

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA BACIA SEDIMENTAR NO MUNICÍPIO DE LAVRAS DA MANGABEIRA, CEARÁ.

Carla Maria S. Vidal Silva¹, Maria Marlúcia Freitas Santiago¹; Horst Frischkorn²;
Liano Silva Veríssimo³; Robério Boto de Aguiar³; Josué Mendes Filho¹; Michel Lopes Granjeiro¹

Resumo – A bacia sedimentar estudada, com área aproximada de 60,3 km², é constituída de um conjunto de três pequenas bacias situadas no município de Lavras da Mangabeira na região sudeste do Estado do Ceará, Nordeste do Brasil. Este trabalho caracterizou, sob o aspecto de qualidade química, a água subterrânea realizando duas campanhas, uma no final do período seco e outra no período chuvoso, quando foi medida a condutividade elétrica “in loco” e coletadas águas de sete poços para análises das concentrações dos cátions Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺ e K⁺ e dos ânions Cl⁻, SO₄²⁻ e HCO₃⁻. Os resultados mostram que as águas de duas sub-bacias Riacho do Meio e Riacho do Rosário são hidroquimicamente diferentes; um poço em cada uma das sub-bacias teve água imprópria para o consumo humano, no período chuvoso, e os poços da Bacia do Rosário apresentaram água imprópria para o uso na agricultura em uma das coletas.

Abstract – The sedimentary basin studied, with about 60.3 km² in area, is composed of three small sub-basins localized in the township of Lavras da Mangabeira, in the Southeast of Ceará State. This research characterizes, with respect to chemical quality, groundwaters collected during two campaigns, one at the end of the dry season, the other at the end of the rainy one. In samples from seven wells, we measured electric conductivity “in loco” and cation concentration Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺ e K⁺ and the anions Cl⁻, SO₄²⁻ e HCO₃⁻. Results show that groundwaters from the sub-basins Riacho do Meio and Riacho do Rosário are hydrochemically different. One well in each of these two sub-basins produces, during the rainy season, water unfit for human consumption. The wells of the Rosário basin were found to produce water inappropriate for irrigation in one campaign.

Palavras-Chave – Lavras da Mangabeira, água subterrânea.

¹Departamento de Física-UFC, Campus do Pici, Cx. Postal 6030-Fortaleza/CE CEP: 60.455-760, Fone: (85)3366-9913, Fax: (85)3366-9450, e-mail: carla@fisica.ufc.br, marlucia@fisica.ufc.br, josue@fisica.ufc.br, michel@fisica.ufc.br

²Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental-UFC, Campus do Pici, Cx. Postal 6030-Fortaleza/CE CEP: 60.455-760, Fone: (85)3366-9775, Fax: (85)3366-9627, e-mail: cariri@ufc.br

³Serviço Geológico do Brasil-CPRM, Av. Antônio Sales, 1418, CEP: 60.135-Fortaleza/CE, Fone: (85)3246-1242, e-mail: liano@fo.cprm.gov.br, boto@fo.cprm.gov.br

1 – Introdução

Este trabalho constitui uma das atividades desenvolvidas dentro do Projeto Comportamento das Bacias Sedimentares da Região Semi-Árida do Nordeste Brasileiro, implantado pelo Ministério da Ciência e Tecnologia, por intermédio da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) com a Secretaria Executiva do Fundo Setorial de Recursos Hídricos (FNDCT), executado em conjunto pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM) Residência de Fortaleza e os Departamentos de Física, Geologia e Engenharia Hidráulica e Ambiental da Universidade Federal do Ceará através de uma rede cooperativa de pesquisa.

A bacia sedimentar estudada, com área aproximada de 60,3 km², constituída de um conjunto de três pequenas bacias se localiza no município de Lavras da Mangabeira na região sudeste do Estado do Ceará, Nordeste do Brasil. Embora de pequena dimensão, a bacia é importante por fazer parte da área sedimentar no Ceará, que é de apenas 25% do Estado.

O município de Lavras da Mangabeira tinha, em 2003, uma população de 31.360 habitantes, sendo 16.730 localizados na zona urbana e 14.630, na zona rural (IBGE, 2003). O abastecimento da sede municipal é realizado pela CAGECE através do açude Extrema, com capacidade de armazenamento de 500.000 m³, que atende a 100% da população urbana. A zona rural se abastece de água subterrânea. A principal atividade econômica é a agricultura de subsistência através das culturas de feijão, milho e mandioca.

Este trabalho teve como objetivo caracterizar, sob o aspecto de qualidade química, a água subterrânea da Bacia Sedimentar de Lavras da Mangabeira.

2 – Área de trabalho

A Bacia Sedimentar de Lavras da Mangabeira está localizada no município de mesmo nome, na porção sudeste do Estado do Ceará (Figura 1), localizadas nas cartas topográficas da SUDENE, Cedro (SB.24-Y-B-VI) e Cajazeiras (SB.24-Z-A-IV). A Bacia tem posição geográfica entre os paralelos 06° 46' 00" e 06° 51' 00" de Latitude Sul e meridianos 39° 10' 00" e 38° 56' 00" de Longitude Oeste de Greenwich.

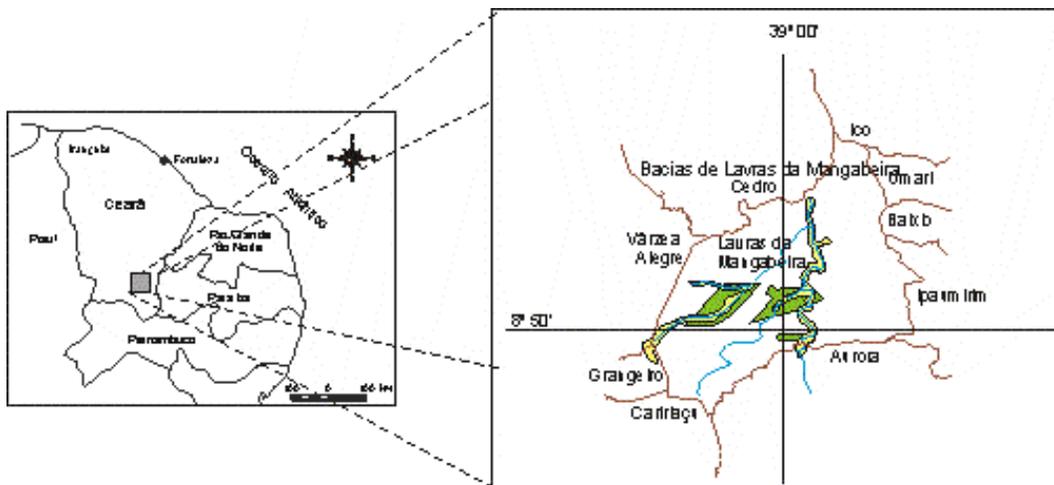


Figura 1. Localização da Bacia Sedimentar de Lavras da Mangabeira.

Segundo os Atlas dos órgãos estaduais IPLANCE (1997) e SRH-CE (1992), o clima da região se caracteriza por temperaturas médias variando de 23 °C, no “inverno”, a 29 °C no “verão”; as pluviosidades mensais máximas ocorrem entre os meses de fevereiro e março, com precipitação anual média de 724 mm. São registradas, no município, altitudes entre 200 e 500 m acima do Nível do Mar, e a vegetação é constituída por três tipos: Caatinga Arbustiva Densa, Caatinga Arbustiva Aberta e Floresta Mista dicotilo-Palmácea (Mata Ciliar).

A área de estudo esta inserida na unidade morfológica denominada de Depressão Sertaneja.

2.1-Geologia da área de trabalho

A Bacia Sedimentar de Lavras da Mangabeira (Figura 2) constitui um conjunto de três pequenas bacias: a Bacia do Riacho do Meio com uma área aproximada de 33,2 km², a Bacia do Riacho do Rosário com 24,8 km² e a mini-bacia de Ipoiberi com 2,2 km² (PONTE et al., 1990). A geologia, também segundo PONTE et al. (1990), comporta duas Formações: Serrote do Limoeiro e Iborepí, interpostas pelo Basalto de Lavras da Mangabeira, de idade Meso-Jurássica. O substrato é formado por rochas metamórficas de idade pré-cambriana, descrito genericamente como Complexo do Embasamento. No topo, ocorrem discordantemente sedimentos cenozóicos inconsolidados.

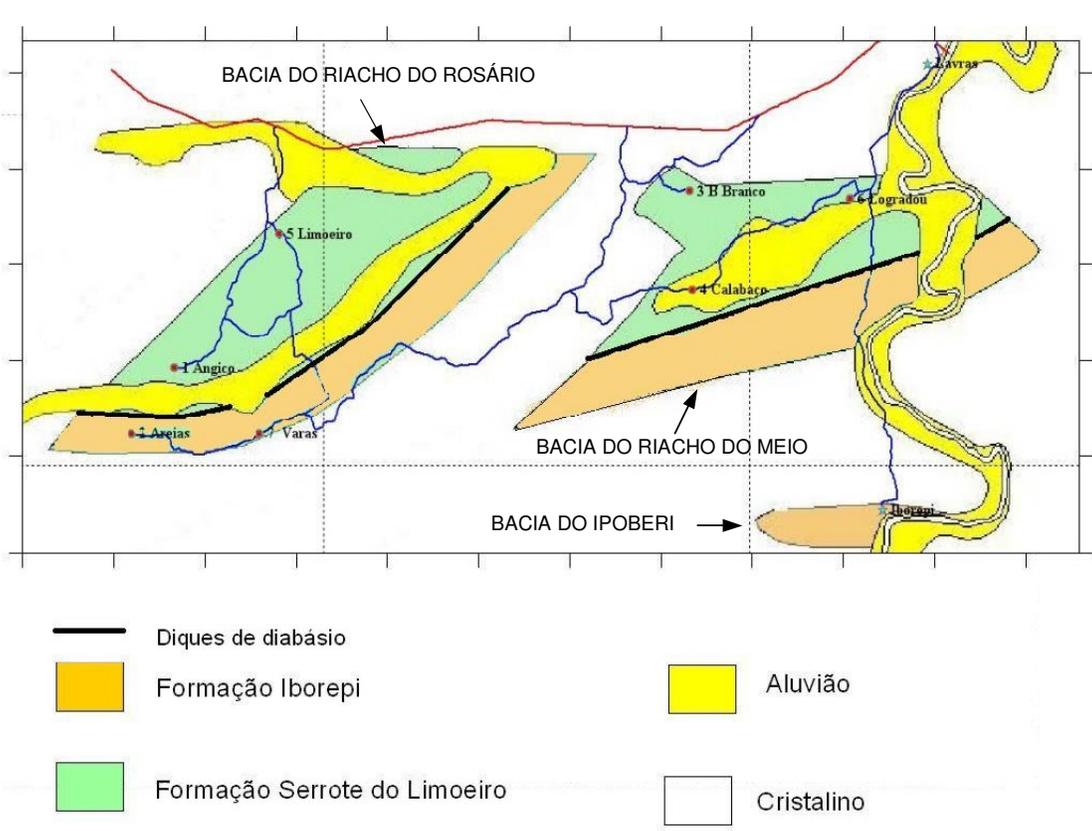


Figura 2 – Geologia da área de trabalho e localização dos pontos amostrados.

O Complexo do Embasamento comporta o Complexo Lavras da Mangabeira, constituído por epimetamórfitos preservados em pequenas bacias Proterozóicas. A Formação Serrote do Limoeiro é constituída por arenitos de coloração vermelha, de granulação média a fina; repousa sobre o Basalto de Lavras da Mangabeira, enquanto sua parte superior é, em grande parte exposta, à erosão sendo parcialmente recoberta por depósitos aluvionares Cenozóicos que cobrem os vales dos principais riachos da região. O Basalto de Lavras da Mangabeira constitui-se de uma camada de rochas básicas interpostas entre as Formações Iborepi e Serrote do Limoeiro, com distribuição aparentemente contínua ao longo das áreas de afloramento do contato das duas formações citadas. A Formação Iborepi litologicamente é composta por arenitos grosseiros, brancos a branco-amarelados, mal classificados, friáveis. Localmente, níveis de conglomerados, com seixos rolados de quartzo intercalam-se nos arenitos. O sedimentos cenozóicos constituem-se de depósitos aluvionares inconsolidados (areias, siltes, argilas e localmente bancos de cascalheiras).

3-Metodologia

Para caracterizar, sob o aspecto de qualidade química, a água subterrânea da Bacia Sedimentar de Lavras da Mangabeira foram realizadas duas campanhas, uma no período seco, em dezembro de 2005, e outra no período chuvoso, em abril de 2006, quando foi medida a condutividade elétrica “in locu” e foram coletadas águas de sete poços tubulares para análise dos íons maiores. A localização dos poços está mostrada na Figura 2; são quatro poços (P1, P2, P5 e P7) na Bacia do Riacho do Meio e três poços (P3, P4 e P6) na Bacia do Riacho do Rosário.

As análises das concentrações dos cátions Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ e K^+ e dos ânions Cl^- , SO_4^{2-} e HCO_3^- foram realizadas no Laboratório de Hidroquímica do Departamento de Física da Universidade Federal do Ceará pelos seguintes métodos: Ca^{2+} e Mg^{2+} por titulação com EDTA; Na^+ e K^+ por espectroscopia de emissão de chama; Cl^- por argentimetria pelo Método de Mohr; SO_4^{2-} pelo método turbidimétrico por espectrofotometria e HCO_3^- por titulação com ácido clorídrico. Todos os métodos utilizados estão listados no “Standard Methods” e os erros de todas as análises estão dentro dos limites aceitáveis também de acordo com o “Standard Methods” (APHA, 1992).

4-Resultados e Discussões

O histograma das precipitações dos anos de 2004 até abril de 2006 é apresentado na Figura 3. Em 2004, a precipitação máxima mensal ocorreu em janeiro e totalizou 969,8 mm anuais; em 2005 o máximo mensal ocorreu em março, totalizando 591,3 mm anuais, e em 2006 o máximo ocorreu em fevereiro, totalizando até o mês de abril, 895,5 mm. De acordo com IPLANCE (1997), os índices pluviométricos mensais máximos ocorrem entre os meses de fevereiro e março e a precipitação anual média de 724 mm.

A Tabela 1 apresenta os resultados das análises hidroquímicas dos sete poços amostrados no período seco e no período chuvoso. A condutividade elétrica no período seco se situou entre 138 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 1917 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e no período chuvoso praticamente no mesmo intervalo, de 152 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 1909 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

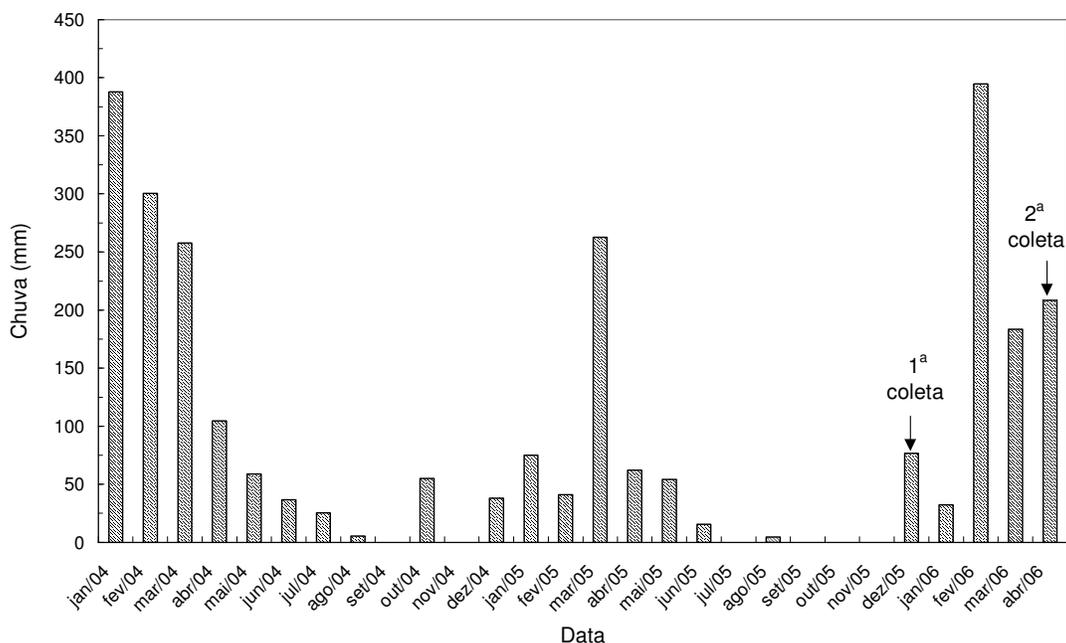


Figura 3. Histograma das precipitações nos anos de 2004, 2005 e 2006 até o mês de abril.

Fonte: FUNCEME, 2006.

Tabela 1 – Hidroquímica das águas subterrâneas de duas coletas, uma no período seco, em dezembro de 2005 e outra no período chuvoso, em abril de 2006. CE: condutividade elétrica, STD: sólidos totais dissolvidos.

Poço N ^o	Local	UTMN	UTME	CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	STD	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Dureza	HCO ₃ ⁻	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻
						Concentração (mg/L)							
1 ^a coleta (Período Seco) – Dezembro de 2005													
1	Angico	9246709	487539	1917	1079	132,7	66,0	603,3	284,6	115,4	46,0	291,3	35,9
2	Areias	9245479	487265	138	95	3,9	3,3	23,3	41,5	11,3	16,3	18,3	0,7
3	B. Branco	9250516	498827	888	733	33,4	18,4	159,1	421,0	144,2	6,9	92,3	0,3
4	Calabaço	9248351	498650	1114	999	25,6	31,6	194,0	640,3	198,7	3,4	87,5	11,7
5	Limoeiro	9250130	489561	495	382	19,4	40,1	213,4	231,2	24,6	3,4	60,6	2,7
6	Logradouro	9250367	502177	903	824	34,1	42,4	260,0	560,3	108,4	3,4	57,7	17,1
7	Varas 2	9245289	489383	150	127	7,8	7,5	50,4	77,1	11,9	10,1	11,5	1,0
2 ^a coleta (Período Chuvoso) – Abril de 2006													
1	Angico	9246709	487539	1.909	1312	131,9	67,9	609,2	307,1	108,4	50,1	290,3	17,5
2	Areias	9245479	487265	145	121	3,9	5,2	31,0	39,1	14,4	19,2	23,1	1,1
3	B. Branco	9250516	498827	606	535	32,6	17,0	151,3	337,2	76,1	3,4	45,2	1,1
4	Calabaço	9248351	498650	1.111	1015	25,6	34,9	207,6	686,5	172,7	3,4	79,8	4,6
5	Limoeiro	9250130	489561	397	329	14,0	31,6	164,9	174,6	26,0	1,7	32,7	2,0
6	Logradouro	9250367	502177	909	864	31,8	45,7	267,7	596,2	108,4	3,4	57,7	12,6
7	Varas 2	9245289	489383	152	164	6,2	7,5	46,6	75,3	14,4	11,6	16,3	6,1

O histograma das condutividades elétricas com dados do período seco e do período chuvoso (Figura 4) mostra que a condutividade elétrica se manteve aproximadamente constante nos poços 1, 2, 4, 6 e 7, baixou de 888 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para 606 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no poço 3 e de 495 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para 397 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no poço 5. O poço 1 apresenta a mais elevada condutividade elétrica, aproximadamente o dobro do poço 4, o segundo valor mais alto. A recarga com água menos salina foi significativa somente nos poços 3 e 5.

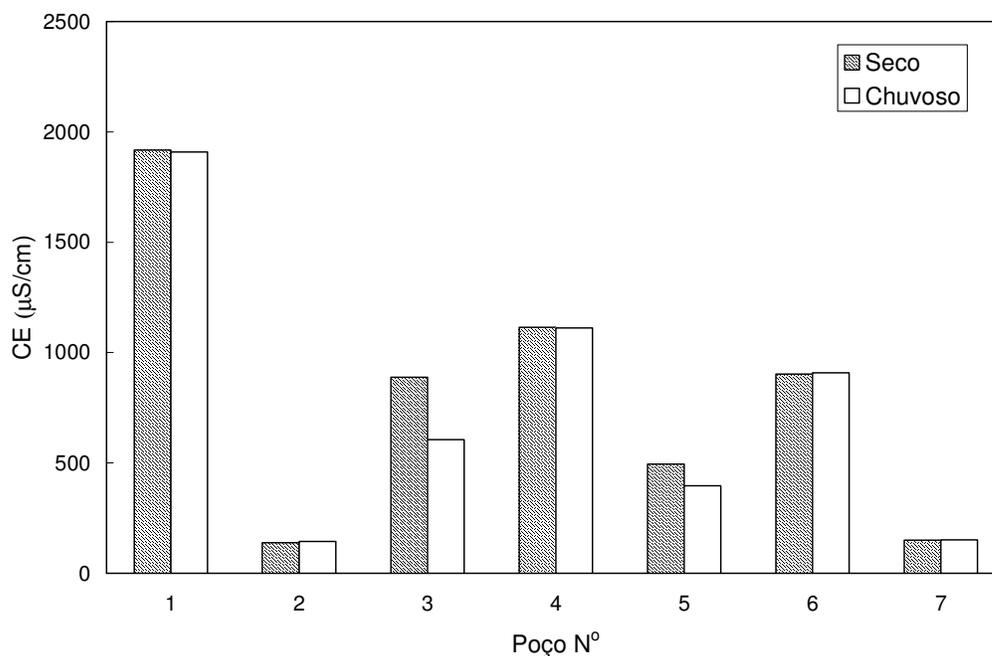


Figura 4. Histograma de condutividade elétrica para os períodos seco e chuvoso.

Considerando águas para o consumo humano, de acordo com a Portaria Nº 1469 de dezembro de 2000 do Ministério da Saúde (CONAMA, 2000), o poço 1, nas duas coletas, produziu água considerada não potável por causa da alta concentração de cloreto ($> 250 \text{ mg}/\text{L}$), da dureza ($> 500 \text{ mg}/\text{L}$) e dos STD ($> 1000 \text{ mg}/\text{L}$) e o poço 4 não forneceu água potável na coleta do período chuvoso por causa do STD.

O diagrama USSL para uso da água na agricultura (Figura 5) mostra que as águas do poço 3, no período seco, e dos poços 1, 4 e 6, em ambos os períodos, apresentaram alto risco de salinidade. Em relação ao risco de sódio, apenas a água do poço 4, no período seco, apresentou risco médio.

Os Diagramas de Stiff para os poços no período seco e no período chuvoso (Figura 6) mostram que a forma não mudou do período seco para o chuvoso em todas as amostras, indicando que a recarga não modificou o comportamento químico da água. Em relação aos ânions, a água do

poço 1 era cloretada, a do poço 2 era bicarbonatada/cloretada e dos demais, 3, 4, 5, 6 e 7, eram bicarbonatadas. Em relação aos cátions, os poços 2, 3 e 4 apresentaram águas sódicas, os poços 6 e 7 apresentaram águas sódicas/magnesianas, o poço 5 apresentou água magnesiana e o poço 1 apresentou água mista. Portanto, o poço 1 tem características hidroquímicas diferentes dos outros; é o único com água cloretada, enquanto todos os demais tendem para águas bicarbonatadas, e é o único que apresentou elevada concentração de cálcio.

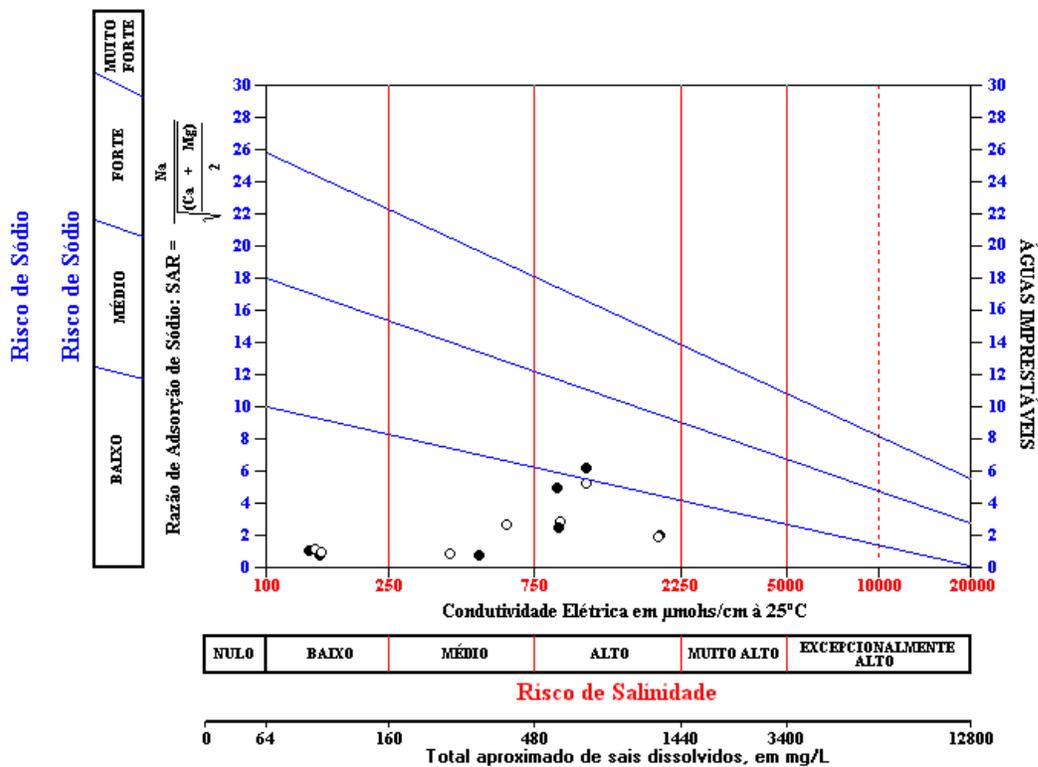


Figura 5 – Diagrama USSL para uso da água na agricultura.

- Período Seco, o Período Chuvoso.

Os bicarbonatos e a condutividade elétrica são bem correlacionados com exceção das águas do poço 1 (Figura 7). A reta de correlação é dada por $CE = 99,5 rHCO_3^- + 78,7$ e o fator de correlação é $R = 0,98$. A concentração de sódio mais potássio e a condutividade elétrica também se correlacionam diretamente (Figura 8) com exceção do poço 1 mostrando, de novo, o caráter diferente deste poço; a reta de correlação dada por $CE = 115,7 (Na^+ + K^+) + 174,5$ e o fator de correlação $R = 0,94$. As concentrações de sódio mais potássio crescem com a concentração de

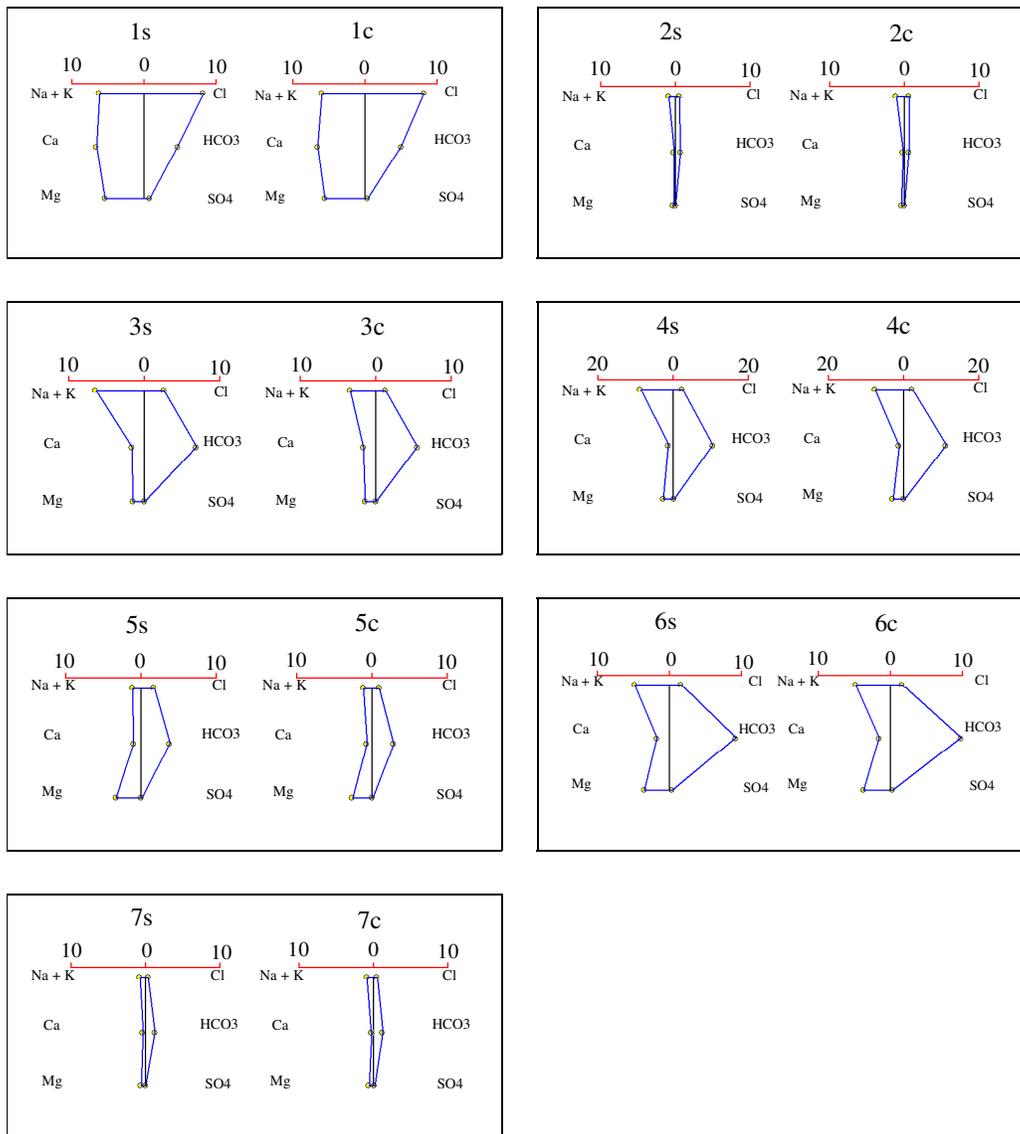


Figura 6 - Diagrama de Stiff (em meq/L) para os 7 poços amostrados no período seco (s) e no período chuvoso (c).

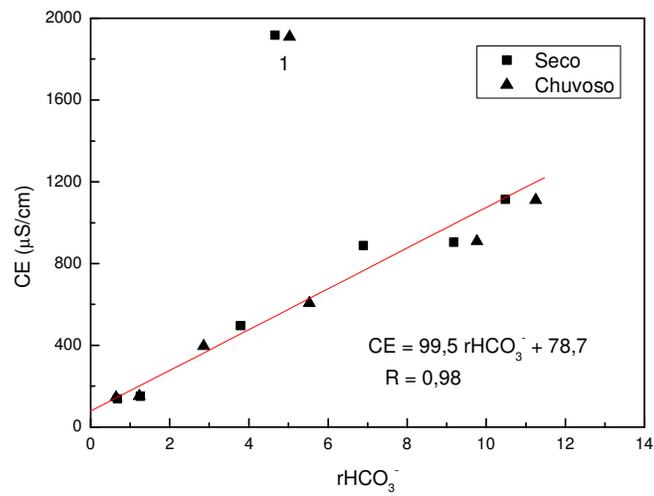


Figura 7 – Condutividade elétrica versus concentração de bicarbonatos.

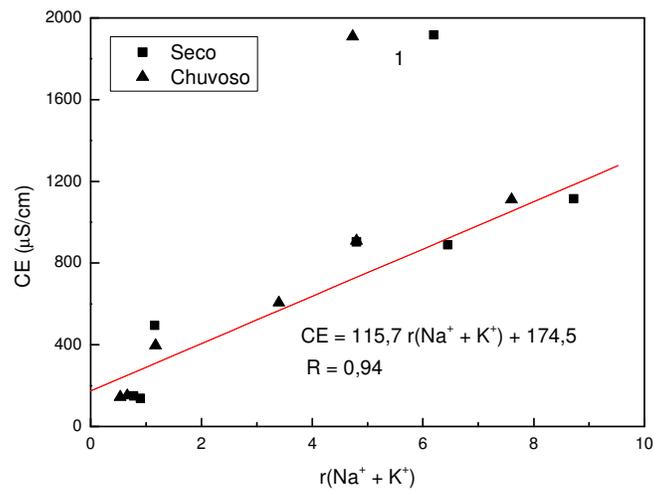


Figura 8. Condutividade elétrica versus concentração de sódio mais potássio.

bicarbonato (Figura 9) mas a localização da maioria dos pontos acima da reta $r\text{HCO}_3^- = r(\text{Na}^+ + \text{K}^+)$ revela que o bicarbonato é associado a outros cátions como Ca^{2+} e Mg^{2+} .

No gráfico concentração de cloreto versus concentração de sódio mais potássio (Figura 10), as águas das bacias Riacho do Meio e Riacho do Rosário mostram que as concentrações estão correlacionadas diretamente mas com diferentes retas. Na Bacia Riacho do Meio, com os poços 1, 2, 5 e 7, a reta de correlação é dada por $r\text{Cl}^- = 1,6 r(\text{Na}^+ + \text{K}^+) - 0,5$ com um fator de correlação $R = 0,98$; já na Bacia do Riacho do Rosário, onde estão localizados os poços 3, 4 e 6, a reta de correlação é dada por $r\text{Cl}^- = 0,2 r(\text{Na}^+ + \text{K}^+) + 0,6$ com um fator de correlação $R = 0,87$.

As concentrações de sódio mais potássio em função da concentração do cálcio está mostrada na Figura 11. O comportamento é semelhante ao observado quando a concentração de cloretos é mostrada como função das concentrações de sódio mais potássio; há uma distinção entre as características hidroquímicas das duas bacias. Os poços 3, 4 e 6, que estão localizados na Bacia do Riacho do Rosário, apresentam concentrações de cloreto e cálcio aproximadamente constante quando os valores de sódio mais potássio crescem, enquanto na Bacia do Riacho do Meio (poços 1, 2, 5 e 7) vale $r\text{Ca}^{2+} \approx r(\text{Na}^+ + \text{K}^+)$.

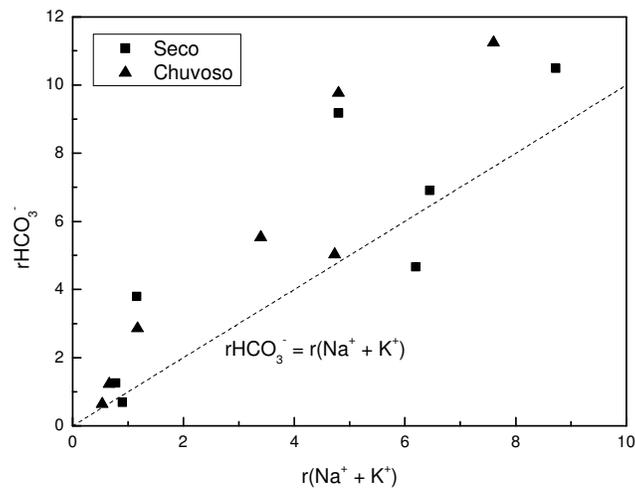


Figura 9 – Concentração de bicarbonatos versus concentração de sódio mais potássio.

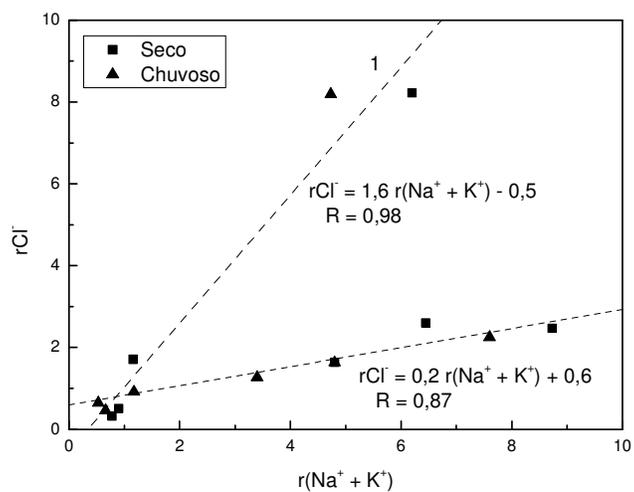


Figura 10 – Concentração de cloreto versus concentração de sódio mais potássio.

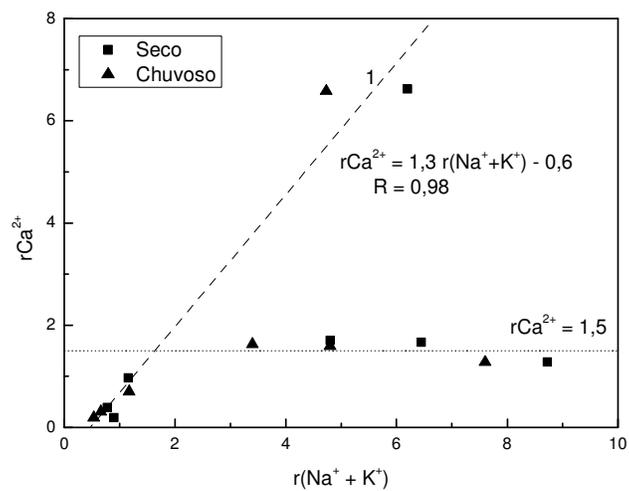


Figura 11 - Correlação entre sódio mais potássio e cálcio.

5-Conclusões

Embora o número de poços pesquisados seja restrito, através dos resultados obtidos pode-se concluir que a condutividade elétrica das amostras coletadas nos períodos seco e chuvoso se manteve aproximadamente constante em cinco poços (1, 2, 4, 6 e 7) indicando que a recarga, até o mês de abril de 2006, não foi suficiente para diluir as águas e baixou em dois poços (3 e 5) indicando processo de diluição com a rápida entrada de água menos salina derivada das chuvas.

O poço 1 tem águas cloretadas e um teor de cálcio muito mais elevado em relação aos outros poços, que têm uma tendência para águas bicarbonatadas/sódicas.

Em relação ao consumo humano, o poço 1 e o poço 4 no período chuvoso, não apresentam águas potáveis de acordo com a Portaria Nº 1469 do CONAMA.

Em relação ao uso da água na agricultura, de acordo com o diagrama USSL, o poço 3, no período seco, e os poços 1, 4 e 6, nos dois períodos, apresentam alto risco de salinidade e o poço 4, no período seco, risco de sódio médio.

Os poços localizados na Bacia do Riacho do Meio apresentam comportamento hidroquímico diferenciado dos poços localizados na Bacia do Riacho do Rosário.

6-Bibliografia

IBGE, 2003. Anuário Estatístico de 2003.

IPLANCE, 1997. Atlas do Ceará - Fundação Instituto de Planejamento do Ceará. - Governo do Estado do Ceará, Secretaria do Planejamento e Coordenação - SEPLAN. 1997. 65p.

SRH, 1992. Plano Estadual de Recursos Hídricos - Diagnóstico (v.1); Estudos de Base I (v.2); Estudos de Base II (v.3); Planejamento (v.4). Fortaleza, CE.

PONTE, F. C.; Dino, R.; Arai, M. & Silva-Telles Jr. A. C. da., 1990. Geologia das bacias sedimentares de Lavras da Mangabeira e do remanescente sedimentar do Rio dos Bastiões, no Estado do Ceará, Petrópolis, - RJ, 1990. PETROBRAS-CENPES-DIVEX-SEBIPE.

APHA, 1992. Standard Methods for the examination of water and wastewater. 18 ed., AWWA-WPCP.

FUNCEME, 2006. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. WWW.funceme.br/DEPAM/index.htm.

CONAMA, 2000. Norma de qualidade da água para consumo humano. Portaria Nº 1469 de 29 de dezembro de 2000.

Agradecimentos

Os autores agradecem à FINEP pelo apoio financeiro e à CPRM e UFC pelo apoio logístico.