



Revista Brasileira de Agricultura Irrigada v.11, n°.2, p. 1348 - 1357, 2017

ISSN 1982-7679 (On-line)

Fortaleza, CE, INOVAGRI – <http://www.inovagri.org.br>

DOI: 10.7127/rbai.v11n200623

Protocolo 623.17 – 14/03/2017 Aprovado em 21/03/2017

VARIABILIDADE ESPACIAL E TEMPORAL DA QUALIDADE DA ÁGUA DE POÇOS NO PERÍMETRO IRRIGADO DO BAIXO ACARAÚ - CE

Leonaria Luna Silva de Carvalho¹; Claudivan Feitosa de Lacerda²; Eunice Maia de Andrade³;
Fernando Bezerra Lopes⁴; Manoel Valnir Júnior⁵; Clayton Moura de Carvalho⁶

RESUMO

Objetivou-se analisar a influência da variabilidade espaço – temporal na qualidade das águas subterrâneas no Perímetro Irrigado do Baixo Acaraú. Neste estudo foram consideradas as águas de 10 poços profundos empregadas na irrigação do Perímetro Irrigado do Baixo Acaraú. Os atributos investigados foram HCO_3^- , Ca^{2+} , Cl^- , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , SO_4^{2-} , CE, pH, RAS, Sólidos Dissolvidos e Fe, com coletas realizadas em junho de 2015 e novembro de 2015. Na determinação da composição hidroquímica, as amostras de água foram agrupadas de acordo com seu grau de similaridade, para isso aplicou-se à técnica de análise estatística multivariada de agrupamento hierárquico, usando o software SPSS 16.0. A análise de agrupamento formou 3 grupos e a média dos atributos foram comparadas pelo teste T ao nível de $P < 0,05$. Os pontos de coleta são influenciados pela lixiviação dos sais de irrigação e pelo tipo de manejo utilizado. A sazonalidade climática não foi determinante na composição dos grupos, havendo somente variabilidade espacial e influência da composição hidroquímica. O P5 apresentou uma qualidade inferior aos demais, que pode ter sido influência do tipo de mancha de solo no qual se enquadra e pela lixiviação de fertilizantes agrícolas.

Palavras-chave: Recursos hídricos, irrigação, análise multivariada.

SPATIAL VARIABILITY AND TEMPORARY QUALITY WELL WATER IN IRRIGATION FIELDS IN REGION SEMIARID

ABSTRACT

This study aimed to analyze the influence of variability space - time in the quality of groundwater in the Irrigated Perimeter of Baixo Acaraú. This study considered the waters of 10 deep wells used in irrigation Irrigated Lower Acaraú. The investigated parameters were HCO_3^-

¹ Mestranda em Engenharia Agrícola UFC, Fortaleza, CE. Email: leonarialuna@hotmail.com

² Prof. Doutor, Depto Engenharia Agrícola, UFC, Fortaleza, CE. Email: cfeitosa@ufc.br

³ Prof. Doutor, Depto Engenharia Agrícola, UFC, Fortaleza, CE. Email: eandrade@ufc.br

⁴ Prof. Doutor, Depto Engenharia Agrícola, UFC, Fortaleza, CE. Email: lopesfb@ufc.br

⁵ Prof. Doutor, Eixo de Recursos Naturais, IFCE, Sobral, CE. Email: valnir@ifce.edu.br

⁶ Prof. Doutor, Colaborador do PRORH, UFS, São Cristóvão, SE. Email: carvalho_cmc@yahoo.com.br

, Ca^{2+} , Cl^- , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , SO_4^{2-} , CE, pH, RAS, Dissolved Solids and Fe, with collections made in June 2015 and November 2015. In the determination of the hydrochemical composition, the water samples were grouped according to their degree of similarity, for that it was applied to the technique of multivariate statistical analysis of hierarchical grouping, using software SPSS 16.0. The cluster analysis formed 3 groups and the mean of the attributes were compared by the T test at the $P < 0.05$ level. The collection points are influenced by the leaching of irrigation salts and the type of management used. The climatic seasonality was not determinant in the composition of the groups, with only spatial variability and influence of the hydrochemical composition. P5 presented a lower quality than the others, which may have been influenced by the type of soil spot on which it fits and the leaching of agricultural fertilizers.

Keywords: Water resources, irrigation, multivariate analysis.

INTRODUÇÃO

A água é um recurso essencial para existência de vida na Terra, porém, várias partes do mundo sofrem com uma crise hídrica decorrente da má distribuição espaço-temporal das chuvas e aumento da demanda devido ao crescimento populacional. O Brasil, mesmo sendo considerado um país que possui grandes reservas, tem sofrido com falta de chuvas, principalmente, na região semiárida. Pedde et al. (2013) cita que em várias regiões, a demanda supera a disponibilidade hídrica e em situação de escassez, a água disponível não é suficiente para uma produção adequada de alimentos, o que traz vários problemas para a sociedade, sendo os principais deles, a fome e a pobreza.

Diante disso, a água subterrânea vem se tornando cada vez mais importante como fonte de suprimento hídrico. Fatores que possam restringir a utilização das águas superficiais, como o crescente aumento dos custos para captação, adução e tratamento, tem feito com que a água subterrânea seja tratada como alternativa viável aos usuários. O interesse crescente pelo uso dessas águas vem sendo despertado por uma maior oferta desse recurso, em decorrência do desenvolvimento tecnológico, que proporcionou uma melhor produtividade dos poços e aumento da vida útil (HELBEL, 2011).

O monitoramento que determina ações de planejamento para conservação do recurso água se faz necessário, pois as características da qualidade da água variam de acordo com o espaço e o tempo, podendo ser um indicativo da

ação antrópica. Sendo assim, a realização de um monitoramento espacial e temporal consistente em determinar muitas características hídricas em locais e períodos diferentes, o que gera um grande número de informações correlacionadas (BERTOSSI et al., 2013). A fim de interpretar essas informações, vários autores têm utilizado a técnica de análise multivariada (análise de agrupamento) para identificar os grupos similares e os fatores que determinantes da qualidade das águas (ANDRADE et al., 2010; FERNANDES et al., 2010; MEIRELES et al., 2010; PALÁCIO et al., 2008; SALGADO et al., 2011).

Portanto, objetivou-se com esta pesquisa analisar a influência da variabilidade espaço – temporal na qualidade das águas subterrâneas do Perímetro Irrigado do Baixo Acaraú – CE.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo corresponde ao Perímetro Irrigado do Baixo Acaraú (Figura 1), o qual está localizado na região norte do Estado do Ceará, próximo à foz da bacia hidrográfica do rio Acaraú, abrangendo o território dos municípios de Acaraú, Bela Cruz e Marco. As coordenadas geográficas que delimitam a área são $3^{\circ}01'00''$ à $3^{\circ}09'00''$ S e $40^{\circ}01'00''$ à $40^{\circ}09'00''$ W. Este tem como fonte de abastecimento hídrico o rio Acaraú, que é perenizado pelos açudes Acaraú-mirim, Ayres de Souza, Edson Queiroz, Forquilha e Paulo Sarasate (DNOCS, 2002).

VARIABILIDADE ESPACIAL E TEMPORAL DA QUALIDADE DA ÁGUA DE POÇOS NO PERÍMETRO IRRIGADO DO BAIXO ACARAÚ - CE

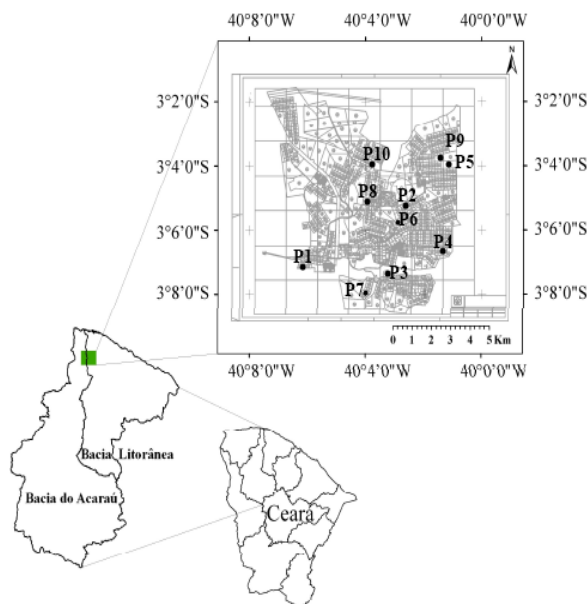


Figura 1. Localização do Perímetro Irrigado do Baixo Acaraú – CE. Fonte: Lopes (2008).

De acordo com a classificação de Köppen (1918), o clima na área estudada é do tipo Aw', tropical chuvoso, com chuvas de verão-outono, apresentando temperatura média anual 28,1 °C, mínima de 22,8 °C e máxima de 34,7 °C, sendo que a região apresenta precipitação anual média de 960 mm e evaporação potencial de aproximadamente 1600 mm anuais, com umidade relativa média anual de 70%.

A geologia da área de estudo é representada por formação Terciária, Grupo Barreiras, sendo esta, caracterizada por depósitos de pouca consolidação, geralmente originando solos profundos e bem drenados.

O relevo da área que abrange o DIBAU é razoavelmente suave, possuindo uma forte declividade longitudinal (MATIAS FILHO et al., 2001).

Alves (2006) identificou que as manchas de solo presentes na área de estudo, pela classificação da EMBRAPA (1999), são: Latossolo Amarelo (LA), Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico (LVAd), Latossolo Vermelho Amarelo Eutrófico (LVAe), Argissolo Acinzentado Distrófico (PAcd), Argissolo Vermelho Amarelo (PVA), Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico (PVAe), Neossolo Quartzarênico (RQo) e Planossolo (S) (Figura 2).

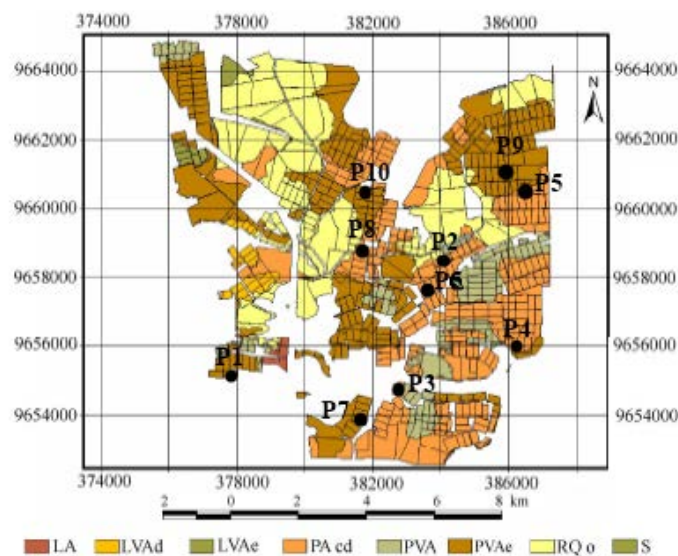


Figura 2. Classes de solos presentes no Perímetro Irrigado do Baixo Acaraú – CE. Fonte: Alves (2006).

Para identificar as alterações na qualidade das águas subterrâneas, foram selecionados 10 poços profundos utilizados para irrigação, estabelecidos através de mapas do Perímetro (Figura 1 e 2) e com visitas em campo, a fim de viabilizar a realização das coletas. Os atributos analisados foram cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), sódio (Na^+), potássio (K^+), cloreto (Cl^-), sulfato (SO_4^{2-}), bicarbonato (HCO_3^-), condutividade elétrica (CE), potencial hidrogeniônico (pH), relação de adsorção de sódio (RAS), sólidos dissolvidos totais (SDT) e ferro (Fe), com coletas realizadas em junho de 2015 (final do período chuvoso) e novembro de 2015 (final do período seco), sendo que as amostras foram encaminhadas para análises hidroquímicas no Laboratório de Água e Solo no Departamento de Ciências do Solo, localizado na Universidade Federal do Ceará. Todos os pontos encontram-se em lotes irrigados.

Para determinação da composição hidroquímica, as amostras de água foram agrupadas de acordo com seu grau de similaridade. Para isso foi empregada a técnica de análise multivariada (análise de agrupamento) pelo método hierárquico aglomerativo, utilizando o software Statistical Package for Social Science for Windows - SPSS

16.0. A fim de evitar o efeito das escalas e unidades das variáveis, foi utilizada padronização convertendo cada variável em escores padrão (escore Z). Como medida de similaridade foi empregada a distância euclidiana quadrada, que, representa a similaridade com a proximidade das observações. O algoritmo de aglomeração foi pelo método de Ward. A representação gráfica das variáveis foi feita pelo dendrograma, onde as menores distâncias representam uma maior homogeneidade.

A definição do número ótimo de grupos ocorreu no momento em que houve uma elevação da distância reescalada da combinação de agrupamentos, evidenciando um elevado decréscimo na similaridade (CORRAR et al., 2009). Os grupos formados tiveram as médias comparadas pelo teste T ao nível de $P < 0,05$, através do programa SPSS 16.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A primeira maior variação, de acordo com a Tabela 1, se deu entre os coeficientes 92,573 e 125,025, no qual ocorreu a passagem de 2 para 3 grupos.

Tabela 1- Variação do coeficiente de aglomeração para a análise de agrupamento

Agrupamentos	Coefficientes	Diferença entre coeficientes	Distância reescalada
6	48,626	12,229	1,000

VARIABILIDADE ESPACIAL E TEMPORAL DA QUALIDADE DA ÁGUA DE POÇOS NO PERÍMETRO IRRIGADO DO BAIXO ACARAÚ - CE

5	60,855	13,606	2,636
4	74,461	18,112	4,457
3	92,573	32,452	6,880
2	125,025	102,975	11,222
1	228,000	-	25,000

Nota-se que pelo dendrograma (Figura 3) a determinação do ponto de corte ocorreu no momento em que o coeficiente de aglomeração, pela distância reescalada, apresentou maior variação (6,880-11,222), representando um salto de 4,342, evidenciando a formação de 3 grupos. A qualidade da água dos pontos analisados sofre influência do manejo de irrigação e estão localizados em áreas cultiváveis.

A determinação dos agrupamentos da qualidade das águas subterrâneas do perímetro irrigado do baixo Acaraú se deu pela variabilidade espacial dos atributos analisados, não havendo influência maior da variabilidade espacial e da composição hidroquímica dos atributos estudados. Em estudo realizado por Andrade et al. (2010) estudando a similaridade da composição hidroquímica das águas freáticas do Perímetro Irrigado do Baixo Acaraú observaram somente variabilidade espacial na qualidade da água dos poços, sem influência maior da variabilidade temporal. Salgado et al.

(2011) estudando a similaridade das variáveis hidroquímicas na bacia do salgado também identificou que a sazonalidade climática não foi determinante na formação dos grupos. Diferentemente dos resultados obtidos por Fontenele et al. (2011) estudando a análise espaço-temporal na qualidade da água na parte alta da bacia do salgado, onde encontraram diferença sazonal climática nos pontos estudados. Lemos et al. (2010) estudando a sazonalidade e variabilidade espacial da qualidade da água da Lagoa do Apodi encontraram variabilidade espacial e temporal.

O grupo 1 foi formado pelas águas dos poços P3, P4, P6 de junho e P4, P3 e P9 de novembro. O grupo 2 foi formado pelas águas dos poços P1, P2, P7, P8, P9, P10 de junho e P1, P2, P6, P7, P8, P10 de novembro. O grupo 3 foi formado pelas águas do P5 de junho e P5 de novembro. Estes foram determinados pelo valor total dos atributos estudados.

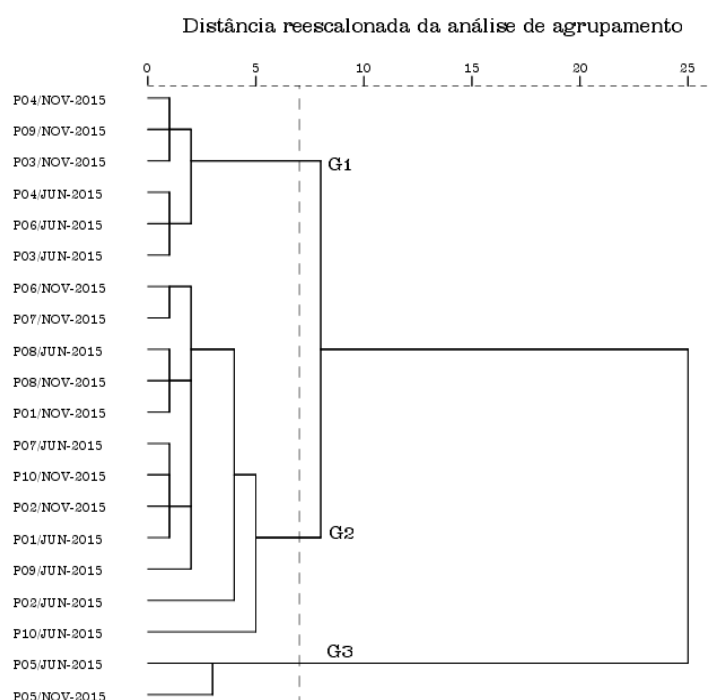


Figura 3. Similaridade das concentrações iônicas das águas de poços no Perímetro Irrigado do Baixo Acaraú – CE, nos meses de junho e novembro de 2015

Na Tabela 2, encontram-se os valores médios dos atributos estudados dos grupos. Os grupos diferiram estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade, com exceção dos atributos de sulfato, bicarbonato e ferro. Estes atributos

que diferiram foram os determinantes da formação dos grupos, principalmente aqueles que diferiram nos três grupos (magnésio, sódio, cloreto, condutividade elétrica, relação de adsorção de sódio e sólidos dissolvidos totais).

Tabela 2 - Valores médios, mínimos, máximos e desvio padrão para os atributos dos grupos formados pelos poços do Perímetro Irrigado do Baixo Acaraú - CE

Atributos	Parâmetros descritivos	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
Ca ²⁺ (mmolc L ⁻¹)	Média	1,82 ± 0,17 a	1,18 ± 0,65 a	4,10 ± 3,11 b
	Mínimo	1,60	0,40	1,90
	Máximo	2,00	2,60	6,30
Mg ²⁺ (mmolc L ⁻¹)	Média	4,82 ± 0,50 a	2,45 ± 1,22 b	10,10 ± 2,40 c
	Mínimo	4,30	0,70	8,40
	Máximo	5,70	4,50	11,80
K ⁺ (mmolc L ⁻¹)	Média	0,57 ± 0,23 a	0,39 ± 0,19 a	1,10 ± 0,00 b
	Mínimo	0,30	0,10	1,10
	Máximo	0,80	0,70	1,10
Na ⁺ (mmolc L ⁻¹)	Média	8,92 ± 1,30 a	3,78 ± 1,84 b	22,05 ± 6,86 c
	Mínimo	7,40	0,80	17,20
	Máximo	10,30	6,90	26,90
Cl ⁻ (mmolc L ⁻¹)	Média	16,28 ± 1,42 a	7,22 ± 3,50 b	37,20 ± 1,41 c
	Mínimo	14,40	2,10	36,20
	Máximo	18,20	12,90	38,20
SO ₄ ²⁻ (mmolc L ⁻¹)	Média	0,13 ± 0,15 a	0,09 ± 0,14 a	0,05 ± 0,07 a
	Mínimo	0,00	0,00	0,00
	Máximo	0,30	0,40	0,10
HCO ₃ ⁻ (mmolc L ⁻¹)	Média	0,10 ± 0,06 a	0,56 ± 0,59 a	0,10 ± 0,14 a
	Mínimo	0,00	0,00	0,00
	Máximo	0,20	2,10	0,20
CE (dS m ⁻¹)	Média	1,64 ± 0,14 a	0,78 ± 0,32 b	3,73 ± 0,11 c
	Mínimo	1,46	0,39	3,65
	Máximo	1,83	1,32	3,81
RAS	Média	3,48 ± 0,46 a	1,98 ± 0,75 b	8,77 ± 4,34 c
	Mínimo	2,79	0,43	5,70
	Máximo	4,02	3,44	11,84
pH	Média	3,83 ± 0,289 a	5,27 ± 0,86 b	3,80 ± 0,14 a
	Mínimo	3,40	3,70	3,70
	Máximo	4,20	7,00	3,90
SDT (mg L ⁻¹)	Média	1641,67 ±142,18 a	781,67 ±318,14 b	3730,00 ±113,14 c
	Mínimo	1460,00	390,00	3650,00
	Máximo	1830,00	1330,00	3810,00
Fe (mg L ⁻¹)	Média	0,267 ± 0,333 a	0,283 ± 0,356 a	0,00 ± 0,00 a
	Mínimo	0,00	0,00	0,00
	Máximo	0,80	1,10	0,00

*médias não seguidas por mesma letra entre os grupos dentro de cada variável, diferem pelo teste t ao nível de p<0,05.

VARIABILIDADE ESPACIAL E TEMPORAL DA QUALIDADE DA ÁGUA DE POÇOS NO PERÍMETRO IRRIGADO DO BAIXO ACARAÚ - CE

As águas do grupo 3 apresentaram maiores valores médios para os cátions, sendo que sua qualidade foi inferior aos dos pontos formados pelos demais grupos. Isso pode estar relacionado ao tipo de solo da área (Argissolo Acinzentado Distrófico) que, de acordo com a Embrapa (2006), apresenta saturação por base baixa, o que proporciona grande perda de cátions por lixiviação da irrigação.

Os valores de cálcio observados em todos os grupos estão no intervalo de 1 a 4 mmol_c L⁻¹ (80 mg L⁻¹), que encontra-se dentro dos limites obtido em águas subterrâneas (10 a 100 mg L⁻¹). O atributo de magnésio o grupo 3 se mostrou acima do valor normal encontrado em água de irrigação (5 mmol_c L⁻¹), de acordo com Ayers e Westcot (1999) a produtividade das culturas diminui em solos e quando se irriga com águas que tem teores elevados de magnésio. A presença do potássio se mostrou forte nos três grupos, apresentando um intervalo entre 0,3 e 1,1 mmol_c L⁻¹ (15,32 e 43,01 mg L⁻¹) o que ultrapassou o valor normal encontrado na irrigação que, de acordo com Ayers e Westcot (1999), é 2 mg L⁻¹. O excesso de magnésio e potássio encontrado nas águas analisadas é devido, principalmente, pelo uso em fertilizações agrícolas, como as águas analisadas encontram-se em áreas cultiváveis e há uma predominância do cultivo das culturas de banana e coco, estes elementos adentraram as águas subterrâneas por lixiviação das áreas agrícolas. Os valores médios de sódio para os grupos 1 e 3 apresentam restrição severa para uso na irrigação (> 9 mmol_c L⁻¹), com riscos de toxicidade para as plantas (AYERS; WESTCOT, 1999). Segundo Almeida (2010) o uso do sódio como parâmetro de qualidade é pelo efeito que tem na a permeabilidade do solo e toxicidade das plantas.

Os teores de Cloreto para os três grupos foram altos, esses teores estão relacionados, também, a lixiviação dos fertilizantes agrícolas que são aplicados no perímetro irrigado. Deve-se ter cuidado com este íon, pois quando em quantidades altas na água de irrigação provoca com maior frequência toxicidade nas culturas, este é facilmente absorvido pelas raízes das plantas e translocados até as folhas, onde se acumulam devido à transpiração. As

concentrações de sulfatos para os três grupos formados não ultrapassaram 1 mmol_c L⁻¹ (48 mg L⁻¹), em águas naturais estão entre 2 a 80 mg L⁻¹ (CHAPMAN, 1996). Os valores médios para bicarbonato nos poços, não diferiram estatisticamente ao nível $p < 0,05$, sendo inferiores aos de cloreto nos três grupos, resultados semelhantes foram obtidos por Andrade et al. (2010) e por Audry e Suassuna (1990).

A média da condutividade elétrica para o grupo 3 apresenta um grau de restrição severa quanto ao uso na irrigação (> 3,0 dS m⁻¹), já o grupo 1 e 2 tem restrição moderada (0,7 - 3,0 dS m⁻¹), segundo a University of California Committee of Consultants (1974). O rendimento das culturas diminui quando os sais na solução do solo não permitem que as culturas retirem água suficiente da zona radicular, causando, uma escassez de água nas plantas (AYERS; WESTCOT, 1999). Elevados teores salinos presentes nas águas de irrigação, podem prejudicar o desenvolvimento das culturas, bem como, causar a obstrução dos sistemas de irrigação (GARGIA et al., 2008).

O atributo da Relação de adsorção de sódio indica a proporção relativa em que se encontra o sódio em relação ao cálcio mais o magnésio. Quando há predominância do sódio, este induz trocas de íons cálcio e magnésio pelos de sódio nos solos, podendo conduzir a perda de sua estrutura e permeabilidade (ALMEIDA, 2010). Em relação à restrição ao uso na irrigação este parâmetro deve ser avaliado juntamente com a condutividade elétrica.

As águas dos grupos, em geral, apresentam um pH tendencioso para acidez (< 7,0), que pode está relacionado a presença de CO₂, ácidos minerais e hidrolisados, pois quando um ácido reage com a água o íon de hidrogênio é liberado, acidificando o meio (PEREIRA, 2004). Segundo Hermes e Silva (2012) o pH tende a ser mais elevado quando há presença de bicarbonatos nas águas, esse fato pode ser observado nas médias dos grupos desse estudo.

Os sólidos dissolvidos totais estão associados a problemas de salinidade. Em irrigação localizada, pode obstruir os emissores causando desuniformidade de distribuição. O

grupo 3 possui uma restrição severa ao uso na irrigação ($> 2.000 \text{ mg L}^{-1}$) e os grupos 1 e 2 uma restrição moderada ($450 - 2.000 \text{ mg L}^{-1}$) segundo a University of California Committee of Consultants (1974).

As concentrações de ferro nos grupos 1 e 2, de acordo com Nakayama (1982) possuem um grau de restrição moderado ao uso na irrigação ($0,1 - 1,5 \text{ mg L}^{-1}$). Em excesso, o ferro pode obstruir tubulações e emissores em sistemas localizados, aumentando a perda de carga. A parte fixa dos sólidos dissolvidos é tida como salinidade, o excesso desse elemento na água pode causar problemas de corrosão (HELLER; PADUA, 2006).

CONCLUSÕES

Os pontos de coleta são influenciados pela lixiviação dos sais de irrigação e pelo tipo de manejo utilizado;

Identificou-se que a sazonalidade climática não foi determinante na composição dos grupos, sendo que houve somente variabilidade espacial na qualidade da água e influência da composição hidroquímica, não apresentando alterações significativas na qualidade da água entre as estações chuvosa e seca;

O P5 representado pelo grupo 3 apresentou uma qualidade inferior aos demais, que pode ter sido influência do tipo de mancha de solo no qual se enquadra, bem como, pela lixiviação de fertilizantes agrícolas.

BIBLIOGRAFIA

- ALMEIDA, O. A. de. **Qualidade da água de irrigação**. Cruz das Almas: EMBRAPA, 2010. 234 p.
- ANDRADE, E. M.; AQUINO, D. N.; CRISÓSTOMO, L. A.; RODRIGUES, J. O.; CHAVES, L. C. G. Similaridade da composição hidroquímica das águas freáticas do perímetro irrigado do Baixo Acaraú, Ceará, Brasil. **Revista Agro@mbiente On-line**, Boa Vista, v. 4, n. 1, p. 11-19, 2010.
- ALVES, N. N. L. **Proposta de elaboração de um sistema de informações geográficas para programação da irrigação parcelar do perímetro irrigado do Baixo Acaraú**. 2006. 72 p. Monografia (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2006.
- ANDRADE, E. M.; AQUINO, D. N.; CRISÓSTOMO, L. A.; RODRIGUES, J. O.; CHAVES, L. C. G. Similaridade da composição hidroquímica das águas freáticas do perímetro irrigado do Baixo Acaraú, Ceará, Brasil. **Revista Agro@mbiente**, Boa Vista, v. 4, n. 1, 2010.
- AUDRY, P.; SUASSUNA, J. A. A qualidade da água na irrigação do trópico semi-árido um estudo de caso. In: Anais do Seminário Franco Brasileiro de Pequena Irrigação, Recife, 1990, p. 147-153.
- AYRES, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Estudos FAO, irrigação e Drenagem 29, revisado 1, 2. ed. Campina Grande, UFPB, 1999, 153 p.
- BERTOSSI, A. P. A.; MENEZES, J. P. C. de; CECÍLIO, R. A.; GARCIA, G. de O.; NEVES, M. A. Seleção e agrupamento de indicadores da qualidade de águas utilizando Estatística Multivariada. **Ciências Agrárias**, v. 34, n. 5, p. 2025-2036, 2013.
- CHAPMAN, D. **Water Quality Assessments: A guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring**. 2. ed. Great Britain: University Press, Cambridge, 1996. 625 p.
- CORRAR, L. J.; PAULO, E.; DIAS FILHO, J. M. **Análise multivariada para os cursos de administração, ciências contábeis e economia**. 541 p. São Paulo: Atlas, 2009.
- DNOCS. **Perímetros irrigados**. 2002. Disponível em: < http://www.dnocs.gov.br/~dnocs/doc/canais/perimetros_irrigados/ce/baixo_acarau.html>. Acesso em: 24 set 2015.

- EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 1999.
- EMBRAPA. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Brasília: Embrapa produção de informação, Rio de Janeiro, 2006.
- FERNANDES, F. B. P.; ANDRADE, E. M. de; FONTENELE, S. de B.; MEIRELES, A. C. M.; RIBEIRO, J. A. Análise de agrupamento como suporte à gestão qualitativa da água subterrânea no semiárido cearense. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 4, n. 2, p. 86-95, 2010.
- FONTENELE, S. de B.; ANDRADE, E. M. de; SALGADO, E. V.; MEIRELES, A. C. M.; SABIÁ, R. J. Análise espaço-temporal da qualidade da água na parte alta da bacia do rio salgado, Ceará. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 3, p. 102-109, 2011.
- GARGIA, G. de O.; MARTINS FILHO, S.; REIS, E. F. dos; MORAES, W. B.; NAZÁRIO, A. de A. Alterações químicas de dois solos irrigados com água salina. **Revista Ciência Agronômica**, v. 39, p. 7-18, 2008.
- HELBEL, A. F. **Análise da qualidade das águas subterrâneas no perímetro urbano de Ji-Paraná/RO – Brasil**. 2011, 111 f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Rondônia, Ji-Paraná, 2011.
- HELLER, L.; PADUA, V. L. **Abastecimento de Água para Consumo Humano**. Belo Horizonte: UFMG, 2006, 859 p.
- HERMES, L. C.; SILVA, A. S. **Parâmetros básicos para avaliação da qualidade das águas: análise e seu significado ambiental**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2002. 32 p.
- LEMONS, M. de; FERREIRA NETO, M.; DIAS, N. da S. Sazonalidade e variabilidade espacial da qualidade da água na Lagoa do Apodi, RN. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grade, v. 14, n. 2, p. 155-164, 2010.
- LOPES, F. B. **Índice de sustentabilidade do perímetro irrigado do baixo Acaraú, Ceará**. 2008, 118 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.
- KÖPPEN, N. W. **Climatologia: com um estudio de los climas de la Tierra**. México: Fondo de Cultura Económica, 1918. 478 p.
- MATIAS FILHO, J. COSTA, R. N. T.; MENEZES, J. A. L.; LOIOLA, M. L.; MEIRELES, M.; PEREIRA, A. L. S. **Estudos e Pesquisas para avaliação de riscos potenciais de drenagem e/ou salinidade na área prioritária do projeto de irrigação Baixo Acaraú**. Fortaleza: UFC, 2001, 27 p. (Relatório Técnico).
- MEIRELES, A. C. M.; ANDRADE E. M.; CHAVES, L. C. G.; FRISCHKORN, H.; CRISÓSTOMO, L. A. A new proposal of the classification of irrigation water. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, p. 349-357, 2010.
- NAKAYAMA, F. S. **Water analysis and treatment techniques for control emitter plugging**. In: PROCEEDINGS IRRIGATION ASSOCIATION CONFERENCE, Portland, Oregon, 1982.
- PALÁCIO, H. A. Q.; ANDRADE, E. M.; CRISÓSTOMO, L. A.; TEIXEIRA, A. S.; SOUZA, I. H. Selection of the determinates Trussu River Water quality factors using multivariable analysis. **Geographia Technica**, v. 5, n. 1, p. 74-81, 2008.
- PEDDE, S.; KROEZE, C.; RODRIGUES, L. N. Escassez hídrica na América do Sul: situação atual e perspectivas futuras. In: XX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE

RECURSOS HÍDRICOS, Bento Gonçalves. **Anais...** Bento Gonçalves, 2013.

PEREIRA, R. S. Identificação e caracterização das fontes de poluição em sistemas hídricos. Revista eletrônica de Recursos Hídricos. IPH – UFRGS, v. 1, n. 1, p. 20-36, 2004. Disponível em: <<http://www.abrh.org.br/informacoes/rerh.pdf>>. Acesso em: 18 abr 2016.

SALGADO, E. V.; ANDRADE, E. M. de;

FONTENELE, S. de B.; MEIRELES, A. C. M. Similaridade das variáveis hidroquímicas com o uso da análise multivariada, na bacia do salgado, Ceará. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 3, p. 158 - 166, 2011.

UNIVERSITY OF CALIFORNIA COMMITTEE OF CONSULTANTS. Guidelines for interpretation of water quality for agriculture. Davis, University of California, 1974. 13 p.