



**CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA PARA  
SUSTENTABILIDADE DE ÁREAS RURAIS E URBANAS –  
TECNOLOGIAS E CONSTRUÇÃO DA CIDADANIA  
TERESINA, PI, DE 11 A 14 DE JULHO DE 2005**

**INFLUÊNCIA DA GEOLOGIA NA QUALIDADE DAS ÁGUAS  
DA BACIA HIDROGRÁFICA DO SALITRE-BA<sup>1</sup>**

Luiza T. de L. Brito<sup>2</sup>; Vajapeyam S. Srinivasan<sup>3</sup>; Aderaldo de S. Silva<sup>4</sup>;  
Hans R. Gheyi<sup>3</sup>; Carlos de O. Galvão<sup>3</sup>

**RESUMO:** A qualidade das águas é influenciada por fatores naturais como climáticos e geomorfológicos como também pelas atividades antrópicas. Na bacia hidrográfica do Rio Salitre predominam rochas do grupo Bambuí, Chapada Diamantina e Calcários Caatinga, com outras pequenas manchas, que associadas às condições climáticas, têm grande influência na qualidade de suas águas. Este estudo teve por objetivo avaliar a influência da geologia da qualidade das águas dessa bacia. Assim, foram realizadas amostras de água em fontes superficiais e subterrâneas para caracterização da composição química, analisando-se as principais concentrações iônicas. A partir dos resultados, pode-se observar a predominância das águas bicarbonatadas em 80,78 e 63,43% das fontes superficiais e subterrâneas, respectivamente. Águas cloretadas predominaram em 41% das fontes subterrâneas no período sem chuvas e em 17,2% nas fontes superficiais. Também ocorreram variações significativas na qualidade das águas entre as fontes analisadas, apresentando grande variabilidade nos teores dos sólidos dissolvidos totais (SDT) variando de 30,0 a 5.046 mg L<sup>-1</sup>, que representa a salinidade da água, da dureza total (DT) de 20,0 a 2.999,6 mg L<sup>-1</sup>, entre outras variáveis. Na bacia em estudo, a água é fator limitante, logo, torna-se imprescindível a implementação de técnicas de captação e uso de água de chuva visando aumentar a disponibilidade e melhorar a qualidade das águas para consumo humano e para outras atividades.

**PALAVRAS-CHAVE:** Salinidade, monitoramento, recursos hídricos, água de chuva.

## INTRODUÇÃO

Em decorrência de fatores hidroclimáticos e geomorfológicos desfavoráveis, a escassez de água sempre foi um problema no Semi-Árido brasileiro, apesar dos esforços despendidos pelos governos por várias décadas. As elevadas taxas evapotranspirométricas, associadas às atividades antrópicas, principalmente relacionadas à agricultura, contribuem para reduzir a disponibilidade hídrica e favorecer a concentração de solutos nas fontes de água, com

<sup>1</sup>Parte da Tese de Doutorado do primeiro autor, apresentada à Universidade Federal de Campina Grande.

<sup>2</sup>Embrapa Semi-Árido, Petrolina, PE. CEP 56300-970. [luizatlb@cpatsa.embrapa.br](mailto:luizatlb@cpatsa.embrapa.br)

<sup>3</sup>Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB. [srinivas@rechid.ufcg.edu.br](mailto:srinivas@rechid.ufcg.edu.br); [hans@deag.ufcg.edu.br](mailto:hans@deag.ufcg.edu.br); [galvao@dec.ufcg.edu.br](mailto:galvao@dec.ufcg.edu.br); <sup>4</sup>Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP. [aderaldo@cnpma.embrapa.br](mailto:aderaldo@cnpma.embrapa.br)

conseqüências desfavoráveis na qualidade das águas, por meio da eutrofização, salinização e concentração de compostos não permissíveis para alguns usos considerados nobres que exigem rigoroso controle da qualidade da água. Naturalmente nesta região, dado ao predomínio das rochas cristalinas, os aquíferos são fissurais, onde os poços são rasos e apresentam vazões inferiores a  $3,0 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ , elevados teores de sólidos dissolvidos totais, em média,  $3,0 \text{ g L}^{-1}$ , com predominância de cloretos (Leal, 1999).

Os efeitos das águas com altas concentrações salinas usadas para irrigação, podem causar salinidade dos solos, tornando-os improdutivos. Águas consideradas de baixa salinidade e sem restrições de uso para irrigação, como exemplo, águas com  $500 \text{ mg L}^{-1}$  de sais ( $\text{CE} \approx 0,7 \text{ dS m}^{-1}$ ), quando aplicada uma lâmina de 100 mm, adiciona  $500 \text{ kg ha}^{-1}$  de sais ao solo. Parte dos sais pode ser absorvida pelas plantas, enquanto a maior parte se acumula no solo a cada irrigação, a menos que seja removida pela lixiviação e drenagem (Rhoades et al. 1990).

O desenvolvimento agrícola da bacia hidrográfica do Rio Salitre é de grande importância socioeconômica, sendo as sub-regiões de Caatinga do Moura, Mirangaba e Juazeiro, grandes produtoras de hortifrutigranjeiros. Nestas regiões, a irrigação é uma prática comum para suprir as deficiências de água no solo.

Nesta bacia predominam rochas do grupo Bambuí e Chapada Diamantina, seguidos pelos Calcários Caatinga e outras pequenas manchas. Estas rochas têm grande influência na qualidade das águas que, em geral, apresentam alta salinidade, dureza total, cloretos e bicarbonatos (CEI, 1986; Neves, 1972). Segundo Manoel Filho (1997), as formações calcárias dão origem ao calcário e calcário dolomítico, este se originando a partir da dissolução da calcita. Na presença de água de chuva a calcita é insolúvel; porém dissolve o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) presente no ar ou no solo, torna-se ácida e forma o ácido carbônico ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) que dissolve a calcita e dá origem ao bicarbonato de cálcio e de magnésio (dolomita), muito solúvel; daí a predominância dos íons bicarbonatos, cálcio e magnésio nesta bacia. Nas condições de calcário dolomítico, ocorre aumento na porosidade e permeabilidade, pois a dolomita ocupa cerca de 13% menos espaço que a calcita, formando fraturas verticais, comumente denominadas de sumidouros ou “engrunações”. Assim, esse estudo teve por objetivo avaliar a influência da geologia da qualidade das águas dessa bacia.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

A bacia hidrográfica do Rio Salitre inicia-se em Morro do Chapéu, na Chapada Diamantina e deságua no rio São Francisco no município de Juazeiro, na Bahia. Esta está compreendida

entre as latitudes 09°27' e 17°14' e as longitudes 40°22' e 41°30', e ocupa uma área de 13.199,7 km<sup>2</sup>, com um comprimento do curso principal de 270 km (CEI, 1986).

As amostras de água foram coletadas em fontes naturais; superficiais como rios, barragens, açudes, lagoas; e subterrâneas como poços tubulares, em março e dezembro de 2001, caracterizando os períodos de chuvas (PC) e sem chuvas (PV), respectivamente, num total de 92 análises em cada período. Em cada fonte hídrica foram realizadas coletas de água para caracterização da composição química, analisando-se as principais concentrações iônicas como cálcio (Ca<sup>++</sup>), magnésio (Mg<sup>++</sup>), sódio (Na<sup>+</sup>), potássio (K<sup>+</sup>), carbonato (CO<sub>3</sub><sup>-</sup>), bicarbonato (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>), cloreto (Cl<sup>-</sup>), sulfato (SO<sub>4</sub><sup>-</sup>), ferro (Fe<sup>++</sup>) e sólidos dissolvidos totais e pH. As amostras de água foram armazenadas em garrafas plásticas, sendo vedadas, identificadas e devidamente acondicionadas em geladeira até o momento das análises, as quais foram realizadas no Laboratório da Embrapa Semi-Árido, em Petrolina-PE. Todas fontes hídricas foram georeferenciadas, permitindo a elaboração de mapas temáticos utilizando-se o sistema de informação Arcview 3.2 (ESRI, 2000).

Para classificar as águas superficiais e subterrâneas quanto à concentração iônica foi utilizada a metodologia apresentada por Manoel Filho (1972), baseada no princípio de que um íon é dominante quando sua concentração química ultrapassa 25% da soma dos demais íons monovalentes, seja ânion ou cátion. Esta metodologia permite o enquadramento das águas em classes distintas em função dos ânions e cátions presentes na solução e suas combinações.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados da qualidade das águas da bacia do Salitre são apresentados e discutidos quanto aos aspectos qualitativos em função de suas características geológicas, cujas fontes hídricas estão localizadas predominantemente nas Formações Calcário Bambuí (PC'B) com 48,3%, Chapada Diamantina (PC'mc), 14% e Calcários Caatinga (TTQca), com 28,7% .

As águas desta bacia se caracterizam pela predominância do íon bicarbonato (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) sobre os cloretos (Cl<sup>-</sup>) e, estes sobre os sulfatos (SO<sub>4</sub><sup>-</sup>). A Tabela 1 contém a classificação geoquímica das águas superficiais e subterrâneas nos períodos de chuvas (PC) e sem chuvas (PV), tomando-se como base as concentrações dos ânions e cátions principais. Para as fontes superficiais, observa-se que, em média, 80,78% são águas bicarbonatadas, das quais 73,9% são cálcicas-magnesianas-sódicas. Secundariamente, as águas cloretadas representam 17,71%, com a predominância dos íons Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup> e Na<sup>+</sup> em 53,34% das amostras. Quanto às fontes subterrâneas, em média, 63,43% das amostras foram classificadas como bicarbonatadas,

sendo 71,34% cálcicas-magnesianas-sódicas. Águas cloretadas predominaram nas fontes subterrâneas, com 41% destas no período sem chuvas, enquanto nas superficiais foi de apenas 17,2%. Na Figura 1 pode-se observar a classificação geológica da bacia do Salitre (a) e a localização das fontes hídricas superficiais e subterrâneas analisadas (b).

Tabela 1. Classificação geoquímica das águas superficiais e subterrâneas da bacia hidrográfica do Salitre nos períodos de chuvas (PC) e verão (PV) de 2001

| <b>Águas Superficiais (PC)</b>    |               |      |               |      |               |      |               |     |               |      |  |
|-----------------------------------|---------------|------|---------------|------|---------------|------|---------------|-----|---------------|------|--|
| Classes                           | Ca-Mg-Na      |      |               |      | Mg-Na         |      | Ca-Na         |     | Na            |      |  |
|                                   | Amos-<br>tras | (%)  | Amos-<br>tras | (%)  | Amos-<br>tras | (%)  | Amos-<br>tras | (%) | Amos-<br>tras | (%)  |  |
| Bicarbonatadas                    | 9             | 34,6 | 9             | 34,6 | -             | -    | -             | -   | -             | -    |  |
| Bicarbonatadas Cloretadas         | 16            | 61,5 | 10            | 38,5 | 4             | 15,4 | 1             | 3,8 | 1             | 3,8  |  |
| Bicarbonatadas Sulfato-Cloretadas | 1             | 3,8  | 1             | 3,8  | -             | -    | -             | -   | -             | -    |  |
| Sub-Total                         | 26            | 78,8 | 20            | 76,9 | 4             | 15,4 | 1             | 3,8 | 1             | 3,8  |  |
| Cloretadas                        | 6             | 18,2 | 4             | 66,8 | 1             | 16,7 | -             | -   | 1             | 16,7 |  |
| Sulfato-Cloretadas                | 1             | 3,0  | 1             | 100  | -             | -    | -             | -   | -             | -    |  |
| TOTAL                             | 33            | 100  | 25            | 75,8 | 5             | 15,1 | 1             | 3,0 | 2             | 6,0  |  |

| <b>Águas Superficiais (PV)</b>    |               |      |               |      |               |      |               |      |               |      |  |
|-----------------------------------|---------------|------|---------------|------|---------------|------|---------------|------|---------------|------|--|
| Classes                           | Ca-Mg-Na      |      |               |      | Ca-Mg         |      | Ca-Na         | Na   |               |      |  |
|                                   | Amos-<br>tras | (%)  |  |
| Bicarbonatadas                    | 4             | 16,7 | 3             | 12,5 | 1             | 4,2  | -             | -    | -             | -    |  |
| Bicarbonatadas Cloretadas         | 18            | 75,0 | 13            | 54,2 | -             | -    | 2             | 8,3  | 3             | 12,5 |  |
| Bicarbonatadas Sulfato-Cloretadas | 2             | 8,3  | 1             | 4,2  | -             | -    | 1             | 4,2  | -             | -    |  |
| Sub-Total                         | 24            | 82,7 | 17            | 70,8 | 1             | 4,17 | 3             | 12,5 | 3             | 12,5 |  |
| Cloretadas                        | 5             | 17,2 | 2             | 40,0 | -             | -    | -             | -    | 3             | 60,0 |  |
| TOTAL                             | 29            | 100  | 19            | 65,5 | 1             | 3,45 | 3             | 10,3 | 6             | 20,7 |  |

| <b>Águas Subterrâneas (PC)</b>     |          |      |          |      |          |      |          |      |  |  |  |
|------------------------------------|----------|------|----------|------|----------|------|----------|------|--|--|--|
| Classes                            | Ca-Mg-Na |      |          |      | Mg-Na    |      | Ca-Na    |      |  |  |  |
|                                    | Amostras | (%)  | Amostras | (%)  | Amostras | (%)  | Amostras | (%)  |  |  |  |
| Bicarbonatadas                     | 3        | 8,3  | 3        | 8,3  | -        | -    | -        | -    |  |  |  |
| Bicarbonatadas-Cloretadas          | 29       | 80,6 | 19       | 52,8 | 9        | 25,0 | 1        | 2,78 |  |  |  |
| Bicarbonatadas -Sulfato-Cloretadas | 4        | 11,1 | 1        | 2,8  | 3        | 8,3  | -        | -    |  |  |  |
| Sub-Total                          | 36       | 67,9 | 23       | 63,9 | 12       | 33,3 | 1        | 2,78 |  |  |  |
| Cloretadas                         | 17       | 32,0 | 11       | 64,7 | 5        | 29,4 | 1        | 5,88 |  |  |  |
| TOTAL                              | 53       | 100  | 34       | 64,1 | 17       | 32,0 | 2        | 3,77 |  |  |  |

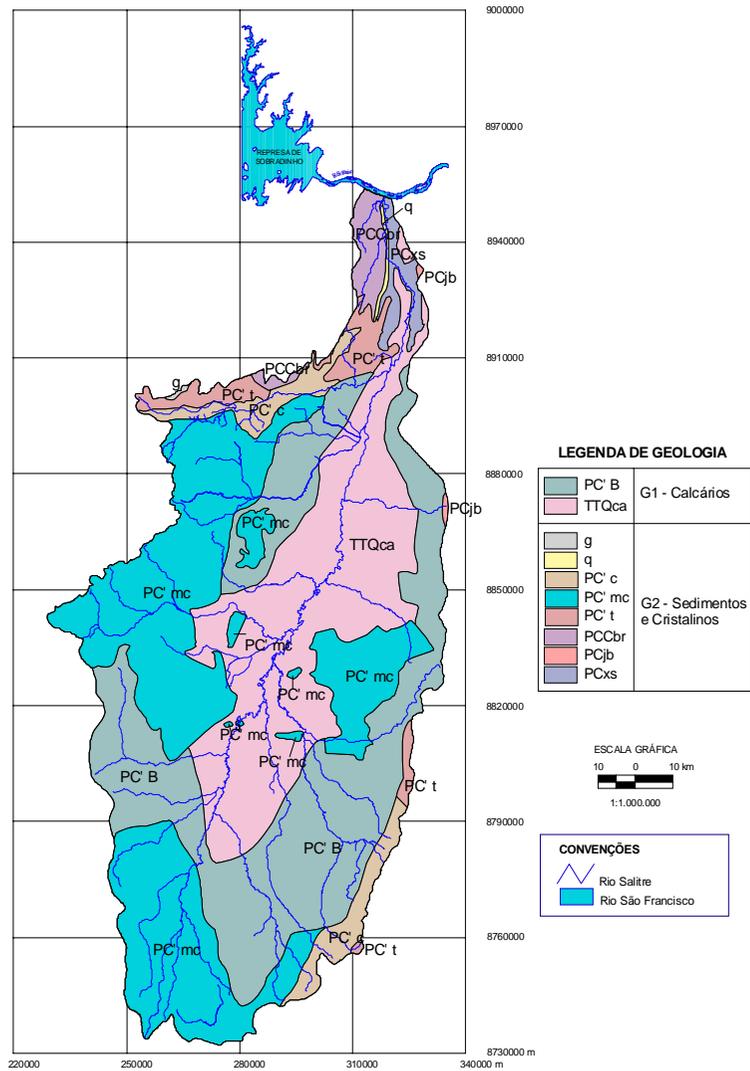
  

| <b>Águas Subterrâneas (PV)</b> |               |      |               |      |               |     |               |       |               |     |  |
|--------------------------------|---------------|------|---------------|------|---------------|-----|---------------|-------|---------------|-----|--|
| Classes                        | Ca-Mg-Na      |      |               |      | Ca-Mg         |     | Ca-Na         | Mg-Na | Na            |     |  |
|                                | Amos-<br>tras | (%)  | Amos-<br>tras | (%)  | Amos-<br>tras | (%) | Amos-<br>tras | (%)   | Amos-<br>tras | (%) |  |
| Bicarbonatadas                 | 5             | 15,1 | 5             | 15,1 | -             | -   | -             | -     | -             | -   |  |
| Bicarbonatadas-Cloretadas      | 28            | 84,8 | 21            | 63,6 | 2             | 6,0 | 2             | 6,0   | 3             | 9,0 |  |
| Sub-Total                      | 33            | 58,9 | 26            | 78,8 | 2             | 6,0 | 2             | 6,0   | 3             | 9,1 |  |
| Cloretadas                     | 23            | 41,0 | 18            | 78,3 | 1             | 4,3 | 1             | 4,4   | 2             | 8,7 |  |
| TOTAL                          | 56            | 100  | 44            | 78,7 | 3             | 5,4 | 3             | 5,4   | 5             | 8,9 |  |

Auzmendi *et al.* (2002), em estudos realizados sobre a qualidade das águas subterrâneas, na região de Irecê-BA, onde predominam formações rochosas do Grupo Bambuí, semelhantes à bacia do Salitre, observaram, também, grande variação na composição química das águas, e associaram estes resultados aos fatores litológicos, climáticos e antrópicos, predominando a

relação iônica  $\text{Cl} > \text{HCO}_3$ , enquanto na Chapada Diamantina predominou a relação  $\text{HCO}_3 > \text{Cl} > \text{SO}_4$ . Neste trabalho, obtiveram em algumas fontes níveis de cloretos de até  $8.770 \text{ mg L}^{-1}$ , observando-se, também, a presença de compostos nitrogenados, com valores máximos para nitrato de  $132,0 \text{ mg L}^{-1}$ , próximo a áreas de descargas de fluxo subterrâneo.

a)



b)

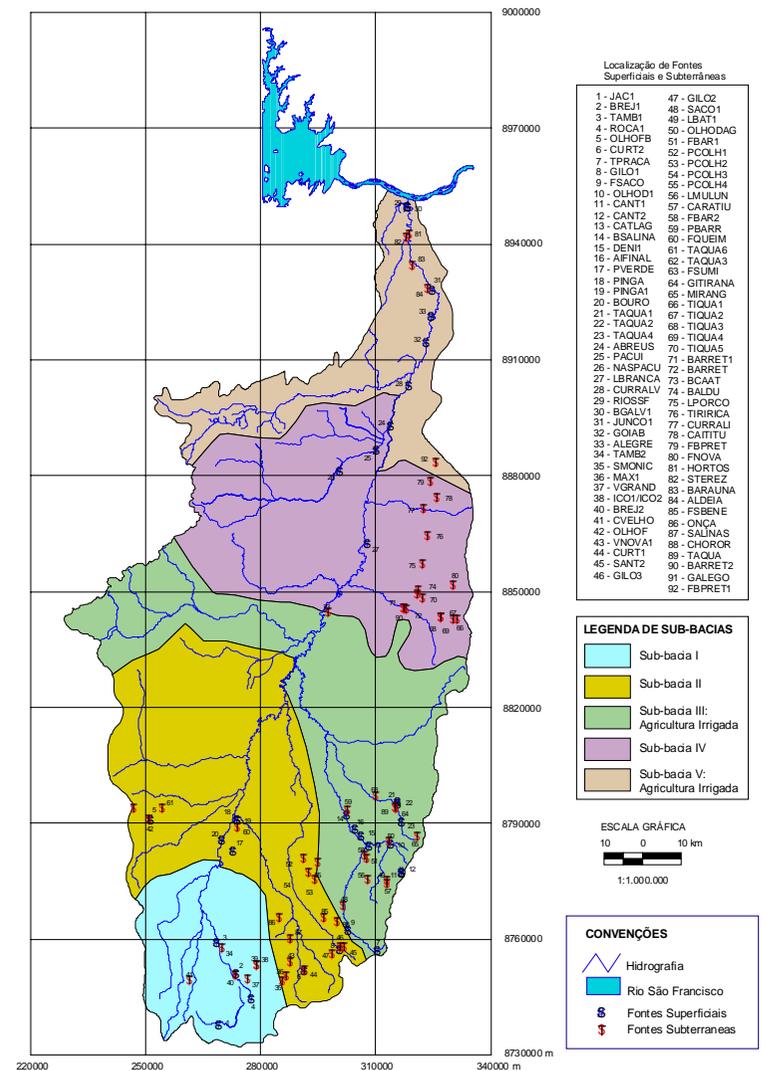


Figura 1. Classificação geológica (a) e localização das fontes hídricas superficiais e subterrâneas analisadas na bacia do Salitre-BA (b).

As fontes hídricas da bacia do Rio Salitre apresentaram grande variabilidade nos teores dos sólidos dissolvidos totais (SDT) variando de 40,0 a 5.046 mg L<sup>-1</sup>, que representa a salinidade das águas (Figura 2 a e b), da dureza total (DT) de 20,0 a 2.999,6 mg L<sup>-1</sup>, cloretos (Cl) de 0,60 a 74,90 mmol<sub>c</sub> L<sup>-1</sup>, relação de adsorção de sódio (RAS) de 0,52 a 10,89 mmol L<sup>-1</sup>.

Presença de bicarbonatos nas águas de irrigação afeta a RAS da solução do solo, principalmente em regiões áridas e semi-áridas, onde ocorrem elevadas taxas evapotranspirométricas, favorecendo a redução da disponibilidade de água no solo e, como os sais praticamente não são eliminados, a concentração salina da água no solo aumenta de maneira a alcançar os limites de solubilidade dos íons de Ca<sup>++</sup> e Mg<sup>++</sup> desta solução. Quando isto ocorre, estes sais precipitam, diminuindo a concentração de cálcio e magnésio da solução do solo e, finalmente, aumentando a RAS.

O clima semi-árido da bacia se caracteriza por um regime hidroclimatológico irregular, com precipitações médias anuais variando de 400 a 800 mm, concentradas nos meses de janeiro a abril. O regime térmico possui oscilação anual baixa, com valores médios de temperatura da ordem de 23,7 °C, com altos valores médios de evapotranspiração potencial, variando de 1000 a 1400 mm, resultando em deficiência de água no solo (Figura 3).

O regime hidrológico do rio Salitre e de seus afluentes é efêmero, cujas águas escoam por mais algum tempo depois de cessadas as chuvas. Porém, de acordo com CEI (1986), até o início dos anos 80, este rio apresentava vazão média anual de 1,27 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup>, variando em função da ocorrência e volume das precipitações. Segundos depoimentos da comunidade, esta situação agravou-se a partir deste período, coincidindo com a época da política de açudagem no Nordeste, quando foram construídas várias barragens nas cabeceiras deste rio e de seus afluentes principais. Atualmente, as águas de algumas destas barragens não são utilizadas, devido à sua alta salinidade.

## CONCLUSÕES

1. Ocorreu grande variação nas variáveis de qualidade das águas entre as fontes analisadas, principalmente nos teores de sólidos dissolvidos totais, dureza total, cloretos, relação de adsorção de sódio, em decorrência fatores naturais como geológicos e climáticos;
2. Águas com salinidade elevada quando utilizadas para irrigação faz-se necessário um manejo adequado do sistema solo-água, visando reduzir os riscos de salinidade dos solos e melhorar a produtividade das culturas. Também, são necessárias medidas para reduzir a salinidade das águas para consumo humano, visto que não há outras fontes de água de melhor qualidade na região;
3. Há necessidade de se dar ênfase as técnicas de captação de água de chuva, visando aumentar a disponibilidade e melhorar a qualidade das águas desta bacia.

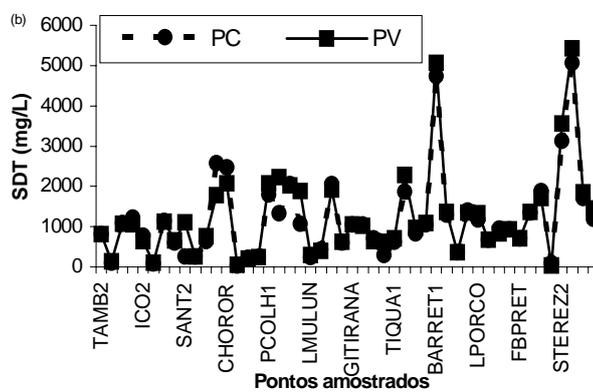
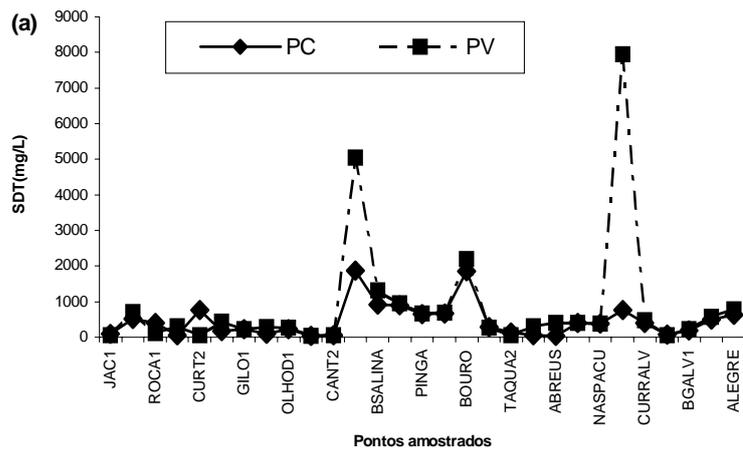


Figura 2. Variações espaço-temporais teores de Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) das águas superficiais (a) e subterrâneas (b) nos períodos de chuvas (PC) e sem chuvas (PV).

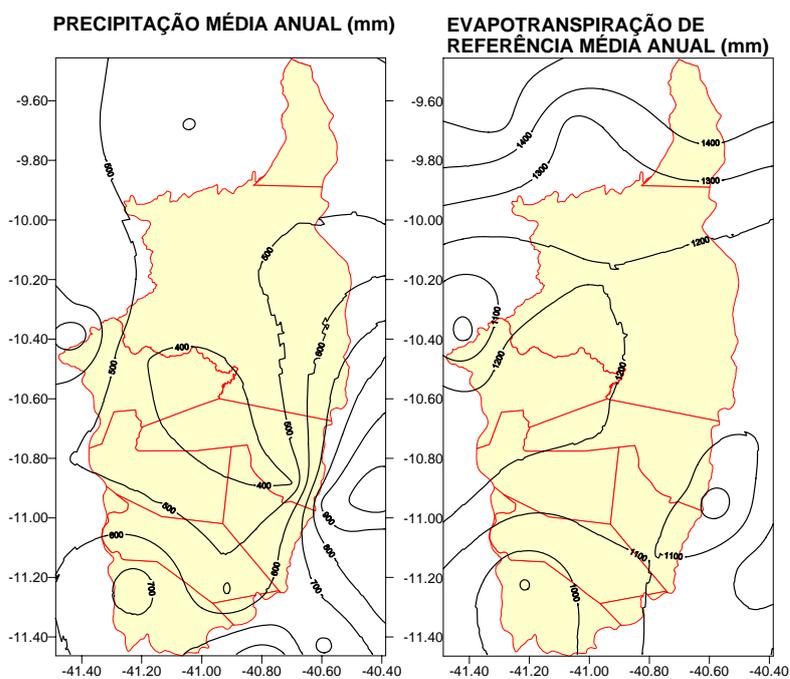


Figura 3. Precipitação e evapotranspiração de referência médias anuais da bacia do Salitre (Fonte: SEI, 1999).

## LITERATURA CITADA

AUZMENDI, I. A.; EVANGELISTA, I. M.; SILVA, H. P. Síntesis de los conocimientos sobre la hidrogeología de la cuenca del rio Verde e Jacaré, Irecê-BA, Brasil: In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL CYTED-XVII, 2., 2002, Salvador,BA. **Resumos...** Salvador: CYTED/UFBA/UEPS/SRH-BA/MMA-SRH/FAPEX, 2002. Não paginado.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura.** Tradução H. R. GHEYI; J. F. MEDEIROS; F. A. V. DAMACENO. Campina Grande: UFPB, 1991. 218p. (FAO: Irrigação e Drenagem; 29) Revisado 1.

CENTRO DE ESTATÍSTICA E INFORMAÇÃO-CEI. **Avaliação dos recursos hídricos em bacias hidrográficas do Estado da Bahia:** Bacia do rio Salitre. Salvador, 1986. 2v.

LEAL, A. de S. As águas subterrâneas no Brasil: ocorrências, disponibilidade e usos. In: FREITAS, M. A. V. de. (Ed.). **O estado das águas no Brasil;** perspectivas de gestão e informações de recursos hídricos. Brasília: ANEEL-SRH/MME/MMA-SRH/OMM, 1999. p. 139-164. il.

ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTO – ESRI. **Software/dados.** New York, 2000.

LEPRUN, J.C. **Relatório de fim de convênio de manejo e conservação do solo no Nordeste brasileiro,** 1983. 290p. 5 mapas anexo.

MANOEL FILHO, J. Contaminação das águas subterrâneas. In: FEITOSA, F. A. C; MANOEL FILHO, J. (Ed.). **Hidrogeologia:** conceitos e aplicações. Fortaleza: CPRM/ LABHID/UFPE, 1997. p. 109-132.

MANOEL FILHO, J.; PEREIRA, V. X.; ANJOS, N. F. R. dos. Hidroquímica. In: **Elementos de hidrogeologia prática.** 2 ed, Recife: SUDENE, 1972. p. 265-351. (SUDENE. Hidrogeologia; 13).

NEVES, B. B. de B. **Inventário hidrogeológico básico do Nordeste:** Folha 24 – Aracajú-SO. Recife:SUDENE. 1972. 284 p. (Hidrogeologia, 26).

REBOUÇAS, A. da C. Água doce no mundo e no Brasil. In: REBOUÇAS, A. da C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (Ed.). **Águas doces no Brasil:** capital ecológico, uso e conservação. São Paulo: USP/ABC, Escrituras Editoras. 1999. cap. 1, p. 1-36.

RHOADES, J. D.; LOVEDAY, J. Salinity in irrigated agriculture. In: STEWART, D. R.; NIELSON, D. R. (Ed.). **Irrigation of agricultural crops.** Madison: ASA/CSSA/SSSA, 1990. p. 1089-1142.