

MEDIDAS HIDROQUÍMICAS NAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA REGIÃO DE IRAUÇUBA, NORTE DO CEARÁ

Oderson Antônio de Souza Filho¹, Liano Silva Veríssimo¹, Carla Maria S. Vidal Silva²,
Maria Marlúcia Freitas Santiago²

RESUMO – Águas subterrâneas na região de Irauçuba, no Ceará, armazenadas em rochas cristalinas sem manto de alteração expressivo foram amostradas para análise de parâmetros hidroquímicos. Os resultados das análises físico-químicas foram utilizados para entender a origem dos sais e dos processos de salinização das águas subterrâneas na região. Os resultados mostram águas bicarbonatadas sódicas nas fontes e cloretadas sódicas nos poços. Os sais dissolvidos nas águas têm origem na dissolução de evaporitos e são concentrados por efeito da intensa evaporação que ocorre na região semi-árida.

ABSTRACT - Ground waters in the region of Irauçuba, State of Ceará, stored in crystalline bedrock, without significant mantle of alteration, were sampled for chemical analyses. The results of the analyses were used to understand the origin of minerals dissolved and the processes of salinization of groundwaters of the region. Results show that waters from springs are of the $\text{HCO}_3^-/\text{Na}^+$. Dissolved solids originate from evaporite dissolution and are concentrated through intense evaporation in the semi-arid region.

Palavras-chave: Água subterrânea; hidroquímica; salinização

¹ Serviço Geológico do Brasil – CPRM - Residência de Fortaleza - Av. Santos Dumont, 7700; CEP: 60.190-800 – Fortaleza/CE; e-mail: oderson@fo.cprm.gov.br – liano@fo.cprm.gov.br

² Departamento de Física da Universidade Federal do Ceará UFC; Cx. Postal 6030, CEP: 60455-760 Tel 85 288.9913, Fax 85 288.9450; e-mail: carla@fisica.ufc.br , marlucia@fisica.ufc.br

INTRODUÇÃO

As águas subterrâneas no município de Irauçuba, noroeste do Ceará, estão armazenadas em região de cristalino e representam uma importante reserva de abastecimento populacional, embora a salinidade destas águas seja elevada em relação aos padrões de potabilidade [1], [2].

O presente trabalho trata da identificação dos processos que contribuem para a qualidade das águas subterrâneas da região, com o objetivo de ampliar os conhecimentos no aspecto salinização. Ele constitui uma das atividades desenvolvidas dentro do Projeto Otimização de Metodologias de Prospecção de Água Subterrânea em Rochas Cristalinas, executado em conjunto pelo Serviço Geológico do Brasil-CPRM/Residência de Fortaleza e o Departamento de Física da Universidade Federal do Ceará – UFC; auxiliado por um convênio de cooperação técnica entre o Canadá e o Brasil, firmado através do GSC - *Geological Survey of Canadá* e CPRM com o apoio financeiro da CIDA – *Canadian International Development Agency*.

AREA DE TRABALHO

A área de trabalho corresponde a Folha Irauçuba (SA.24-Y-D-V), localizada a 160 km de Fortaleza, delimitada pelos meridianos 39°30' e 40°00' de longitude oeste de Greenwich e pelos paralelos 3°30' e 4°00' de latitude sul (Figura 1). Engloba parcialmente os municípios de Irauçuba, Itapagé, Itapipoca, Miraíma, Sobral, Tejuçuoca, e Uruburetama, com área de 3.025 km². O acesso é feito a partir de Fortaleza através da rodovia federal BR-222, que corta toda a Folha na direção aproximada leste-oeste.

A área está inserida no denominado "Polígono das Secas", com índice de probabilidade de secas na faixa de 80 a 100%. Apresenta três tipos de climas regionais, do mais seco ao mais úmido. O clima úmido a sub-úmido ocorre na Serra de Uruburetama (parte nordeste), com temperatura média anual de 24 °C e precipitação entre 1.200-1.500 mm. Nas encostas da serra de Uruburetama (parte nordeste e central), predomina o clima sub-úmido, com precipitações entre 800-1.200 mm e temperatura média de 28 °C. A porção sul da área é caracterizada por um clima semi-árido, com precipitações inferiores a 800mm e temperatura média de 30 °C.

A geologia da Folha Irauçuba, segundo Souza Filho [3], é constituída por rochas do Pré-cambriano e depósitos aluviais. A unidade mais antiga é formada por rochas metamórficas de alto grau, predominando gnaisses migmatizados e metabasitos. A unidade seguinte constitui uma seqüência supracrustal essencialmente paraderivada, correlacionável ao Complexo Ceará, composta por gnaisses, xistos, quartzitos e metacarbonatos.

Como representantes cenozóicos ocorrem delgadas e esparsas coberturas sedimentares residuais e/ou transportadas, predominantemente areno-conglomeráticas, e depósitos aluvionares recentes. As feições geomorfológicas e seu modelado são representados na folha por depressões periféricas e interplanálticas submetidas a processos de pediplanização (depressões sertanejas) e pelos maciços residuais dissecados em formas de colinas e cristas.

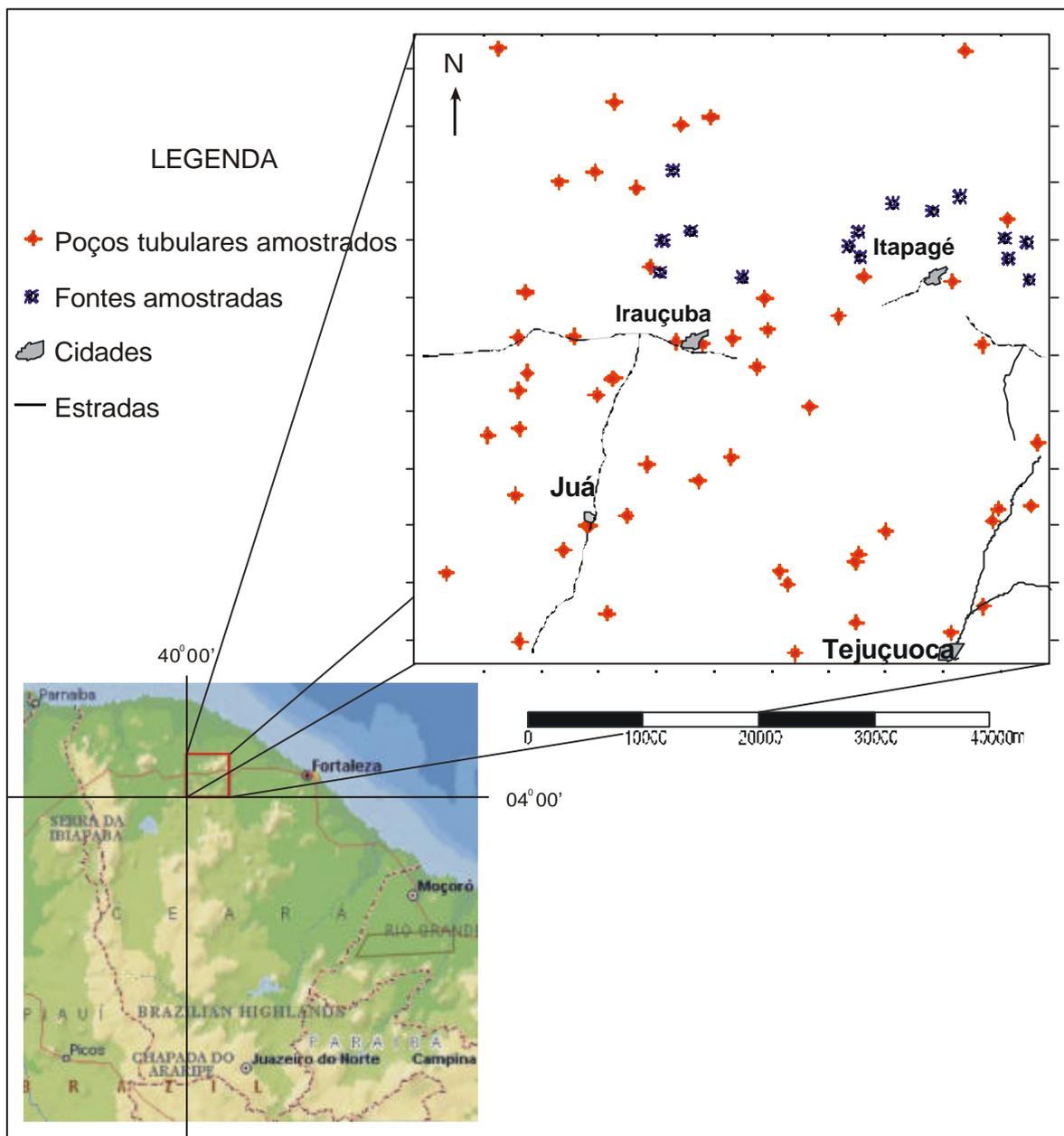


Figura 1. Mapa de localização da área e dos poços e fontes amostrados.

A rede hidrográfica local é representada por rios, que fluem somente durante a época das chuvas. O padrão de drenagem dominante é o dendrítico, controlado por fatores estruturais.

A vegetação predominante é representada pela caatinga xerofítica de médio porte e tipo arbustiva-arbórea.

METODOLOGIA

A primeira etapa de campo, realizada no mês de novembro/2000, teve como objetivo a coleta de amostras d'água em 45 poços tubulares previamente selecionados, para fins de análise físico-química. Os resultados constituem um cadastro de análises contendo parâmetros dos dados gerais (município, localidade), das características iônicas (ânions, cátions, e pH), dureza e sólidos totais dissolvidos (STD).

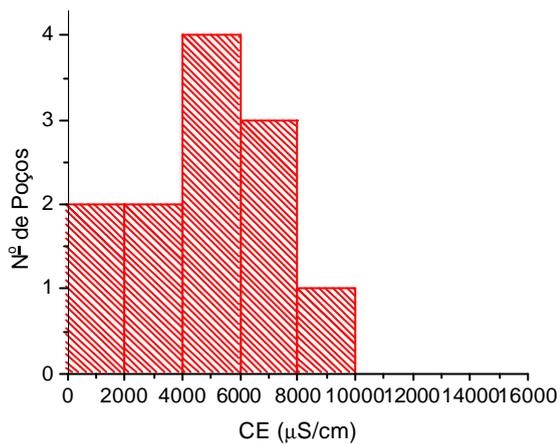
No mês de julho/2001 foi executada outra atividade de campo, para coleta de amostras d'água nos mesmos 45 poços tubulares. O objetivo foi comparar as variações das concentrações de ânions e cátions após o período das chuvas. Foram coletadas 66 amostras de água assim distribuídas: 42 em poços amostrados antes; 09 em novos poços e 15 em fontes.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

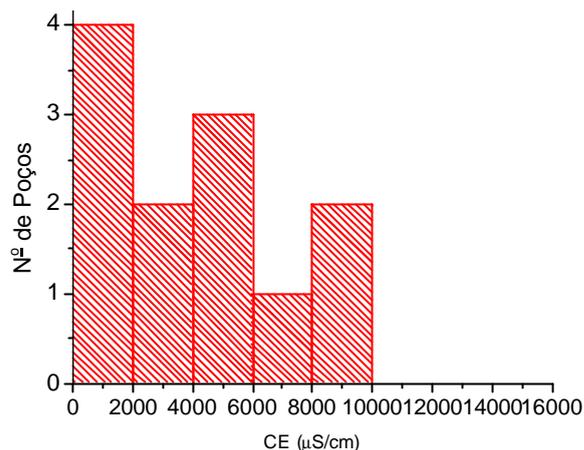
Para identificar a influência da litologia na qualidade das águas armazenadas, em todos os gráficos, as amostras foram separadas em três grupos por tipos de armazenamentos: o dos paragnaisses, o dos ortognaisses e o dos granitóides.

Os histogramas de condutividade elétrica que estão apresentados na Figura 2 permitem comparar a qualidade das águas nos períodos chuvoso e seco. Os resultados mostram que, nos três tipos de armazenamentos, as águas são menos mineralizadas no período chuvoso do que no período seco indicando que a recarga nos três armazenamentos é rápida, observando-se o efeito de diluição logo após o início das chuvas. Este resultado é esperado, pois a região é de cristalino muito fraturado.

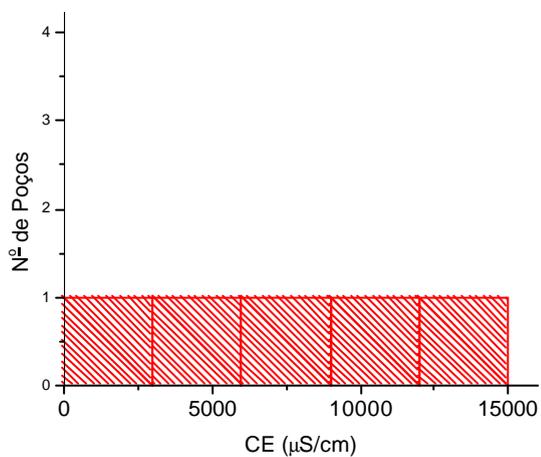
Nos paragnaisses, as condutividades elétricas das águas estavam na faixa de 1592 a 9620 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no período seco e passaram a faixa de 1160 a 11.468 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no período chuvoso. Nos ortognaisses as faixas são: de 2861 a 12.468 $\mu\text{S}/\text{cm}$ período seco para 2623 a 9615 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no período chuvoso. Águas nos granitóides têm condutividades elétricas na faixa de 325 a 12.468 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no período seco para 320 a 11.679 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no período chuvoso.



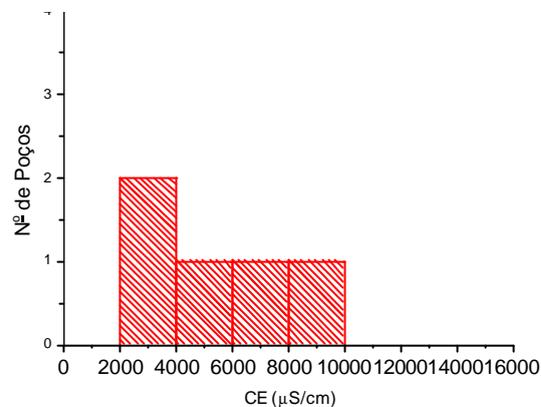
(a) Paragnaisse - período seco



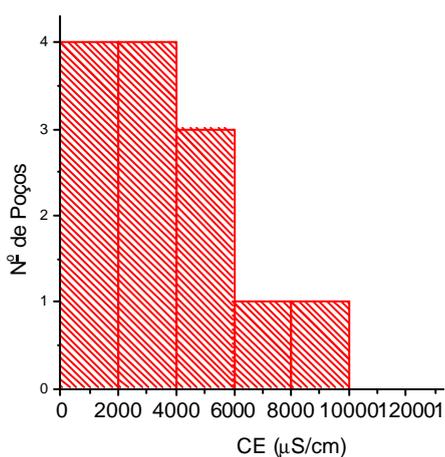
(b) Paragnaisse - período chuvoso



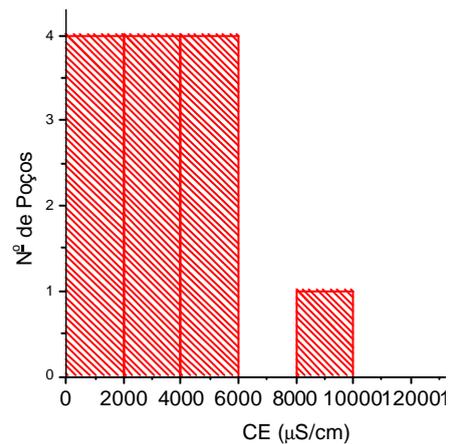
(c) Ortognaisse – período seco



(d) Ortognaisse – período chuvoso



(e) Granitóide – período seco



(f) Granitóide – período chuvoso

Figura 2. Histogramas de condutividade elétrica de amostras de poços localizados em áreas de paragnaises, ortognaises e granitóides.

As águas das fontes foram coletadas somente no período chuvoso e se encontram em área de granitóide. Apresentam condutividade elétrica de 80 até 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ com exceção de duas amostras com cerca de 650 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Figura 3), valores muito mais baixos do que os encontrados nos poços. Como parte destas fontes secam no período seco, a contribuição das chuvas é elevada o que contribui para os baixos valores de condutividade elétrica das águas.

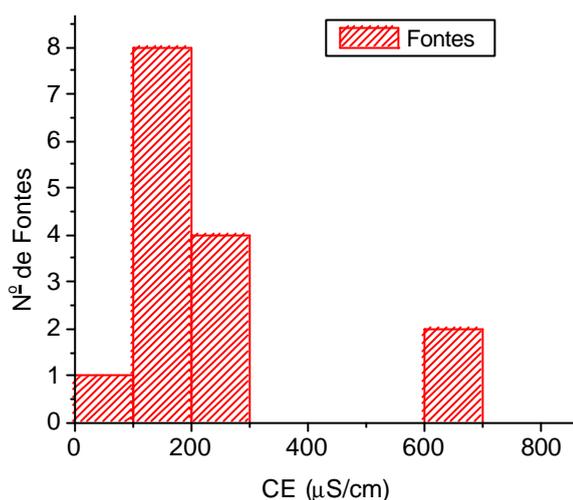


Figura 3. Histograma de condutividade elétrica com amostras de fontes.

O resultados das análises dos íons maiores feitas nas amostras de poços estão apresentados nos gráficos da Figura 4 que apresenta dois diagramas de Piper construídos para classificação das águas quanto aos íons predominantes; o primeiro, com amostras de poços em paragnaises e granitóides e o segundo com amostras de ortognaisses. Os diagramas mostram que as águas dos poços são predominantemente cloretadas sódicas em todas as litologias.

Uma diferença quanto ao caráter iônico das águas pode ser observada através do losango do diagrama de Piper; nas amostras de poços em paragnaises e granitóides, os alcalinos excedem os alcalinos terrosos e nas amostras de ortognaisses, os ácidos fortes excedem os ácidos fracos. Por isso, nos ortognaisses estão as águas mais salinas durante o período seco.

A Figura 5 mostra que as águas das fontes são bicarbonatadas sódicas. Esta classificação é esperada porque a vazão das fontes aumenta no período chuvoso o que significa a chegada de água nova através da recarga pelas chuvas, o que dá a característica de água bicarbonatada. As águas dos poços são misturas de águas com maior tempo de permanência nas fendas com a contribuição de água de chuvas.

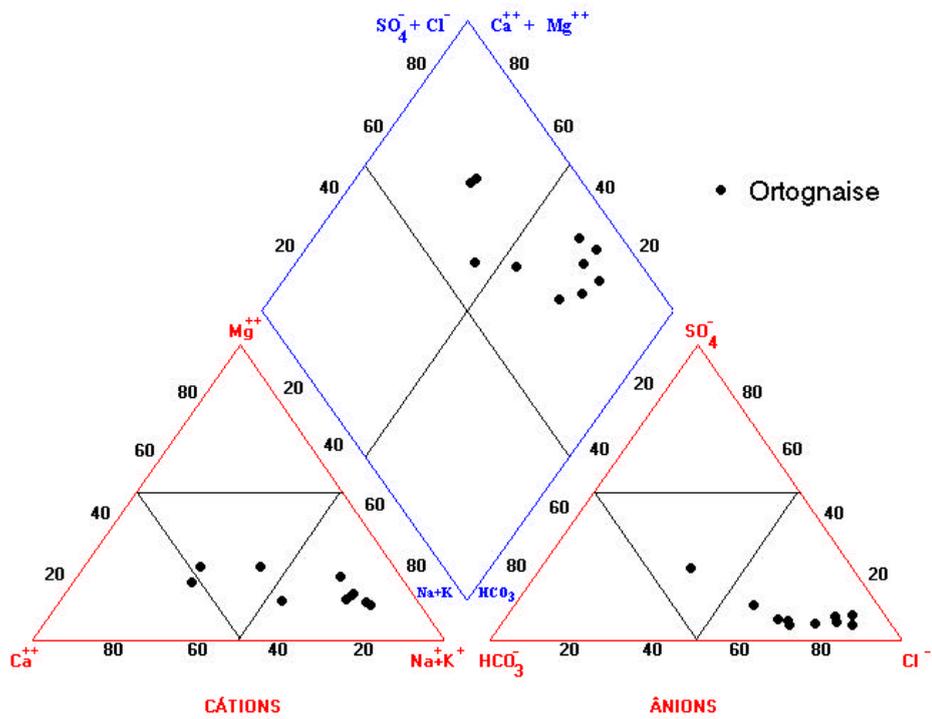
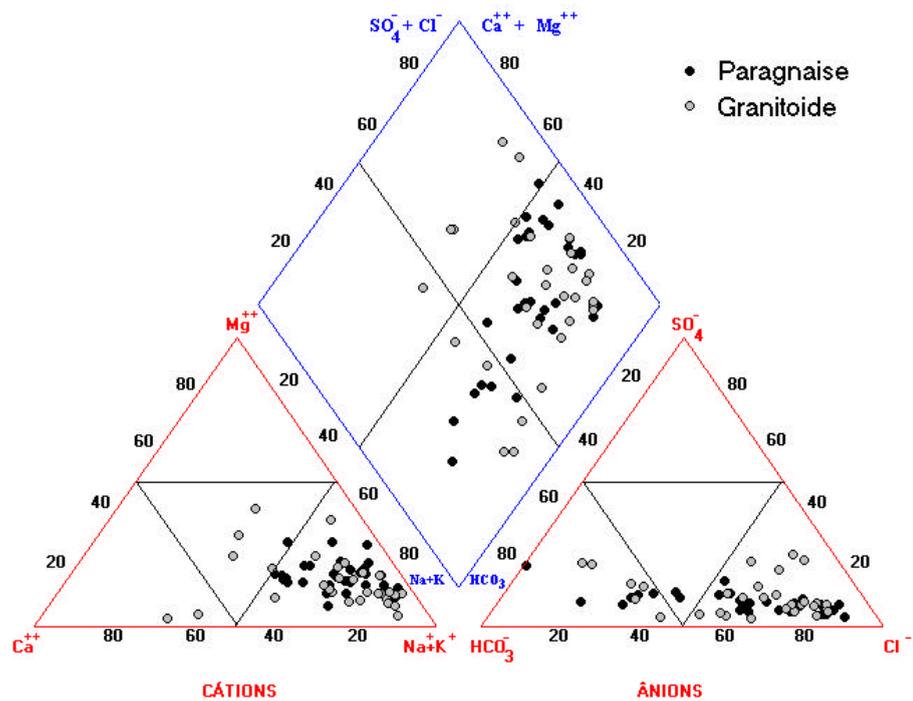


Figura 4. Diagramas de Piper com amostras de poços em diferentes litologias.

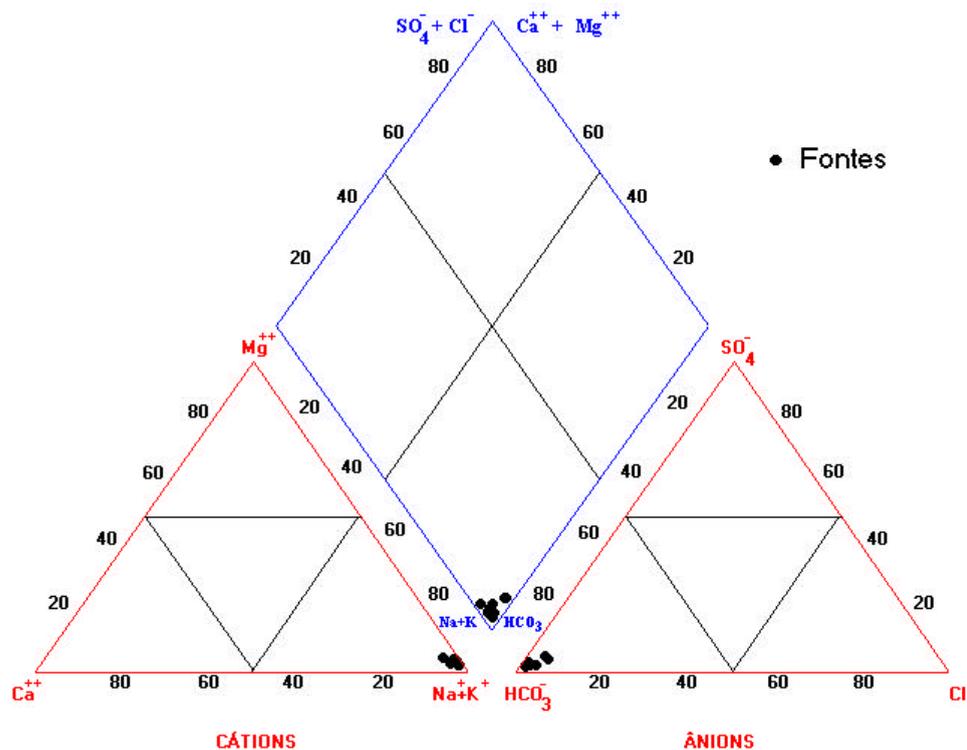


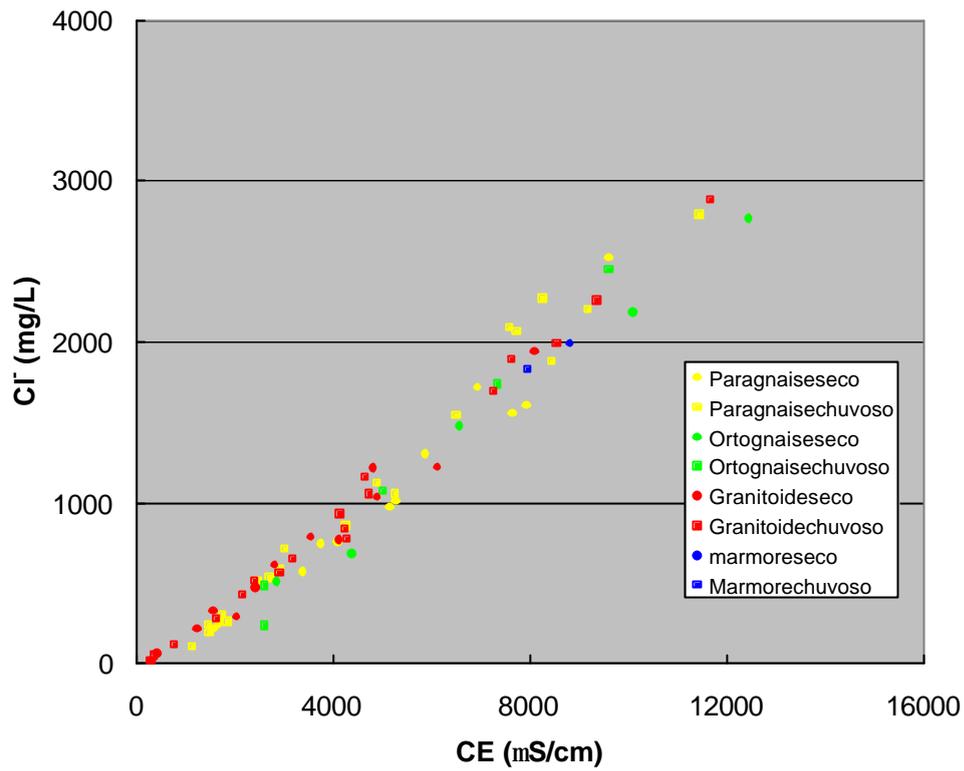
Figura 5. Diagrama de Piper com amostras de fontes.

Os diagramas de Piper dos poços e das fontes mostram também que as concentrações de sulfato são relativamente muito baixas quando comparadas com as concentrações de bicarbonatos e cloretos.

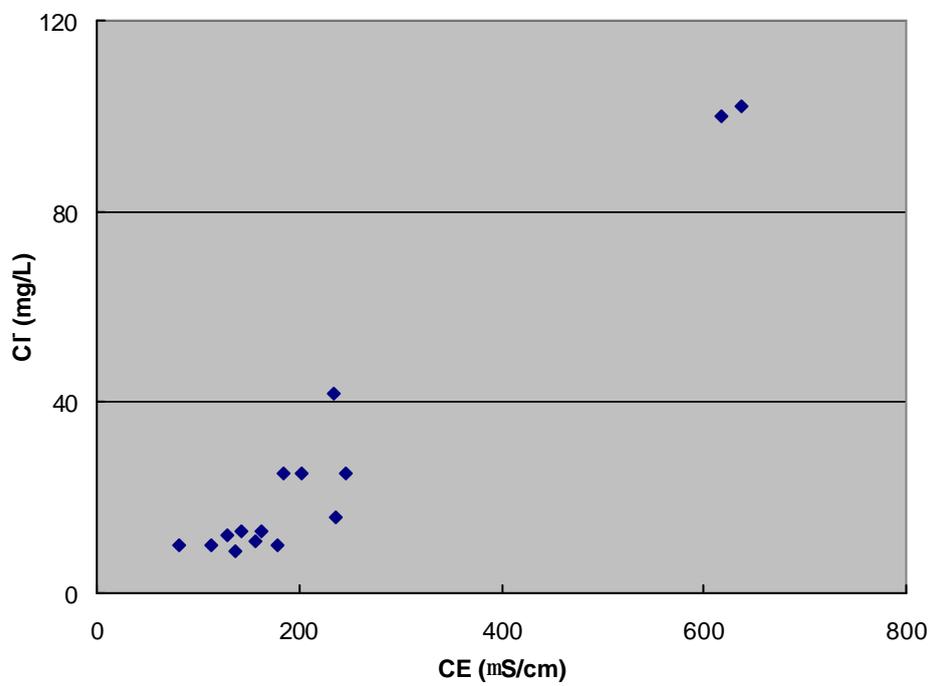
A origem dos sais

A origem dos sais nas águas superficiais e subterrâneas é a chuva e a dissolução das rochas do aquífero e o aumento da concentração salina é produzido por efeito da evaporação e a diminuição por dissolução com recarga com água menos salina. Para identificação dos processos de salinização construiu-se gráficos que relacionam cátions e ânions e permitem discutir a origem destes íons.

A Figura 6a mostra a forte correlação entre a concentração de cloretos e a condutividade elétrica nas amostras de poços. Como a condutividade elétrica expressa a salinidade das águas nas águas dos poços, a concentração de cloretos é cada vez mais elevada nos poços mais salinos. Na Figura 6b, com amostras das fontes, observa-se a mesma tendência mas como predominam águas bicarbonatadas a correlação é menor do que nas amostras dos poços.



(a)



(b)

Figura 6. Concentração de cloretos versus condutividade elétrica em amostras (a) de poços, (b) de fontes.

Observa-se na Figura 7a que as amostras de poços estão na faixa de relação $rCl/rNa^+ = 1,17$ que é característica de águas de origem marinha e $rCl/rNa^+ = 1$, característica de dissolução de halita. Nas fontes (Figura 7b) esta relação não é observada porque o sódio deve estar associado também aos bicarbonatos.

As fontes aumentam de vazão durante o período chuvoso o que explica a presença de águas bicarbonatadas que são as águas novas. Águas sódicas devem ter origem na dissolução de evaporitos na bacia hidrográfica que alimenta cada uma delas; como área é de cristalino e no semi-árido é elevada a taxa de evaporação, predominam no solo NaCl.

Este deve ser o mesmo processo inicial de aquisição de sais pelos poços que recebem também águas bicarbonatadas sódicas que se misturam com águas armazenadas de recargas anteriores que por processos de evaporação e ou precipitação de carbonato se tornaram águas cloretadas sódicas.

CONCLUSÕES

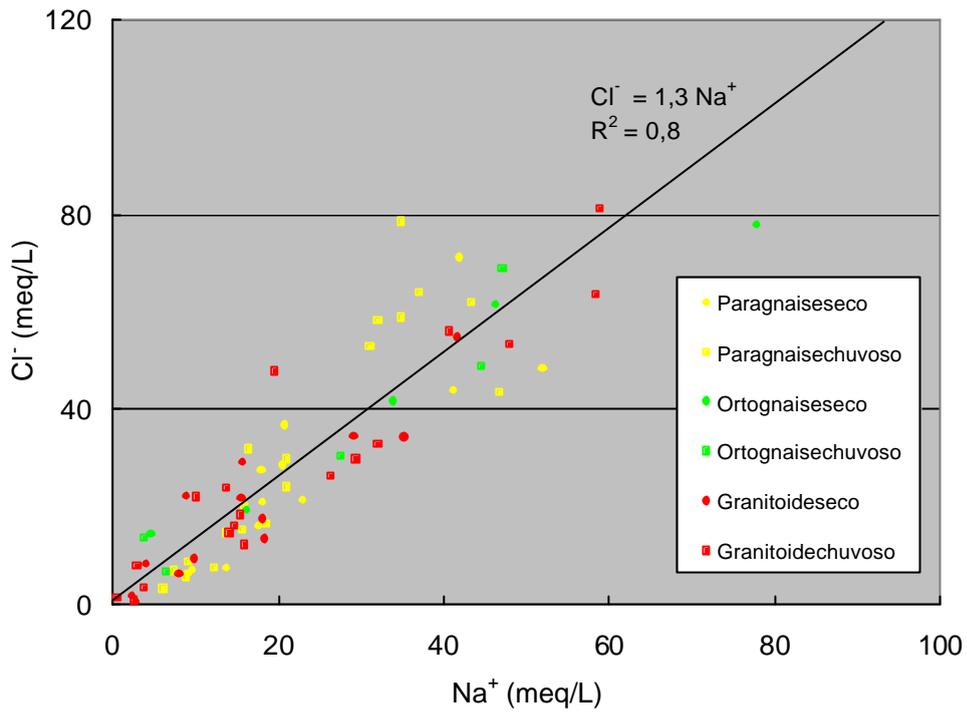
Os resultados das análises físico-químicas em amostras de 42 poços coletados duas vezes, a primeira antes do início das chuvas e a segunda após o período chuvoso e em 15 fontes coletadas após o período chuvoso permitem identificar alguns aspectos quanto aos sais dissolvidos nestas águas.

As águas são menos mineralizadas no período chuvoso do que no período seco indicando que a recarga é rápida; o efeito de diluição é esperado, pois a região é de cristalino muito fraturado.

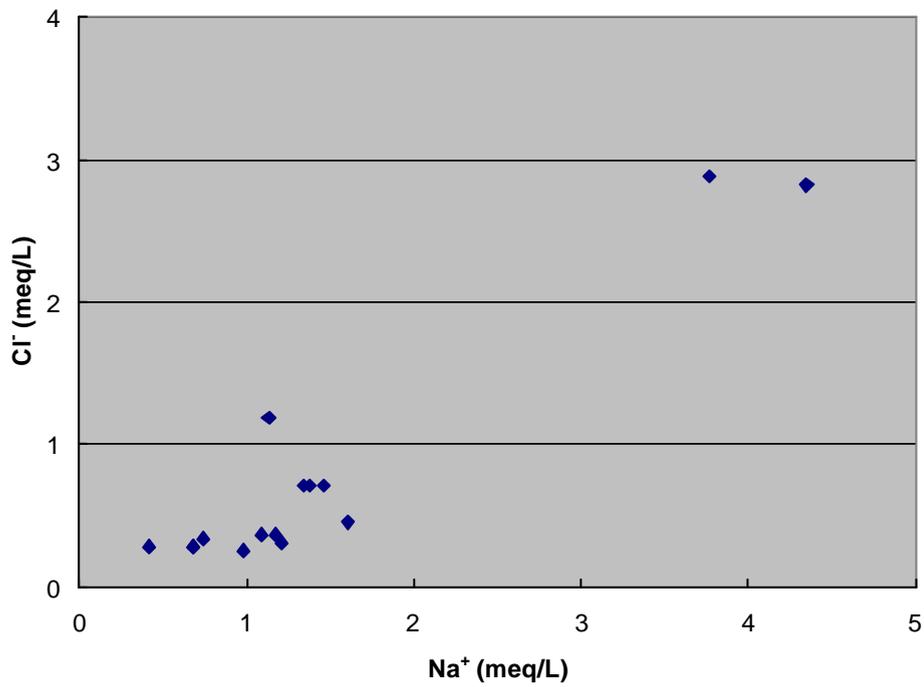
As águas dos poços armazenadas em área de paragneisses, de ortogneisses e de granitóides são predominantemente cloretadas sódicas em todas as litologias. Nas amostras de ortogneisses os ácidos fortes excedem os ácidos fracos por isso, nesta área as águas são as mais salinas durante o período seco. As amostras de poços estão na faixa de relação $rCl/rNa^+ = 1,17$ que é característica de águas de origem marinha e $rCl/rNa^+ = 1$, característica de dissolução de halita.

As águas das fontes são bicarbonatadas porque são águas novas; são águas sódicas por efeito de dissolução de evaporitos na bacia hidrográfica que alimenta cada uma delas; como área é de cristalino e semi-árido, com elevada taxa de evaporação, predomina no solo NaCl.

Este também deve ser o mesmo processo inicial de aquisição de sais pelos poços que no período chuvoso também recebem águas bicarbonatadas sódicas que se misturam com águas armazenadas de recargas anteriores que por processos de evaporação e ou precipitação de carbonato se tornaram águas cloretadas sódicas.



(a)



(b)

Figura 7. Concentração de cloretos versus concentração de sódio em amostras (a) de poços (b) de fontes.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CPRM – Serviço Geológico do Brasil, pelo suporte financeiro e ao Departamento de Física da UFC, pelo apoio logístico.

REFERÊNCIA BIBLIOGRAFIA

- [1] VERÍSSIMO, L. S. & FEITOSA, F. A. C – 2002. *As águas subterrâneas no nordeste do Brasil. Região de Irauçuba - Estado do Ceará, Brasil.* XXXII IAH & ALHSUD CONGRESS – Mar Del Plata – Argentina, Anais.
- [2] VERÍSSIMO, L. S. & FEITOSA, F. A. C – 2002. Aspectos qualitativos das águas subterrâneas da região de Irauçuba, norte do Estado do Ceará. XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas – Florianópolis, Anais.
- [3] SOUZA FILHO, O. A. de, - 1998. *Geologia e mapa de previsão de ocorrência de água subterrânea – Folha AS.24-Y-D-V – Irauçuba, Ceará.* Dissertação de Mestrado – Departamento de geologia, escola de Minas – UFOP. Minas Gerais. 99 p. il.