



Alerta: Os artigos publicados nesta seção não são avaliados por pares e não são indexados. A intenção da seção ECNT é prover um espaço para divulgação de dados e estudos de interesse local, sem caráter científico. Sendo assim, a Revista Águas Subterrâneas não se responsabiliza pelo conteúdo publicado.

Disclaimer: Articles published in this section are not peer-reviewed and are not indexed. The intention of the ECNT section is to provide a space for the dissemination of data and studies of local interest, with no scientific character. Therefore, Revista Águas Subterrâneas is not responsible for this content.

Aplicação da estatística multivariada no diagnóstico do processo de salinização em açudes do semiárido nordestino, Ceará/Brasil

Application of multivariate statistics in the diagnosis of salinization process in dams of northeast semiarid, Ceará/Brasil

José Batista Siqueira¹; Sanmy Silveira Lima²

¹ Universidade Federal de Sergipe, Aracaju, Sergipe.

² Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco.

✉ oju296@gmail.com

Resumo

No estado do Ceará há diversos açudes utilizados para mitigar os impactos das secas para as populações. Entretanto as águas desses açudes estão sendo afetadas por diferentes processos de salinização, afetando sua qualidade e conseqüente uso. Este trabalho refere-se ao estudo dos açudes Trici e Favelas, sub-bacia do Alto Jaguaribe/CE, localizada a Sudeste do Município de Tauá, visando estabelecer um diagnóstico do processo de salinização. Portanto para estabelecer um diagnóstico da causa ou causas da salinização nas bacias hidrográficas dos açudes Favelas e Trici no estado do Ceará, foram geradas informações para as duas bacias. Dentre elas destacam-se as amostragens de águas, nas quais foram abordadas as variáveis temperatura da água (TH₂O), condutividade elétrica (CE µS/cm), pH (concentração hidrogeniônica do meio), potencial de oxidação e redução (ORP), sólidos totais dissolvidos (TDS). Para analisar os dados obtidos foram aplicadas estatística univariada e as técnicas estatísticas multivariadas da análise de componentes principais (PCA) e análise discriminante, com auxílio do software PAST 3. Considerando os resultados estatísticos e da análise estatística multivariada das variáveis TH₂O, CE µS/cm, pH, ORP e TDS, tanto no na bacia do açude Favelas como do Trici, verifica-se que elas apresentam comportamentos diferentes. Portanto justificando, a influência dos diferentes processos de salinização que estão ocorrendo nas duas bacias.

Palavras-chave:

Processo de salinização.
Estatística multivariada.
Semiárido.

Keywords

Salinization process.
Multivariate statistics.
Semiarid.

Abstract

In Ceará state of there are several dams used to mitigate the impacts of droughts to the populations. However the waters of these dams are being affected by different salinization processes, affecting their quality and consequent use. This work refers to the Favelas and Trici basins, a sub-basin of the Alto Jaguaribe/CE, located southeast of the Municipality of Tauá. In order to establish a diagnosis of the cause or causes of salinization in the watersheds of the Favelas and Trici reservoirs in the Ceará state, a set of information was generated for the two basins. Among them, water samples were analyzed, in which the variables water temperature (TH₂O), electrical conductivity (CE µS / cm), pH (hydrogen ion concentration of medium), oxidation and reduction potential (ORP), total dissolved solids (TDS). Statistical analysis univariate and multivariate of principal component analysis and discriminante, using the PAST 3 software were used to analyze the results obtained. The statistical results and the multivariate statistical analysis of the variables TH₂O, CE µS / cm, pH, ORP and TDS, both in Favelas and Trici, it is verified that they have different behaviors. Therefore justifying, the influence of the different processes of salinization that are occurring in the two basins.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14295/ras.v3i3.29221>

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho refere-se ao estudo das bacias hidrográficas dos açudes Trici e Favelas, sub-bacia do Alto Jaguaribe-CE, localizada a Sudeste do Município de Tauá, visando estabelecer um diagnóstico do processo de salinização nos dois açudes.

A motivação para este estudo deve-se ao fato de que além da perda de água por evaporação, os açudes dessa sub-bacia estão enfrentando diferentes processos de salinização, e a água do açude Favelas apresenta índices de salinização bem elevados em comparação a outros açudes pertencentes a outras bacias hidrográficas próximas, que estariam dentro de um contexto geológico regional similar.

Os trabalhos de campo tiveram como objetivo proceder à coleta de amostras de água além de outros dados, porém aqui serão enfocados os dados referentes às águas. Em virtude das águas do açude Trici apresentam índices de salinização compatíveis com os permitidos à ingestão humana, e por pertencer a uma bacia hidrográfica próxima a bacia hidrográfica do açude Favelas com alta salinização, cerca de 40 quilômetros, procedeu-se este estudo comparativo das duas bacias visando entender qual a razão da salinização diferenciada nos dois açudes.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Visando estabelecer o diagnóstico da causa ou causas da salinização nas bacias hidrográficas dos açudes Trici e Favelas no estado do Ceará, foi gerado um conjunto de informações para as duas bacias (Figuras 1 e 2). Dentre elas destacam-se os dados de amostragens de águas, nas quais foram abordadas as variáveis temperatura da água (TH20), condutividade elétrica (CE $\mu\text{S}/\text{cm}$), pH (concentração hidrogeniônica do meio), potencial de oxidação e redução (ORP) e sólidos totais dissolvidos (TDS).

Vários estudos mostram uma boa aplicação das técnicas de análise multivariada ao tratamento e interpretação de dados (NITTERS et al., 1995; LANDIM, 2011; CHIERICE & LANDIM, 2014) dentre outros.

Neste trabalho foi utilizada estatística univariada para estabelecer os momentos de distribuição, e as técnicas estatísticas multivariadas da análise de componentes principais (PCA) e análise discriminante, para relacionar as variáveis. Estas análises permitem classificar os valores de uma matriz de dados em estudo em grupos, e indicar quais variáveis possuem maior peso, e são mais importantes na classificação. As técnicas classificatórias multivariadas da análise de componentes principais e análise discriminante podem ser utilizadas quando se deseja explorar as similaridades entre indivíduos ou entre variáveis definindo-os em grupos, considerando simultaneamente, no primeiro caso, todas as variáveis medidas em cada indivíduo e, no segundo, todos os indivíduos nos quais foram feitas as mesmas medidas (LANDIM, 2011). Para relacionar e entender o significado das informações, o foco deste trabalho consistiu na análise multivariada aplicada aos resultados analíticos obtidos. Com ênfase na análise de componentes principais e discriminante, aplicadas aos resultados analíticos das amostras coletadas em diferentes profundidades, em dois açudes denominados de Trici (PT) e Favelas (PF) no estado do Ceará (Figuras 1 e 2).

O processamento dos dados analíticos, como as apresentações dos resultados através de matrizes e gráficos, foram feitos através do software PAleontological Statistics versão 3 (PAST 3) (HAMMER, 2017).

Figura 1 – Imagem SRTM com a localização dos açudes Trici (PT) e Favelas (PF).

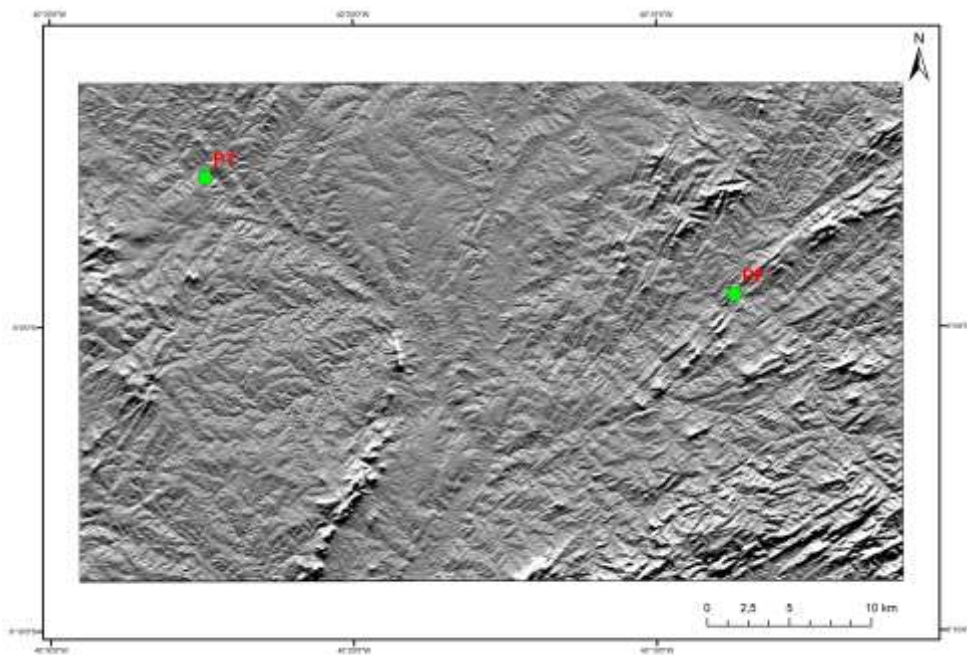
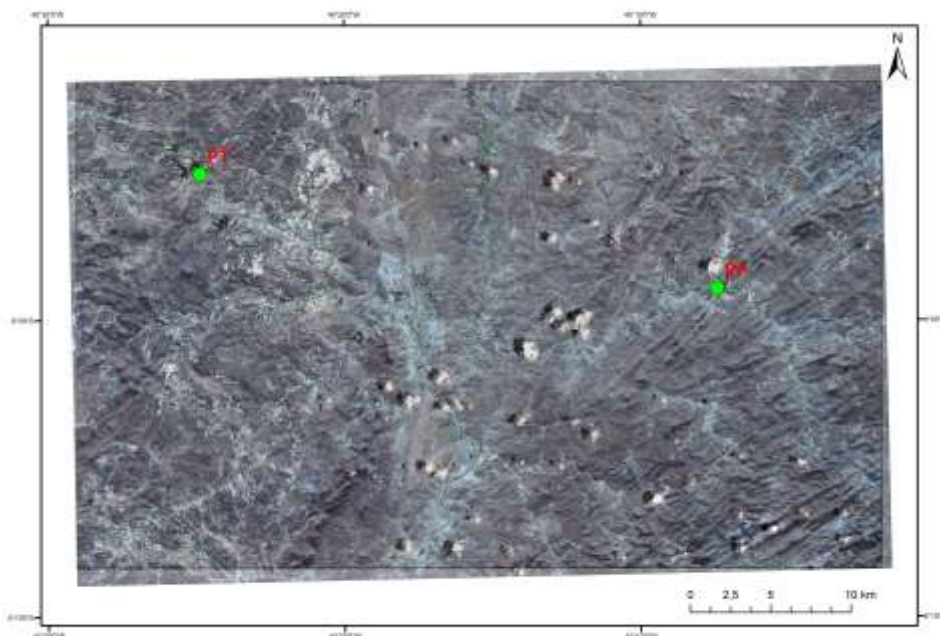


Figura 2 – Imagem SRTM+Spot (543RGB) da bacia hidrográfica dos açudes Trici (PT) e Favelas (PF).



3. GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

3.1. Bacia hidrográfica do açude Favelas

O contexto geológico da área faz parte do domínio do embasamento cristalino, com predominância de rochas do tipo gnaisses, migmatitos e plutônicas granulares. Os gnaisses são biotíticos e hornblêndicos granadíferos; gnaisses leucocráticos com granada, intercalações de quartzitos e xistos muscovíticos. Os migmatitos são heterogêneos (granito pórfiro e granito diorítico) de estruturas flebítica-agmática dominantes e migmatitos com estrutura dobrada e flebítica. As rochas plutônicas granulares são gabróides e dioritos.

Estruturalmente, a área é cortada por falhamentos e fraturas indiscriminadas de médio a grande porte, predominantemente transcorrentes, assumindo caráter retilíneo, com mergulhos na maioria das vezes, sub-verticais a verticais (NETO et al., 2002).

3.2. Bacia hidrográfica do açude Trici

A bacia hidrográfica do açude Trici, em termos litológicos, assemelha-se bastante com a bacia hidrográfica do açude Favelas. A diferença marcante é no aspecto estrutural, pois a bacia hidrográfica do açude Trici está bem menos afetada em relação à presença de grandes falhamentos e fraturamentos (NETO et al., op. cit.).

3.3. Geomorfologia

A geomorfologia da bacia hidrográfica do açude Trici/CE, sub-bacia do Alto Jaguaribe-CE, localizada à Oeste do município de Tauá, com níveis altimétricos que variam de 350 a 550 m, englobando cerca de 550km² apresenta compartimentos de relevos, somente, de planícies fluviais e depressão sertaneja (NETO et al., 2002). Já a bacia hidrográfica do açude Favelas/CE, sub-bacia do Alto Jaguaribe-CE, localizada a Sudeste do Município de Tauá, com níveis altimétricos que variam de 500 a 700 m, englobando cerca de 680 km², apresenta compartimentos de relevos correspondentes a planícies fluviais, maciço residual e depressão sertaneja.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A matriz de dados utilizada para este trabalho apresentada na Tabela 01, refere-se aos dados analíticos temperatura da água (TH₂₀), condutividade elétrica (CE μ S/cm), pH (concentração hidrogeniônica do meio), potencial de oxidação e redução (ORP), sólidos totais dissolvidos (TDS), de 49 amostras de águas coletadas nos açudes Favelas (PF) e Trici (PT). E amostras coletadas em poços também nas bacias dos dois açudes (Tabela 02).

Os poços amostrados no estado do Ceará, que estão situados na bacia do açude Trici receberam a denominação (PT) e os situados na bacia do açude Favelas receberam a denominação (PF). Figuras 01 e 02 e Tabelas 01 e 02. Neste trabalho a matriz de dados foi analisada aplicando duas técnicas de estatística multivariada, análise de componentes principais e análise discriminante. A seguir são mostrados os tratamentos aplicados aos dados e apresentados os resultados.

4.1. Medidas de Tendência Central

A análise simples dos momentos de distribuição para a variável condutividade elétrica (CE μ S/cm), para os dados monitorados nos anos 1999 e 2000, mostra que as médias dos valores de condutividade obtidas em poços da bacia do açude Favelas, são da ordem de 10 vezes maiores, quando comparados com as médias dos valores da bacia do açude Trici (Tabelas 02 e 03). E a salinidade verificada nos

dados do açude Favelas é da ordem de 1,6 a 3,2 vezes maior que os valores observados para a mesma variável na bacia do açude Trici (Tabelas 02 e 03).

As variáveis analisadas na bacia dos açudes Favelas e Trici, temperatura da água (TH₂O), condutividade elétrica (CE µS/cm), pH (concentração hidrogeniônica do meio), potencial de oxidação e redução (ORP), sólidos totais dissolvidos (TDS), também apresentam médias maiores que na bacia do açude Trici (Tabela 04). Em especial o pH mais alcalino na bacia do açude Favelas, fato este que está na janela de alta dissolução de sílica. Isso seria uma condição adversa aos silicatos, que constituem os minerais das litologias da área. Justificando assim que os minerais constituintes das rochas da região sejam atacados pelo intemperismo, dissolvidos e seus íons são carreados para as bacias dos dois açudes, contribuindo, portanto para o processo de salinização. Com destaque para a bacia do açude Favelas, que se mostra em condições ainda mais adversas devido à maior alcalinidade do meio, induzindo a um processo mais acelerado de salinização.

Na bacia do açude Favelas as variáveis condutividade elétrica (CE µS/cm), concentração hidrogeniônica do meio (pH) e sólidos totais dissolvidos (TDS) têm correlação positiva. Entretanto as variáveis elétrica (CE µS/cm) e potencial de oxidação e redução (ORP) têm correlação negativa nas duas bacias (Tabelas 05 e 06).

Ao passo que na bacia do açude Trici as variáveis condutividade elétrica e TDS têm correlação positiva, porém a correlação da condutividade elétrica com concentração hidrogeniônica do meio (pH) é negativa (Tabela 06).

Tabela 1 – Matriz de dados das amostras de águas coletadas nos açudes Trici e Favelas.

Açudes	TH ₂ O	CE µS/cm	pH	ORP	TDS	Açudes	TH ₂ O	CE µS/cm	pH	ORP	TDS
FW01	28,17	0,297	7,60	385,00	0,19	FT06	28,13	0,319	7,45	336,00	0,20
FW01	27,83	0,299	7,50	385,00	0,19	FT06	27,9	0,322	7,36	332,00	0,21
FW01	27,68	0,301	7,36	328,00	0,19	FT06	27,78	0,323	7,34	326,00	0,21
FW02	27,61	0,301	7,32	298,00	0,19	FF01	27,68	3,566	8,36	381,00	2,28
FW02	27,49	0,271	7,90	397,00	0,17	FF01	27,69	3,567	8,36	381,00	2,28
FW02	27,48	0,271	7,85	394,00	0,17	FF01	27,71	3,567	8,35	381,00	2,28
FW03	26,57	0,267	7,74	378,00	0,17	FF01	27,67	3,567	8,34	381,00	2,28
FW03	26,51	0,267	7,78	376,00	0,17	FF01	27,57	3,566	8,31	381,00	2,28
FW03	26,47	0,267	7,80	375,00	0,17	FF01	27,56	3,568	8,30	381,00	2,28
FW03	6,44	0,267	7,81	375,00	0,17	FF02	27,58	3,571	8,38	380,00	2,29
FW03	26,32	0,266	7,69	376,00	0,17	FF02	27,58	3,573	8,36	380,00	2,29
FW03	26,18	0,267	7,68	377,00	0,17	FF02	27,56	3,573	8,35	380,00	2,29
FW03	26,11	0,267	7,57	378,00	0,17	FF02	27,43	3,579	8,34	380,00	2,29
FW03	26,09	0,268	7,52	378,00	0,17	FF02	27,4	3,574	8,34	380,00	2,29
FW03	26,06	0,268	7,45	378,00	0,17	FF02	27,38	3,575	8,32	376,00	2,29
FW04	29,47	0,269	7,90	344,00	0,17	FF03	26,74	3,642	8,34	353,00	2,33
FW04	28,19	0,270	7,71	342,00	0,17	FF03	26,76	3,642	8,42	356,00	2,33
FW05	27,89	0,279	7,80	394,00	0,18	FF04	27,73	3,566	8,36	390,00	2,29
FW05	27,50	0,281	7,71	393,00	0,18	FF04	27,72	3,566	8,36	390,00	2,28
FW05	27,29	0,284	7,63	393,00	0,18	FF04	27,72	3,569	8,35	389,00	2,28
FW05	26,96	0,286	7,53	393,00	0,18	FF04	27,69	3,571	8,34	388,00	2,28
FW05	26,90	0,286	7,51	313,00	0,18	FF04	27,66	3,569	8,33	387,00	2,28
FW05	26,96	0,286	7,53	393,00	0,18	FF05	27,02	3,585	8,28	390,00	2,26
FW05	26,90	0,286	7,51	313,00	0,18	FF05	27,02	3,587	8,33	390,00	2,26
FW06	28,33	0,317	7,50	338,00	0,20						

Tabela 2 – Estatística descritiva da condutividade elétrica e salinidade. Águas coletadas em poços da bacia do açude Favelas.

Açude Favelas	CE_{pS/cm-99}	CE_{pS/cm-00}	Salin%
PF01	3,009	3,568	10,00
PF02	3,012	3,571	10,00
PF03	3,037	3,642	20,00
PF04	3,037	3,568	x
PF05	3,046	3,535	16,00
Média	3,028	3,578	10,00

Tabela 3 – Estatística descritiva da condutividade elétrica e salinidade. Águas coletadas em poços da bacia do açude Trici.

Açude Trici	CE_{pS/cm-99}	CE_{pS/cm-00}	Salin%
PT01	0,297	0,315	6,00
PT02	0,271	0,299	10,00
PT03	0,266	0,295	10,00
PT04	0,269	0,303	13,00
PT05	0,278	0,307	10,00
PT06	0,316	0,340	8,00
Média	0,283	0,310	10,00

Tabela 4 – Médias por classe de amostras dos açudes Favelas (PF) e Trici (PT).

Açude/Variável	T_{H2O}	CE_{pS/cm}	pH	OMP	ND5
PF	27,470	3,573	8,344	380,714	2,267
PT	26,541	0,284	7,609	363,857	0,182

Tabela 5 – Matriz de correlação das variáveis do açude Favelas.

Variáveis	T_{H2O}	CE_{pS/cm}	pH	OMP	ND5
T_{H2O}	1,000	-0,500	-0,004	0,645	-0,492
CE_{pS/cm}	-0,500	1,000	0,537	-0,921	0,994
pH	-0,004	0,537	1,000	-0,389	0,543
OMP	0,645	-0,921	-0,389	1,000	-0,911
ND5	-0,492	0,994	0,543	-0,911	1,000

Tabela 6 – Matriz de correlação das variáveis do açude Trici.

Variáveis	T_{H2O}	CE_{pS/cm}	pH	OMP	ND5
T_{H2O}	1,000	0,277	-0,215	-0,134	0,275
CE_{pS/cm}	0,277	1,000	-0,728	-0,533	1,000
pH	-0,215	-0,728	1,000	0,573	-0,731
OMP	-0,134	-0,533	0,573	1,000	-0,532
ND5	0,275	1,000	-0,731	-0,532	1,000

Considerando os valores médios observados nas duas bacias e as correlações entre variáveis em especial a correlação positiva da condutividade elétrica com o pH mais alcalino, na bacia do açude Favelas; e a correlação negativa da condutividade elétrica com concentração hidrogeniônica do meio (pH) na bacia do açude Trici, são fatores que reforçam a atuação diferenciada do intemperismo nas bacias dos dois açudes. Em especial para a bacia do açude Favelas, que se mostra em condições ainda mais adversas devido à maior alcalinidade do meio, que responde com um processo mais acelerado de salinização.

4.2. Análise de Componentes Principais (PCA)

Aplicando a análise de componentes principais (PCA), modo biplot à matriz de dados, os resultados analíticos foram separados em dois grupos (Figura 03), destacando-se acima os poços amostrados na bacia do açude Favelas (PF), e abaixo o grupo de poços amostrados na bacia do açude Trici (PT). O resultado mostra que os maiores pesos para constituição do vetor 1 que corresponde a 99,37% da variabilidade, potencial de oxidação e redução (ORP). Para o vetor 2 que corresponde a 0,57% da variabilidade, é a variável condutividade elétrica (CE $\mu\text{S}/\text{cm}$) (Tabelas 07 e 08). Portanto o potencial de oxiredução (ORP) e a condutividade elétrica são as variáveis mais importantes na classificação e separação de amostras dos dois açudes. Apesar da temperatura da água não ter apresentado um peso significativo na análise de componentes principais, entretanto as altas temperaturas aceleram as reações químicas. Como a temperaturas na bacia do açude Favelas são maiores que na bacia do açude Trici (Tabela 04), isso pode ser uma das causas da maior velocidade no processo de salinização na bacia do açude Favelas.

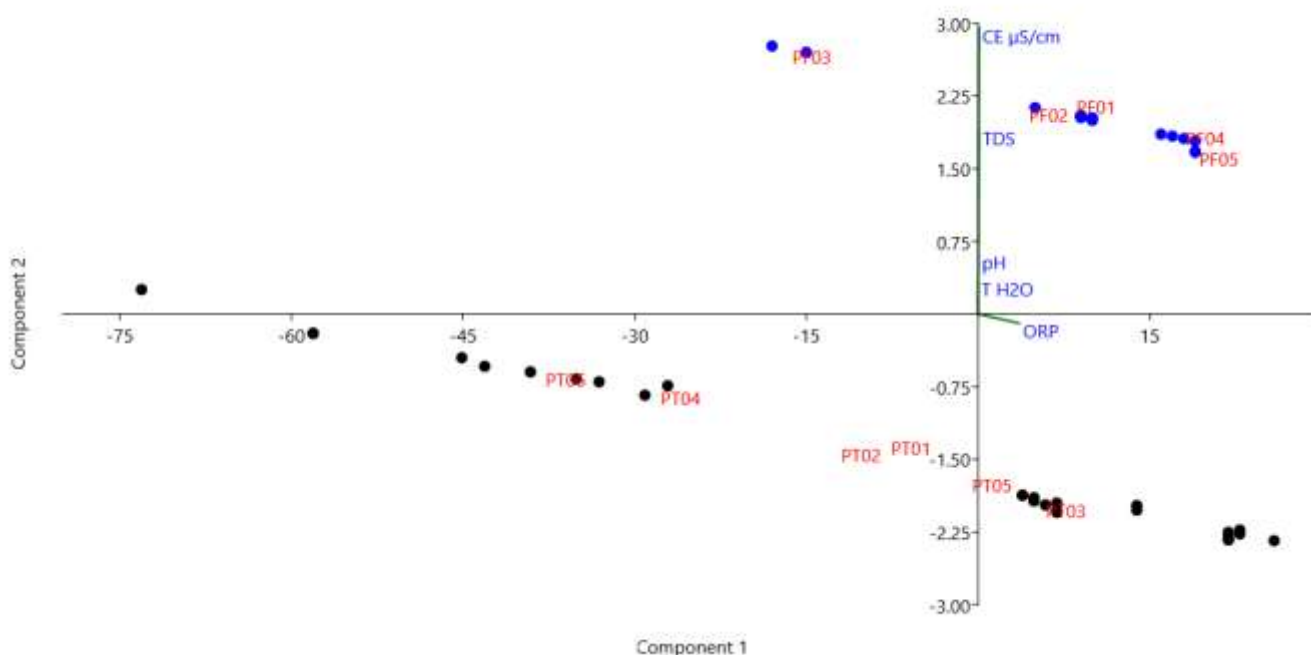
Tabela 7 – Matriz das variáveis TH₂O, CE $\mu\text{S}/\text{cm}$, pH, ORP, TDS.

PC	Eigenvalue	% variance
1	617,217	99,365
2	351,004	0,567
3	0,415	0,007
4	0,012	0,002
5	0,000	0,001

Tabela 8 – Pesos.

Variáveis	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4	PC 5
TH ₂ O	-0,004	0,004	0,005	-0,023	0,000
CE $\mu\text{S}/\text{cm}$	0,022	0,026	-0,001	-0,144	-0,530
pH	0,008	0,172	0,007	0,005	0,000
ORP	1,000	-0,027	0,007	-0,003	-0,000
TDS	0,014	0,528	-0,052	-0,002	0,842

Figura 3 – Análise de componentes principais, biplot.

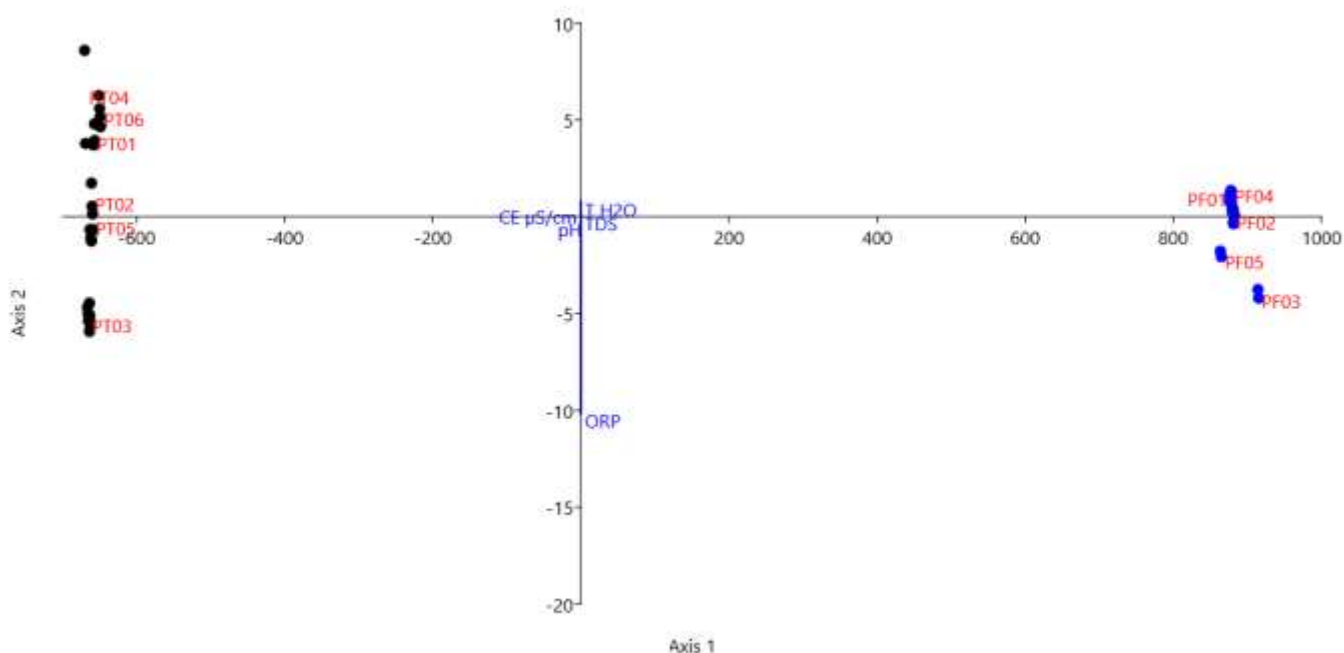


4.3. Análise Discriminante

Aplicando a análise discriminante multigrupos a matriz de dados, os resultados analíticos dos poços amostrados foram separados em dois grupos, destacando-se a esquerda os dados referentes aos poços amostrados na bacia do açude Trici, e a direita o grupo de poços amostrados na bacia do açude Favelas (Figura 04). Isso mostra que as mesmas variáveis TH2O, CE $\mu\text{S/cm}$, pH, ORP e TDS, estão apresentando comportamentos diferentes como foi mostrado pela estatística univariada, justificando, portanto, a influência dos diferentes processos de salinização que estão ocorrendo nas duas bacias, corroborando com as observações de que os dois açudes apresentam processos de salinização diferenciados (NETO et al., 2002).

A análise discriminante aplicada na análise dos resultados analíticos dos poços também os separou em dois grupos, destacando-se a esquerda o grupo dos poços amostrados na bacia do açude Trici (PT), e a direita o grupo de poços amostrados na bacia do açude Favelas (PF), porém a visualização da separação entre os grupos ficou melhor que com a análise de componentes principais (PCA).

Figura 4 – Análise discriminante.



Conforme a tabela 09 na matriz de recobrimentos as amostras dos poços PT01, PT03, PT04 e PT06 da bacia do açude Trici estão bem classificadas. As demais amostras dos poços PT02 e PT05, apesar de uma amostra do PT02 estar classificada como PT01 e 3 do PT05 estarem classificadas como PT02, suas classificações estão coerentes, pois são poços da mesma bacia do açude Trici.

As amostras dos poços PF01, PF02, PF03 e PF05 da bacia do açude Favelas estão bem classificadas. Entretanto das 5 amostras do poço PF04 apesar de 3 estarem bem classificadas, outras 2 estão classificadas como PF01. Porém sua classificação está coerente, pois são todos poços da mesma bacia do açude Favelas.

Tabela 9 – Matriz de recobrimentos.

Bacias	PR01	PR02	PR03	PR04	PR05	PR06	PF01	PF02	PF03	PF04	PF05	Total
PR01	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
PR02	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
PR03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PR04	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2
PR05	0	3	0	0	4	0	0	0	0	0	0	7
PR06	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	4
PF01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PF02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PF03	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2
PF04	0	0	0	0	0	0	2	0	0	3	0	5
PF05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
Total	4	5	0	2	4	4	0	0	2	3	2	40

5. CONCLUSÕES

A análise estatística dos dados das duas bacias indica que no açude Favelas as variáveis condutividade elétrica, TDS e pH têm correlação positiva. Já as variáveis ORP e condutividade elétrica têm correlação negativa nas duas bacias. Ao passo que na bacia do açude Trici a correlação da condutividade elétrica com o pH é negativa. Como também os valores são sempre maiores nas variáveis do açude Favelas. Isso mostra que algumas variáveis comuns às duas bacias condutividade (CE $\mu\text{S}/\text{cm}$) e concentração hidrogeniônica do meio (pH), estão apresentando comportamentos diferentes, em ambas as bacias, portanto justificando a possível influência dos diferentes processos de salinização que estão ocorrendo nos dois açudes.

Considerando também a análise estatística multivariada das variáveis TH_2O , CE $\mu\text{S}/\text{cm}$, pH, ORP e TDS, tanto no açude Favelas como no Trici, verifica-se que elas apresentam comportamentos diferentes. Portanto justificando, a influência dos diferentes processos de salinização que estão ocorrendo nas duas bacias. Acrescente a isso o fato de que o açude Favelas, que foi construído há mais tempo que o açude Trici, sangrou uma única vez, há 11 anos, entretanto o açude Trici sangrou duas vezes no período de oito anos, quadro este agravado com a escassez de chuvas na região nos últimos anos.

REFERÊNCIAS

- CHIERICE, R. A. F.; LANDIM, P.M.B. Variabilidade espacial e temporal de precipitação pluviométrica na bacia hidrográfica do Rio Mogi Guaçu. UNESP, São Paulo, Geociências, v. 33, n. 1, p.158-172. 2014.
- HAMMER, Ø. PAleontological STatistics Version 3.15. Reference manual. Natural History Museum. University of Oslo; 253 p. 2017.
- LANDIM, P.M.B. Análise estatística de dados geológicos multivariados. São Paulo, oficina de textos, 208p. 2011.
- NETO, P. S.; ANDRADE, F. C. M.; MÖBUS G.; GOMES, L. A. M.; SOUZA, N. P. R. Estudo da salinidade das águas em pequenas bacias hidrográficas. Secretaria dos recursos hídricos/Fundação Cearense de Meteorologia. Fortaleza, 123p. 2002.
- NITTERS, G., DAVIES. D.R., EPPING, W.J.M. Discriminant analysis and neural nets: Valuable tools to optimize completion practices, SPE Drilling 7 Computation, p. 127-133. 1995.