

# FATORES RELACIONADOS À SALINIDADE DAS ÁGUAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO SALITRE

L. T. de L. BRITO<sup>1</sup>; V. S. SRINIVASAN<sup>2</sup>; A. de S. SILVA<sup>3</sup>;  
H. R. GHEYT<sup>4</sup>; C. de O. GALVÃO<sup>2</sup>; L. C. HERMES<sup>5</sup>

**RESUMO** - A salinidade das águas está relacionada tanto a fatores naturais como antrópicos, que de forma isolada ou interagindo, são decisivos na qualidade da água para diferentes usos. Assim, identificar os principais fatores que influenciam na salinidade das águas da bacia hidrográfica do Salitre auxiliará na definição de medidas de prevenção e/ou conservação das águas em função de seus respectivos usos, melhorando a qualidade e aumentando sua disponibilidade. A partir dos resultados, observa-se que mais de 76% das fontes hídricas analisadas estão localizadas em áreas calcárias, com a predominância de íons de bicarbonatos de cálcio, contribuindo significativamente para a salinização das águas. Não foram observadas diferenças significativas nos parâmetros que caracterizam a salinidade das águas, embora os mais elevados valores tenham sido obtidos no verão (SDT=7940,0 e 5060,0 mg.L<sup>-1</sup>; DT=2999,6 e 2913,9 mg.L<sup>-1</sup> de CaCO<sub>3</sub>; Cl=91,40 e 68,4 mmol<sub>c</sub>.L<sup>-1</sup>) para as fontes superficiais e subterrâneas, respectivamente. Quanto à composição geoquímica, em média, mais de 80% e 63% das respectivas fontes foram classificadas como águas bicarbonatadas. Além deste, predominam íons de cálcio, magnésio, sódio e o cloreto. Dada a forte influência das condições geológicas na qualidade das águas desta bacia, medidas de redução da salinidade devem ser implementadas, visando à melhoria de sua qualidade, tanto no contexto do consumo doméstico como para uso na irrigação.

**PALAVRAS-CHAVE:** Recursos hídricos, litologia, salinidade, poluição.

---

<sup>1</sup>Eng<sup>o</sup>. Agrícola, Doutoranda em Recursos Naturais, UFCG-PB/Embrapa Semi-Árido, Petrolina-PE.  
[luizatlb@cpatsa.embrapa.br](mailto:luizatlb@cpatsa.embrapa.br)

<sup>2</sup>Prof. Titular, Ph.D, DEC/UFCG-PB, Campina Grande-PB

<sup>3</sup>Eng<sup>o</sup>. Agrônomo, Dr. Recursos Naturais, Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna-SP

<sup>4</sup>Prof. Titular, Ph.D, DEA/UFCG-PB, Campina Grande-PB

<sup>5</sup>Eng. Químico, M.Sc., Química Ambiental, Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna-SP

## INTRODUÇÃO

A disponibilidade de água no planeta tem permanecido constante nos últimos 500 milhões de anos (REBOUÇAS, 1999), embora FREITAS e SANTOS (1999) afirmem que na última metade do Século XX, o consumo mundial de água tenha aumentado em mais de seis vezes. Associados ao aumento do consumo da água, fenômenos naturais e antrópicos como desperdícios, práticas agropecuárias inadequadas, mineração, atividades urbanas, entre outros, são fatores que ameaçam tanto a qualidade quanto a disponibilidade de água, tornando-se, atualmente, um grave problema em muitos países.

Apesar de o Brasil dispor de 13,8% da disponibilidade hídrica mundial, considerado um dos países mais ricos em águas doces (FREITAS e SANTOS, 1999), a situação não é muito diferente, devido à sua dimensão territorial e à ampla diversidade climática.

Na região semi-árida brasileira, mais especificamente na bacia hidrográfica do Salitre, além da variável clima, com a ocorrência de baixas precipitações e elevadas taxas evapotranspirométricas, que favorecem à concentração de solutos nas águas, outros fatores naturais, principalmente a geologia, tem forte influência na qualidade das águas, observando-se a predominância de rochas do grupo Chapada Diamantina, Calcário Bambuí e Calcário Caatinga.

Segundo MANOEL FILHO (1997), nas condições calcárias, ocorre a formação de bicarbonato de cálcio, também denominado de dolomita, a partir da dissolução da calcita, constituída principalmente pelos íons  $\text{HCO}_3$ , Ca e Mg, daí a predominância destes íons nas águas da bacia hidrográfica do Salitre. COSTA (1965), citado por MANOEL FILHO (1997), afirma que os minerais que mais contribuem para a salinização das águas subterrâneas são plagioclásio (Na, Ca), calcita (Ca), apatita (Cl, Ca) e clorita (Mg).

Entre os fatores antrópicos que influenciam na qualidade das águas, a agricultura, além de maior consumidora, responsável por cerca de 70% da disponibilidade hídrica mundial, é também grande poluidora dos recursos hídricos, por meio de sistemas de produção que utilizam insumos de forma inadequada, e os efluentes retornam para as fontes hídricas contendo grandes quantidades de sais, nutrientes, pesticidas e sedimentos, contribuindo para a degradação da qualidade e redução da disponibilidade de água (ONGLEY, 2000). Assim, identificar os principais fatores que influenciam na qualidade das

águas da bacia hidrográfica do Salitre auxiliará na definição de medidas de prevenção e/ou conservação das águas em função de seus respectivos usos, melhorando a qualidade e aumentando sua disponibilidade.

## **METODOLOGIA**

Para consecução dos objetivos propostos, tomou-se como base as informações sobre a bacia hidrográfica do Salitre contidas nos documentos de NEVES (1972) e CEI (1986). Os mapas referentes aos solos e à geologia da bacia foram digitalizados, tendo sido georreferenciadas as fontes hídricas no momento das análises, para permitir o cruzamento destas informações. Dados sobre precipitação e evapotranspiração foram extraídos de SEI (1999) para uma série de vários anos, para os municípios que compõem a bacia hidrográfica do Salitre.

A qualidade das águas foi caracterizada a partir de análises “in situ”, utilizando sondas multiparâmetros e coletas de águas para análises físicas e químicas em laboratório, sendo realizadas em 91 fontes hídricas superficiais e subterrâneas da bacia, de forma aleatória, analisando-se 18 parâmetros de qualidade das águas, no período de chuvas e verão de 2001.

Para classificação das fontes hídricas quanto à qualidade geoquímica, foi utilizada a metodologia citada em MANOEL FILHO (1972).

## **RESULTADOS E DISCUSSÕES**

A partir dos dados climáticos, foi possível construir os mapas de isolinhas para a bacia do Salitre, sendo observados baixos valores médios de precipitação pluviométrica anual, variando de 400 a 800mm, e elevadas taxas evapotranspirométricas – 1.000 a 1.100 mm. Os fatores climáticos têm influencia na qualidade das águas; por um lado, a precipitação favorece os processos de mineralização dos solos e das rochas como no transporte de solutos; por outro, com a ocorrência das chuvas, ocorre a renovação das águas e diluição dos solutos das fontes hídricas, favorecidas pelas altas taxas evapotranspirométricas.

Estas condições climáticas propiciam déficit de umidade no solo durante a maioria dos meses do ano, favorecendo a prática da agricultura irrigada que apresenta maiores riscos de contaminação das fontes hídricas.

Estudos realizados pela FAO/SUDENE, RADAMBRASIL e Embrapa (CEI, 1986; NEVES, 1972) fornecem as potencialidades dos recursos de solos da bacia do Salitre, abrangendo várias unidades pedológicas, predominando os Cambissolos e os Latossolos.

Os Cambissolos distribuem-se de norte a sul da bacia, concentrando-se principalmente na parte oriental. Geralmente, correspondem às áreas do substrato calcário. São solos bem drenados que favorecem a infiltração de água, textura franco-argilosa, rasos a moderadamente profundos. São considerados os melhores solos para agricultura. Os solos tipo Latossolos Vermelho amarelo ocupam área equivalente aos Cambissolos e se caracterizam pelo avançado grau de intemperização de arenitos grosseiros, mal estratificados e de baixa fertilidade natural; têm baixo potencial para uso agrícola.

No contexto da geologia, a bacia hidrográfica do Salitre está subdividida em dois grandes compartimentos geológicos principais: metassedimentos da Chapada Diamantina e Formações Calcárias do Grupo Bambuí e Caatinga, além de formações menores como o Substrato Cristalino.

Os aquíferos da Chapada Diamantina são de natureza fissural e, por conseguinte, limitados do ponto de vista da capacidade de armazenamento de água, se restringindo à rede de fraturas, fendas, juntas e diaclases. Os Calcários do Grupo Bambuí e da Formação Caatinga, que ora sobrepõem os metassedimentos Chapada Diamantina, ora o Substrato Cristalino, são denominados de aquíferos cársticos. Nos calcários, a capacidade de armazenamento e circulação da água se faz por meio de canais e fendas formados pela dissolução das rochas carbonáticas (NEVES, 1972).

A partir do cruzamento das coordenadas geográficas das fontes hídricas superficiais e subterrâneas com o mapa das formações geológicas, pode-se observar que aproximadamente 76% das fontes hídricas analisadas localizam-se em áreas calcárias, seja do grupo Bambuí ou Caatinga; conseqüentemente, estas características geológicas refletem nos resultados da qualidade das águas em ambos os tipos de fontes, caracterizados pela forte presença de íons de bicarbonato, cloreto, cálcio, magnésio e sódio, com elevados valores de sólidos dissolvidos totais ( $SDT=7940,0 \text{ mg.L}^{-1}$ ), dureza total ( $DT=2999,6 \text{ mg.L}^{-1}$  de  $\text{CaCO}_3$ ) e cloretos ( $Cl=91,40 \text{ mmolc.L}^{-1}$ ), nas fontes superficiais de LBRANCA e CATLAG. O poço BARRET1 apresentou os mais elevados valores, correspondendo a  $SDT=5060,0 \text{ mg.L}^{-1}$ ,  $DT=2913,9 \text{ mg.L}^{-1}$  de  $\text{CaCO}_3$  e  $Cl= 68,40 \text{ mmolc.L}^{-1}$ . No período do verão, em 45% e 81% das fontes superficiais e subterrâneas, respectivamente, os valores dos SDT foram superiores aos recomendados para consumo humano ( $SDT<500 \text{ mg.L}^{-1}$ ) (Tabela 1).

A classificação geoquímica das águas das fontes superficiais e subterrâneas reforça estes resultados, onde foram observados que, embora não tenham ocorrido diferenças significativas entre os períodos, em média, em mais de 80,0% das fontes superficiais, as águas foram caracterizadas como bicarbonatadas, das quais, mais de 74%, cálcicas-magnesianas-

sódicas. Secundariamente, as águas cloretadas representam 17,71%, observando a predominância de íons de  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$  e  $\text{Na}^+$  em 53,34% das amostras. Quanto às fontes

**Tabela 1. Valores máximos, mínimos e percentuais de variação dos parâmetros de qualidade das águas da bacia hidrográfica do rio Salitre no período das chuvas (PC) e verão (PV).**

Variáveis	Período	Máximos	Mínimos	Código	Variação* (%)
<b>Fontes Superficiais</b>					
SDT (mg/L)	PC	2.390,0	30,00	BREJ1	47,0(+)
	PV	7.940,0	30,00	LBRANCA	45,0(+)
Cl (mmol/L)	PC	27,80	0,20	BREJ1	81,9(-)
	PV	91,4	0,20	LBRANCA	89,6(-)
RAS (mmol/L) <sup>-1/2</sup>	PC	5,95	0,15	ROCA1	100(-)
	PV	25,27	0,04	LBRANCA	96,4(-)
DT (mg/L)	PC	849,8	14,99	CATLAG	92,8(-)
	PV	2.999,6	19,99	CATLAG	79,6(-)
<b>Fontes Subterrâneas</b>					
SDT (mg/L)	PC	5.370,0	99,40	CVELHO	71,56(+)
	PV	5.060,0	85,93	BARRET1	81,42(+)
Cl (mmol/L)	PC	74,9	0,60	TIQUA2	25,0(+)
	PV	68,4	0,20	BARRET1	96,0(-)
RAS (mmol/L) <sup>-1/2</sup>	PC	10,89	67,5	CVELHO	100(-)
	PV	6,71	64,97	TAMB2	100(-)
DT (mg/L)	PC	2.717,9	96,5	BARRET1	42,0(+)
	PV	2.940,0	98,68	BARRET1	48,0(+)

\* Percentuais de fontes hídricas com valores acima e abaixo (+, -) do limite recomendado pelo CONAMA.

subterrâneas, observa-se que, em média, 63,43% das amostras também foram classificadas como bicarbonatadas e, destas, 71,34% são cálcicas-magnesianas-sódicas. As águas cloretadas representam 36,58% das fontes (Tabela 2).

Nas condições de calcário dolomítico, ocorre aumento na porosidade e permeabilidade do meio, pois a dolomita ocupa cerca de 13% menos espaço que a calcita. Neste tipo de rocha, é comum a existência de fraturas verticais concentradas, criando zonas de alta condutividade hidráulica (MANOEL FILHO, 1997); situação comum nas áreas dos Calcários Bambuí do

Vale Caatinga do Moura e Calcários Caatinga de Campo Formoso, denominados pela comunidade de sumidouros ou “engrunações”.

**Tabela 2. Classificação geoquímica das águas superficiais e subterrâneas da bacia hidrográfica do Salitre e uso para irrigação.**

<b>Fontes Superficiais</b>						
Classificação iônica	Total		Ca-Mg-Na		Outros	
	Amostras	(%)	Amostras	(%)	Amostras	(%)
Bicarbonatadas	4	16,67	3	12,50	1	4,17
Bicarbonatadas Cloretadas	18	75,00	13	54,18	5	20,82
Bicarbonatadas Sulfato-Cloretadas	2	8,33	1	4,16	1	4,17
Sub-Total	24	82,76	17	70,83	7	29,17
Cloretadas	5	17,24	2	40,00	3	60,00
<b>TOTAL</b>	<b>29</b>	<b>100</b>	<b>19</b>	<b>65,52</b>	<b>10</b>	<b>34,48</b>
Salinidade (%): C3 e C4	10	35				
<b>Fontes Subterrâneas</b>						
Bicarbonatadas	5	15,15	5	15,15	-	-
Bicarbonatadas-Cloretadas	28	84,85	21	63,64	7	21,21
Sub-Total	33	58,93	26	78,79	7	21,21
Cloretadas	23	41,07	18	78,25	5	21,75
<b>TOTAL</b>	<b>56</b>	<b>100</b>	<b>44</b>	<b>78,57</b>	<b>12</b>	<b>21,43</b>
Salinidade (%): C3 e C4	44	78,6				

Estudos realizados por AUZMENDI et al, (2002) sobre a qualidade das águas subterrâneas na região de Irecê-BA, onde predominam rochas do Grupo Bambuí, observaram também grande variação espacial na qualidade das águas e associaram estes resultados aos fatores litológicos, climáticos e antrópicos; em algumas fontes o teor de cloreto atingiu 8.770 mg.L<sup>-1</sup>, observando-se também a presença de nitrato (NO<sub>3</sub>=132,0 mg.L<sup>-1</sup>), próximo a áreas de descargas de fluxo subterrâneo.

Quanto aos impactos das atividades agrícolas na qualidade das águas, normalmente, iniciam-se com o desmatamento das áreas de vegetação natural, com os diferentes métodos de preparo do solo, facilitando a erosão, e com as práticas agrícolas como

irrigação, fertilização, controle de pragas, etc. No contexto da irrigação, os riscos de degradação das águas estão relacionados à salinização das águas e dos solos e à contaminação por agroquímicos.

As áreas irrigadas mais representativas nesta bacia são da região de riacho Caatinga do Moura (Jacobina) e baixo Salitre, no município de Juazeiro, seja utilizando água do próprio rio Salitre ou do São Francisco. A influência da irrigação na qualidade das águas foi realizada comparando-se os resultados das análises das águas coletadas em pontos extremos dessas áreas.

Na região de Caatinga do Moura, a água para uso na irrigação é proveniente da barragem Olho D'água (OLHOD1) e de poços jorrantes localizados neste riacho (OLHDAG). Na extremidade desta área foram analisadas águas da barragem Salinas (BSALINA) e do poço FSUMI. Com relação à água das barragens, os aumentos mais significativos foram nos valores dos SDT (271,0; 1317,0 mg.L<sup>-1</sup>), RAS (1,83; 3,90 mmol<sub>c</sub>.L<sup>-1</sup>) e DT (120,0; 610,0 mg.L<sup>-1</sup>) no período do verão, considerado crítico com relação à disponibilidade de água, tanto que nas parcelas DENI1 e AIFINAL não havia água para irrigar. Com relação aos poços (OLHDAG, FSUMI), os aumentos foram SDT (215,0; 1922,0 mg.L<sup>-1</sup>), RAS (0,45; 6,29 mmol<sub>c</sub>.L<sup>-1</sup>) e DT (165,0; 789,8 mg.L<sup>-1</sup>).

Nesta área, os riscos de salinização são maiores, por serem os solos pesados, com 50% de silte e argila, alto teor de matéria orgânica (31 g.dm<sup>-3</sup>) e com drenagem deficiente, com sinais evidentes de salinização. Também, o método de irrigação utilizado é por sulcos, que contribui para elevar a salinidade, sendo o manejo da água, critério de cada irrigante. Resultados das análises de solos indicam a presença de solos sódicos (OLHOD); salino-sódicos (DENI1D) e salinos (DENI1), valores da condutividade elétrica do extrato de saturação dos solos de CE<sub>s</sub>=1,38; 8,54; 17,88 dS.m<sup>-1</sup>, respectivamente.

No município de Juazeiro, também foram obtidos aumentos significativos na maioria das variáveis analisadas. Em abril de 2001, após a ocorrência das precipitações, os aumentos das variáveis entre o Distrito de Curral Velho (ponto 1) e Alegre (ponto 3) foram DT=31% (290,24 – 380,32 mg.L<sup>-1</sup>); SDT=52% (410 a 627,00 mg.L<sup>-1</sup>); RAS=152% (0,51 a 1,29 mmol<sub>c</sub>.L<sup>-1/2</sup>) e, Cl=220% (1,20 – 3,85 mmol<sub>c</sub>.L<sup>-1</sup>).

Estes resultados levam a concluir que, embora a geologia tenha forte influência na concentração de solutos nas águas da bacia do Salitre, a agricultura irrigada praticada pelos pequenos produtores contribui significativamente para degradar a qualidade das águas, necessitando, portanto, de medidas apropriadas de manejo do sistema água-solo-planta,

visando reduzir os riscos de contaminação das águas e a manutenção da capacidade produtiva dos solos.

## CONCLUSÕES

As características geológicas da bacia hidrográfica do Salitre têm forte influência na qualidade das águas, apresentando estas elevados níveis de salinidade, com mais de 80% e 63% das fontes superficiais e subterrâneas, respectivamente, classificadas como bicarbonatadas;

Nas fontes hídricas próximas às áreas irrigadas foram obtidos aumentos significativos nos parâmetros analisados, caracterizando a influência da agricultura irrigada na qualidade das águas;

Medidas de redução da salinidade devem ser implementadas, visando à melhoria da qualidade das águas, tanto no contexto do consumo doméstico como para demais usos;

Os solos das áreas irrigadas apresentam sérios problemas de salinidade; portanto, são necessárias medidas de recuperação e manutenção de sua capacidade produtiva;

Mais de 80% das fontes subterrâneas apresentam valores dos SDT > 500 mg.L<sup>-1</sup>, superiores ao limite recomendado pelo CONAMA, classificadas como águas salobras.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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.
- CENTRO DE ESTATÍSTICA E INFORMAÇÃO. **Avaliação dos recursos hídricos em bacias hidrográficas do Estado da Bahia: Bacia do rio Salitre.** Salvador, 1986. 2v.
- FREITAS, M. A. V. de, SANTOS, A. H. M. Importância da água e da informação hidrológica. In: FREITAS, M. A. V. de. (Ed.). **O estado das águas no Brasil; perspectivas de gestão e informações de recursos hídricos.** Brasília: ANEEL/MME/MMA-SRH/OMM, 1999. p. 13-16. il.
- 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.
- NEVES, B. B. de B. **Inventário hidrogeológico básico do Nordeste: Folha 24 – Aracajú-SO.** Recife: SUDENE. 1972. 284 p. (Hidrogeologia, 26).
- ONGLEY, E. D. **Controle da poluição da água pelas atividades agrícolas.** Trad. Ghevy, H.R., Damaceno, F.A.V.; BRITO, L.T. de L. Campina Grande: UFPB. 2001. 92p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 55).
- 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.

SUPERINTENDENCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA BAHIA. **Balanço hídrico do Estado da Bahia**. Salvador, 1999. 250 p. (SEI. Série Estudos e Pesquisa; 45).