	-0,117	-0,525	0,103	<b>0,896</b>	<b>0,930</b>	<b>0,982</b>	<b>0,923</b>	<b>0,851</b>	<b>0,728</b>	0,326	<b>0,901</b>	<b>0,996</b>
TR			1,000	-0,266	-0,577	-0,281	0,306	0,220	-0,559	0,072	<b>0,872</b>	0,499	0,006	0,247	0,436	-0,252	-0,311	-0,625	-0,038	0,200
OD				1,000	-0,276	-0,331	0,648	-0,260	0,325	-0,042	-0,241	-0,236	-0,506	-0,194	-0,228	-0,236	-0,454	-0,343	0,003	-0,266
ALC					1,000	<b>0,909</b>	-0,730	0,443	0,365	-0,598	-0,317	0,093	0,709	0,354	0,143	<b>0,869</b>	<b>0,922</b>	<b>0,974</b>	0,585	0,448
DUR						1,000	-0,530	<b>0,773</b>	0,185	-0,661	-0,124	0,495	0,924	0,706	0,539	<b>0,986</b>	<b>0,970</b>	<b>0,806</b>	<b>0,815</b>	<b>0,777</b>
DBO							1,000	-0,001	-0,194	0,268	-0,011	0,261	-0,382	0,111	0,242	-0,430	-0,651	-0,839	-0,038	-0,002
STD								1,000	-0,204	-0,504	0,147	<b>0,927</b>	<b>0,906</b>	<b>0,984</b>	<b>0,948</b>	<b>0,816</b>	0,670	0,260	<b>0,901</b>	<b>0,994</b>
TEP									1,000	-0,074	-0,358	-0,389	-0,030	-0,126	-0,324	0,101	0,300	0,356	-0,144	-0,122
COR										1,000	-0,087	-0,362	-0,546	-0,421	-0,323	-0,705	-0,563	-0,505	-0,660	-0,467
PT											1,000	0,293	0,014	0,135	0,246	-0,106	-0,143	-0,336	0,013	0,119
COT												1,000	0,739	0,941	0,993	0,552	0,387	-0,093	0,737	<b>0,918</b>
COL													1,000	0,863	0,769	0,909	0,900	0,584	0,799	0,915
Na														1,000	<b>0,968</b>	<b>0,744</b>	0,615	0,157	<b>0,846</b>	<b>0,993</b>
K															1,000	0,590	0,437	-0,048	<b>0,761</b>	<b>0,946</b>
Ca																1,000	0,915	0,749	<b>0,895</b>	<b>0,807</b>
Mg																	1,000	0,851	0,656	0,693
HCO3																		1,000	0,414	0,263
SO4																			1,000	<b>0,868</b>
Cl																				1,000

## CONCLUSÕES

A qualidade da água dos reservatórios Amargosa e Taboca se diferenciam da água dos reservatórios Dionísio Machado e Jabiberi por possuírem concentrações mais elevadas dos componentes minerais.

A água do reservatório Jabiberi não apresentou variação sazonal significativa. Variações temporal foram observada apenas, na qualidade da água dos reservatórios Taboca e Dionísio Machado.

Os resultados da análise de componentes principais mostrou que as diferenças e variações na qualidade da água dos reservatórios estão associadas aos sais dissolvidos e a parâmetros físico – químicos de origem natural.

## AGRADECIMENTOS

Esse trabalho é parte do projeto “Monitoramento de Mananciais Superficiais e Reservatórios do Estado de Sergipe”, Convênio nº 001/2012 entre a Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado de Sergipe (SEMARH) e o Instituto Tecnológico e de Pesquisas de Sergipe (ITPS).

## REFERÊNCIAS

- APHA, 2012. *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*. American Public Health Association, Washington, DC.
- CHAPMAN, D. (ed). *Water Quality Assessments*. Chapman & Hall, 1992.
- FIGUEIREDO, M. C.B.; TEIXEIRA, A. S.; ARAUJO, L. F. P; ROSA, M. F; PAULINO, W. D.; MOTA, S.; ARAUJO, J. C. (2007). “Avaliação da vulnerabilidade ambiental de reservatório à eutrofização”. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, 12, pp. 399 -409.
- SINGH, K.P., MALIK, A., MOHAN, D., SINHA, S. (2004). “Multivariate statistical techniques for the evaluation of spatial and temporal variations in water quality of Gomti River (India): a case study”. *Water Research* 38, pp. 3980–3992.
- QADIR, A., MALIK, R.N., HUSAIN, S.Z. (2007). “Spatio-temporal variations in water quality of Nullah Aik-tributary of the river Chenab, Pakistan”. *Environmental Monitoring and Assessment* 140, pp. 43–59.
- SINGH, K.P., MALIK, A., SINHA, S. (2005). “Water quality assessment and apportionment of pollution sources of Gomti River (India) using multivariate statistical techniques: a case study”. *Analytica Chimica Acta* 538, pp. 355–374.
- SHRESTHA, S., KAZAMA, F. (2007). “Assessment of surface water quality using multivariate statistical techniques: a case study of the Fuji River basin, Japan”. *Environmental Modelling and Software* 22, pp. 464–475.
- VAROL, M., ŞEN, B. (2009). “Assessment of surface water quality using multivariate statistical techniques: a case study of Behrimaz Stream, Turkey”. *Environmental Monitoring and Assessment* 159, pp. 543–553.
- VAROL, M; GÖKOT, B.; BEKLEYEN A.; ŞEN, B.(2012). “Spatial and temporal variations in surface water quality of the dam reservoirs in the Tigris River basin, Turkey”, *Catena* 92, pp. 11-21.
- WINNER, R.W., STRECKER, R.L., INGERSOLL, E.M. (1962). “Some physical and chemical characteristics of Acton Lake, Ohio”. *The Ohio Journal of Science* 62, pp. 55–61.