

CADASTRO E CARACTERIZAÇÃO DOS EXUTÓRIOS DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NA ÁREA DO GRABEN CRATO-JUAZEIRO, REGIÃO DO CARIRI - CEARÁ

Rinaldo Afrânio Fernandes¹ & Celso de Oliveira Loureiro²

Resumo – A área abordada neste estudo insere-se no domínio do gráben Crato-Juazeiro, o qual abrange parte do território dos municípios de Crato, Juazeiro do Norte, Barbalha e Missão Velha, na porção sul do estado do Ceará (Região do Cariri). Nesta área, a população total residente é da ordem de 396.000 habitantes, sendo a sua maioria ocupante de áreas urbanas (83%). Esta população é, essencialmente, abastecida por águas subterrâneas captadas artificialmente (poços tubulares, cacimbas, cisternas). No entanto, nos municípios de Crato e Barbalha, as águas subterrâneas oriundas de exutórios naturais (fontes/nascentes) exercem um papel de fundamental importância para o abastecimento público e para a irrigação de pequenas lavouras. Diante disto, o objetivo deste estudo consistiu em caracterizar, em termos de quantidade e qualidade, as potencialidades hídricas dos exutórios naturais localizados dentro do domínio do gráben Crato-Juazeiro. Foram identificadas e mapeadas 69 nascentes, sendo 84% ocorrentes no município de Crato e 16% em Barbalha. Foi observado que a descarga total estimada para os exutórios soma mais de 1.520 m³/h. As medições de parâmetros físico-químicos, realizadas *in situ*, revelaram as características associadas aos litotipos que ocorrem na área e a necessidade de proteção contra a poluição.

Abstract - The area considered in this study is located in the domain of the Graben Crato-Juazeiro, involving portions of the Crato, Juazeiro do Norte, Barbalha and Missao Velha districts, in the southern region of the state of Ceara (Cariri Region). The total population, in this area, is about 369.000 people, with the majority of them (83%) occupying the urban zones. The water needs for this population is supplied essentially by groundwater, collected artificially from either deep tubular wells or from shallow, large-diameter wells. Yet, in the districts of Crato and Barbalha, the

¹ M.Sc, Engenheiro Geólogo, Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. E-mail: rinaldo@desa.ufmg.br - Endereço: DESA - Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Escola de Engenharia da UFMG - Av. do Contorno, 842, 7º Andar - Centro - Belo Horizonte - MG - CEP 30.110-060.

² Ph.D., Professor do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. E-mail: celso@desa.ufmg.br - Endereço: DESA - Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Escola de Engenharia da UFMG - Av. do Contorno, 842, 7º Andar - Centro - Belo Horizonte - MG - CEP 30.110-060 - Tel.: (31) 3238-1884 - Fax.: (31) 3238-1879.

groundwater originated from natural springs exerts a fundamental role for the public water supply as well as for irrigation of small agricultural estates. Therefore, the goal of this study consisted in characterizing, quantitatively and qualitatively, the hydrological potential of the natural groundwater springs located in the area of the Graben Crato-Juazeiro. A total of 69 springs were identified and geo-referenced in a map, with about 84%, and 16%, in the districts of Crato and Barbalha, respectively. The total discharge estimated for the groundwater springs sums up more than 1.520 m³/h. The measurements of physical-chemical parameters, performed *in situ*, revealed the characteristics associated with the respective lithotypes of the local hydrogeological system, as well as the necessity of protection against pollution.

Palavras-Chave - Cadastro de Exutórios de Água Subterrânea; Caracterização dos Exutórios do Gráben Crato-Juazeiro; Região do Cariri.

INTRODUÇÃO

O Gráben Crato-Juazeiro ocupa uma área de cerca de 886 km² e abrange, quase na totalidade, os municípios de Crato e Juazeiro do Norte, e, parcialmente, a zona rural dos municípios de Barbalha e Missão Velha, localizados na Região do Cariri, porção sul do estado do Ceará (Figura 1). No território destes municípios, a população total residente é da ordem de 396.000 habitantes, sendo a maioria ocupante de áreas urbanas (cerca de 83%).

Considerando as disponibilidades hídricas da área do Graben Crato-Juazeiro, constata-se que as águas subterrâneas, captadas artificialmente (*e.g.* poços tubulares, cacimbas, cisternas) ou oriundas de exutórios naturais (*e.g.* fontes ou nascentes), têm ampla utilização e são destinadas, principalmente, ao abastecimento público e à irrigação de pequenas lavouras.

Neste contexto, os exutórios naturais da região têm merecido uma atenção particular, devido ao seu papel fundamental na regularização de cursos d'água e no incremento de vazões obtidas de outras fontes de captação, para atendimento das demandas existentes.

Diante disto, recentemente, foram desenvolvidos alguns trabalhos importantes, buscando avaliar o potencial hídrico destes exutórios, em termos de quantidade e qualidade, e estabelecer parâmetros para o aproveitamento racional de suas potencialidades hídricas.

Neste sentido, o trabalho pioneiro refere-se àquele do DNPM (1996). Como resultado, apresentou-se, para toda a Bacia do Araripe, um inventário com 348 exutórios naturais distribuídos entre os estados do Ceará (297 exutórios), Pernambuco (43 exutórios) e Piauí (8 exutórios).

Do total inventariado no estado cearense, constatou-se que apenas 67 exutórios estão dentro dos limites do Graben Crato-Juazeiro. Estes exutórios ocorrem entre os municípios de Crato (58

exutórios) e Barbalha (9 exutórios) e são coincidentes a pontos marcados por fraturas, falhas e contatos geológicos.

Outro trabalho importante corresponde àquele da COGERH (1998). Neste caso, apresentaram-se apenas os principais exutórios existentes entre os municípios de Crato (2 exutórios) e Barbalha (33 exutórios). Além disso, do total inventariado, percebe-se que apenas 11 estão inseridos dentro dos limites da área do Graben Crato-Juazeiro.

Ademais, considerando os resultados destes trabalhos (*i.e.* DNPM, 1996; COGERH, 1998), observa-se que, em termos de quantidade, os exutórios foram bem caracterizados, mas os dados levantados merecem uma avaliação específica para a área do graben. Por outro lado, em termos de qualidade, observa-se que as análises realizadas contemplaram pontos distribuídos e englobaram poucos exutórios, revelando uma carência desse tipo de informação dentro dos limites do graben.

Posto isto, neste trabalho, pretende-se apresentar um conjunto maior de informações qualitativas, bem como, coletar mais informações quantitativas e reavaliar aquelas existentes, para caracterizar os exutórios de águas subterrâneas distribuídos dentro dos limites do Graben Crato-Juazeiro. Com isto, espera-se conhecer as potencialidades hídricas destes exutórios, para permitir o seu maior aproveitamento.

OBJETIVOS

O objetivo maior deste trabalho consistiu em caracterizar, em termos de quantidade e qualidade, as potencialidades hídricas dos exutórios naturais localizados dentro dos domínios do Graben Crato-Juazeiro.

Os objetivos específicos consistiram em identificar e mapear os pontos relacionados aos exutórios de água subterrânea, apresentando uma estimativa das vazões observadas e realizando a medição, *in locu*, de parâmetros físico-químicos, quais sejam: o potencial hidrogeniônico (pH); oxigênio dissolvido (OD); condutividade elétrica (CE); e, temperatura (T).

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

A área abordada neste estudo corresponde à unidade morfotectônica denominada de Graben Crato-Juazeiro e insere-se no contexto evolutivo da Bacia Sedimentar do Araripe, implantada na região fronteira dos estados do Ceará, Pernambuco, Piauí e Paraíba (Figura 1).

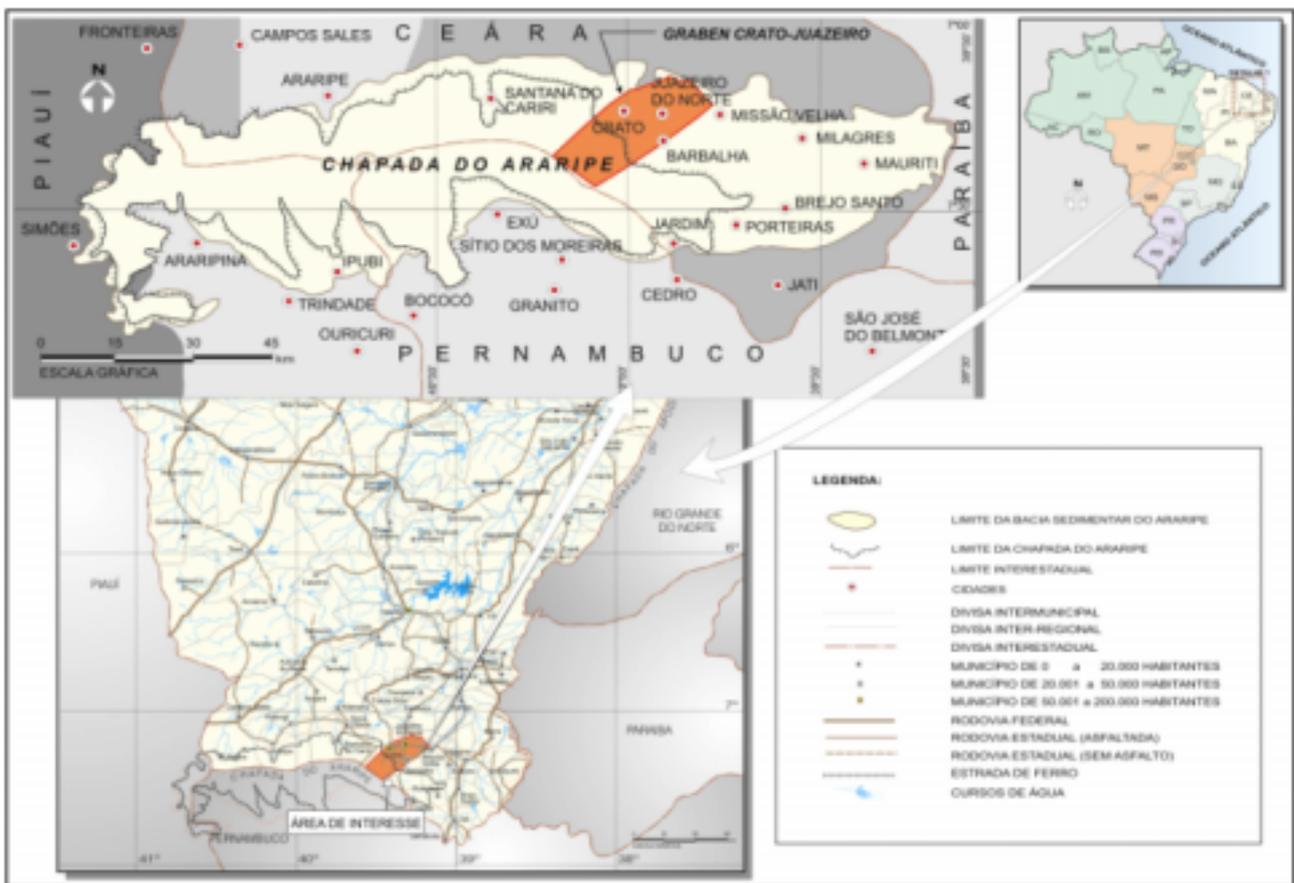


Figura 1 - Mapa de localização da área abordada neste trabalho (modificado de DNPM, 1996).

A seqüência estratigráfica recorrente em toda a Bacia do Araripe e presente na área do Graben Crato-Juazeiro é definida, da base para o topo, pelas Formações Mauriti, Brejo Santo, Missão Velha, Abaiara, Rio da Batateira, Santana, Arajara e Exu (Figura 2). Tal seqüência estratigráfica ocorre sobre os terrenos precambrianos da Província Borborema e, em algumas porções, encontra-se recoberta pela sedimentação quaternária local, associada aos depósitos de tálus e às planícies aluvionares (Ponte & Appi, 1990).

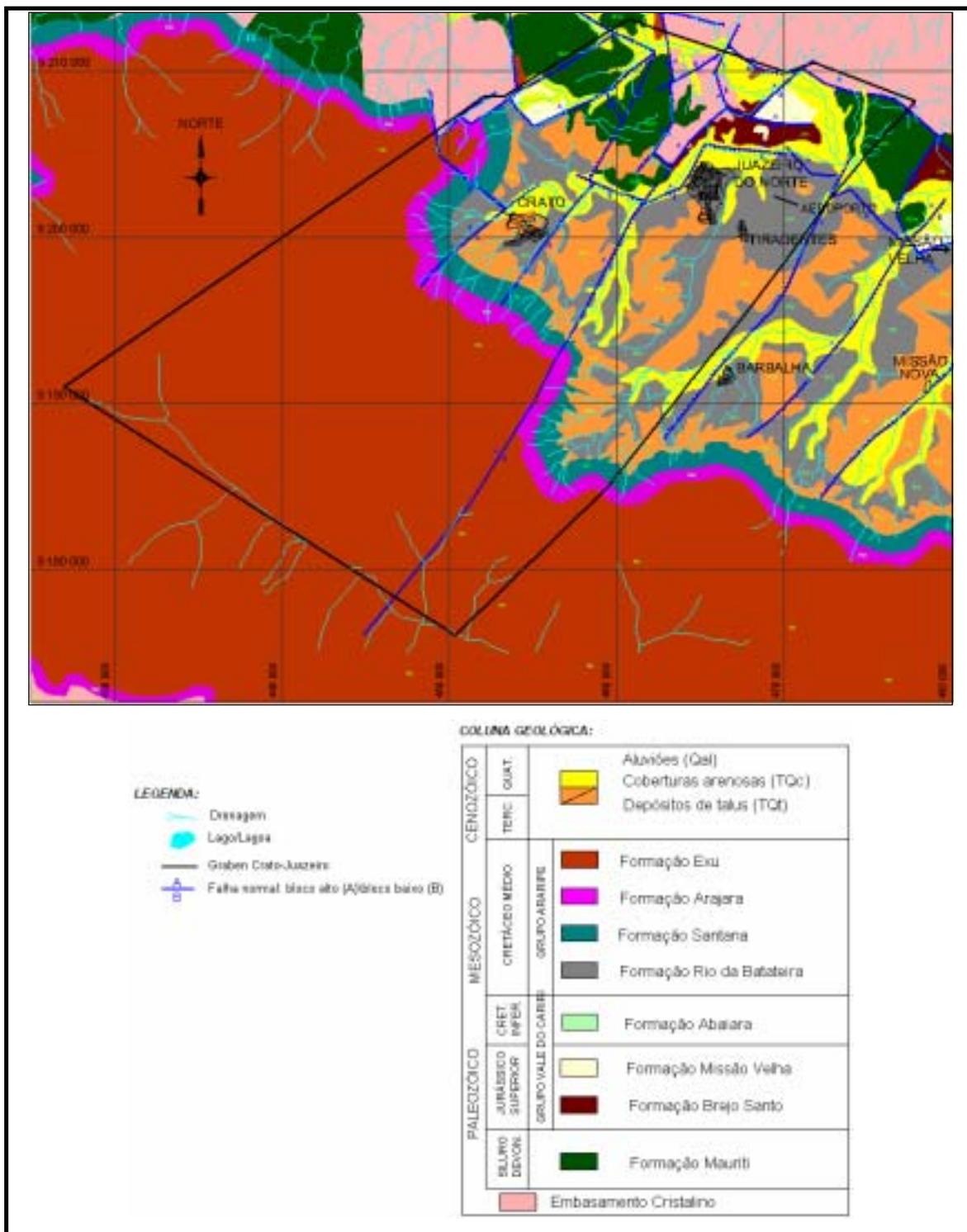


Figura 2 - Estratigrafia da área do Graben Crato-Juazeiro (modificado de DNPM, 1996).

Os litotipos desta seqüência caracterizam um espesso pacote sedimentar formado pela alternância de arenitos, siltitos, calcários, argilitos e folhelhos, cuja espessura total pode alcançar até 1600 metros. Além disso, definem os sistemas hidrogeológicos da área do graben (Figura 3). Neste sentido, as formações Exu, Arajara, Rio da Batateira, Abaiara, Missão Velha e Mauriti

correspondem às unidades aquíferas, enquanto que as formações Santana e Brejo Santo se comportam como aquíferos (DNPM, 1996).

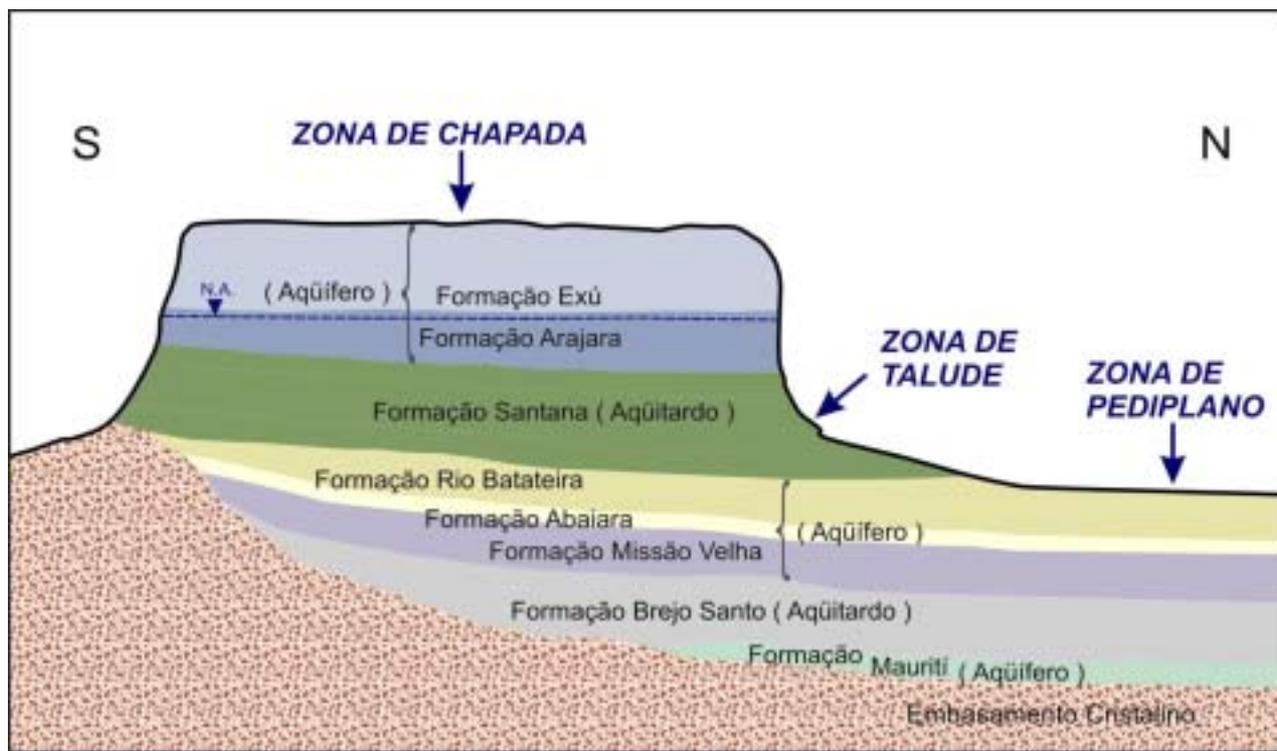


Figura 3 - Perfil esquemático mostrando os sistema hidrogeológico local correlacionado à distribuição estratigráfica e geomorfológica (modificado de DNPM, 1996).

Geomorfologicamente, a área do Graben Crato-Juazeiro pode ser compartimentada em três domínios principais. Quais sejam: zona de chapada, zona de talude e zona de pediplano (DNPM, 1996). Estes domínios apresentam características bastante contrastantes (Figura 4).

Na zona de chapada, o relevo tipicamente tabular, com elevações em torno de 1000 metros, é sustentado pelos arenitos da Formação Exu e limitado em quase toda sua extensão por escarpas abruptas, de contornos irregulares. Estas escarpas chegam a ultrapassar 300 metros e expõem rochas da Formação Santana. A ausência quase total de drenagem no topo da chapada está diretamente associada ao solo arenoso que a recobre. Nesta porção do graben ocorrem pequenas comunidades rurais, abastecidas exclusivamente por água subterrânea extraída por poços tubulares.

A zona de pediplano, porção de relevo suave e pouco dissecado, caracteriza-se por morros alongados entremeados por vales amplos de fundo plano, com cotas médias de aproximadamente 400 metros. Neste domínio geomorfológico ocorrem exposições de rochas das formações Rio da Batateira, Abaiara, Missão Velha, Brejo Santo e Mauriti. A rede de drenagem é bem desenvolvida, mas o abastecimento público é mantido essencialmente pela exploração de água subterrânea, principalmente, a partir de poços tubulares profundos instalados na Formação Missão Velha.

Na zona de talude, que inclui a zona de encosta e pé-de-serra, afloram os litotipos das formações Exu, Arajara e Santana. No contato entre as formações Exu e Arajara, e ainda nesta última formação, ocorrem os exutórios naturais de água subterrânea. A partir destes exutórios se desenvolvem as vastas redes de drenagem que atravessam a zona de pediplano. Muitos destes exutórios são utilizados diretamente pelas comunidades vizinhas, outros são de uso particular e alguns são utilizados para abastecimento público como fonte alternativa para complementação do suprimento extraído a partir dos poços tubulares.

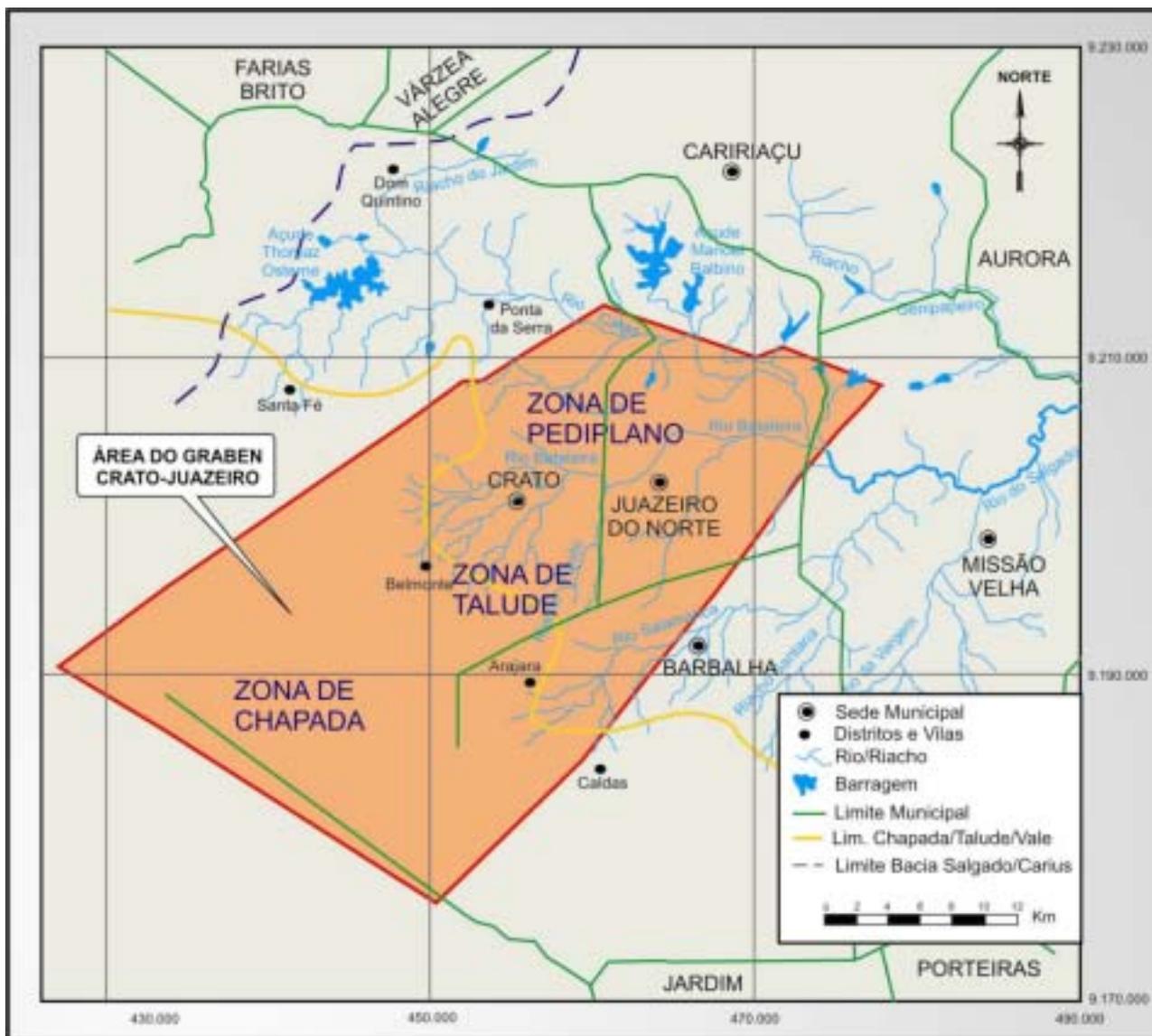


Figura 4 - Compartimentação geomorfológica da área do Graben Crato-Juazeiro (modificada de DNPM, 1996).

Com relação à hidrografia, observa-se que a área do Graben Crato-Juazeiro está inserida na bacia do rio Salgado, que tem como principais afluentes os rios Carás, Batateira e Salamanca (Figura 4). Além disso, nota-se que os exutórios originados na Zona de Talude, e localizados entre

os municípios de Crato e Barbalha, contribuem para a regularização das vazões dos rios Batateira e Salamanca, que nascem na encosta da chapada.

Em termos climatológicos, observa-se que o regime pluviométrico caracteriza-se pela marcante irregularidade das chuvas, no tempo e no espaço, com uma precipitação média da ordem de 1.100 mm/ano. Além disso, são registradas taxas elevadas de evapotranspiração potencial (com média da ordem de 1.500 mm/ano), baixas amplitudes térmicas (entre 24°C e 26°C) e forte insolação (IPLANCE, 1997).

Por fim, ressalta-se que a conjugação de todos estes fatores se reflete numa rede de drenagem intermitente, que prejudica a formação de mananciais superficiais significativos na região. Em tais condições, os reservatórios subterrâneos passam a constituir a principal fonte para suprimento das necessidades hídricas da região considerada.

Isto porque, a alta permeabilidade dos solos de cobertura favorece a rápida retirada da água da zona mais superficial, onde estaria prontamente disponível para a evapotranspiração, para uma zona mais profunda, de onde passaria a constituir a recarga dos aquíferos locais.

METODOLOGIA

A metodologia empregada para a realização deste estudo consistiu de três etapas principais, quais sejam:

- Etapa 1:** trabalhos de escritório para fazer o levantamento de cadastros anteriores e, a partir disso, confeccionar as cartas base para o desenvolvimento da etapa de campo. Nesta etapa também foram discutidas as estratégias de campo para o andamento adequado dos trabalhos.
- Etapa 2:** trabalhos de campo para fazer o mapeamento das fontes, obter uma estimativa das vazões e fazer a medição dos parâmetros físico-químicos da água (*i.e.* pH, Temperatura, Condutividade Elétrica e Oxigênio dissolvido). Além disso, consistiu numa descrição sucinta das áreas circunvizinhas aos pontos visitados, para identificar feições diversas, associadas à geologia local, ao uso e aos usuários das águas provenientes dos exutórios.
- Etapa 3:** etapa de escritório para fazer a análise de consistência dos dados e integrar as informações obtidas para a confecção deste trabalho.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

No presente estudo, foram inventariados apenas os exutórios localizados dentro dos domínios da área do Graben Crato-Juazeiro. Como resultado, são apresentados 69 exutórios (Figura 5), distribuídos antes os municípios de Crato (58 exutórios) e de Barbalha (11 exutórios).

Na Tabela 1, apresenta-se a relação dos pontos inventariados e as informações coletadas em campo. Além disso, nesta tabela pode-se observar também uma correlação destes pontos com aqueles inventariados nos trabalhos do DNPM (1996) e da COGERH (1998).

Ademais, cabe dizer que, do total de pontos inventariados no município de Crato, apenas 50 deles puderam ser visitados. Os demais (pontos 62 a 69 – Tabela 1) não foram visitados por impedimentos diversos (*e.g.* falta de autorização, falta de acesso ou não encontrada). Sendo assim, para estes pontos, as informações apresentadas originam-se dos cadastros anteriores (*i.e.* DNPM, 1996; COGERH, 1998). Por sua vez, no município de Barbalha todos os pontos foram visitados.

Pela distribuição dos pontos (Figura 5), observa-se que, de uma maneira geral, os exutórios estão associados aos litotipos das Formações Exu, Arajara e Santana, relacionado-se, portanto, a contatos geológicos e a condicionantes geológico-estruturais (falhas e fraturas) presentes nestas formações. Além disso, nota-se que os exutórios encontram-se distribuídos ao longo da Zona de Talude da Chapada do Araripe.

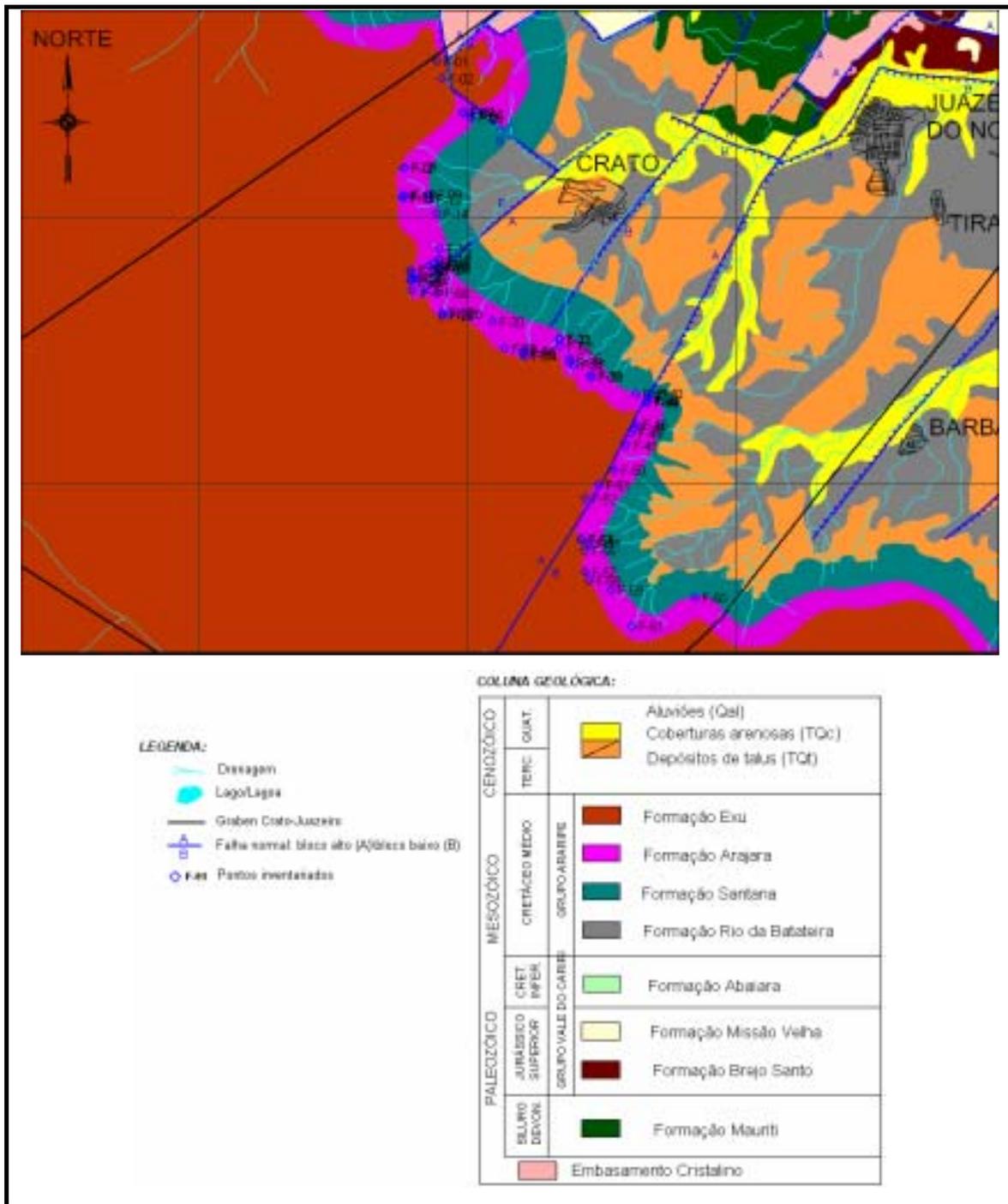


Figura 5 - Distribuição dos exutórios inventariados na área do Graben Crato-Juazeiro.

Tabela 1 - Relação dos pontos inventariados e informações coletadas em campo.

Nº de ordem	Nº COGERH	Nº DNPM	Município	UTM-E (m)	UTM-N (m)	Alt. (m)	Litologia	T (°C)	pH	C.E. (S/cm)	O.D. (mg/L)	Vazão (m³/h)	Data de coleta	Uso	Usuário (Quant.)
F-01	---	1243	Crato	448911	9205824	756	Exu								
F-02	---	1242	Crato	449086	9205184	773	Exu	24.8	5.29	22	4.3	1	1/12/2003	Dom.	40 Famílias
F-03	---	1239	Crato	449855	9203918	727	Arajara	26.9	6.04	55	2.05	8	1/12/2003	Dom.	15 Famílias
F-04	---	1241	Crato	449918	9203916	719	Arajara	25.3	4.89	58	2.45	7	4/12/2003	Dom.	02 Famílias
F-05	---	1238	Crato	450234	9203862	699	Arajara	28.4	4.44	71	5.04	2	4/12/2003	Dom.	01 Família
F-06	---	1240	Crato	450170	9203722	686	Arajara	28.1	4.84	186	5.08	5	4/12/2003	Irrig./Dom.	02 Famílias
F-07	---	1200	Crato	447713	9201854	760	Arajara	25.5	4.22	20	3.01	2	5/12/2003	Dom.	20 Famílias
F-08	---	1201	Crato	447712	9201808	761	Arajara	24.6	4.56	17	3.91	6	5/12/2003	Dom.	11 Famílias
F-09	---	1203	Crato	448662	9200832	628	Arajara	23.5	4.4	151	5.53	2	5/12/2003	Dom./Irrig.	15 Famílias
F-10	---	1202	Crato	447684	9200826	760	Arajara	25.9	4.91	37	4.56	5	5/12/2003	Dom.	30 Famílias
F-11	---	1204	Crato	447623	9200764	760	Arajara	25.9	4.91	37	4.56	5	5/12/2003	Dom.	30 Famílias
F-12	---	1193	Crato	447654	9200734	760	Arajara	25.9	4.91	37	4.56	30	5/12/2003	Dom.	30 Famílias
F-13	---	1192	Crato	448628	9200662	643	Arajara	25.6	4.12	92	2.62	2	5/12/2002	Dom./Irrig.	10 Famílias
F-14	---	1191	Crato	448915	9200116	644	Arajara	26.7	4.48	45	3.69	4	5/12/2002	Dom./Irrig.	05 Famílias
F-15	---	1190	Crato	449026	9198782	687	Arajara	28	4.62	36	4.9	4	5/12/2003	Dom./Irrig.	03 Famílias
F-16	---	1197	Crato	449031	9198394	681	Arajara	27.2	4.43	101	1.25	0.1	5/12/2003	Dom.	01 Família
F-17	---	1196	Crato	449017	9198372	683	Arajara	26.3	4.45	85	1.7	0.5	5/12/2003	Dom.	01 Família
F-18	---	1194	Crato	448785	9198212	688	Arajara	26.4	4.79	49	0.71	1	5/12/2003	Dom.	01 Família
F-19	---	1195	Crato	448954	9198114	664	Arajara	27.3	4.56	137	0.5	4	5/12/2003	Dom./Irrig.	05 Famílias
F-20	---	1189	Crato	447938	9197976	761	Exu/Arajara	26.5	4.65	19	4.72	30	5/12/2003	Dom.	05 Famílias
F-21	---	1236	Crato	447934	9197912	761	Exu/Arajara	24.5	4.76	9	4.29	5	5/12/2003	Dom.	02 Famílias
F-22	---	1237	Crato	448204	9197664	726	Exu/Arajara	24.1	4.6	11	4.63	2	5/12/2003	Dom.	01 Família
F-23	---	1188	Crato	448096	9197666	740	Exu/Arajara	27.5	4.89	35	3.87	20	6/12/2003	Dom.	15 Famílias
F-24	---	1187	Crato	447960	9197666	763	Exu/Arajara	24.5	4.38	12	4.69	30	5/12/2003	Dom.	10 Famílias
F-25	---	1210	Crato	447950	9197576	765	Exu/Arajara	26.7	4.4	26	5.36	300	5/12/2003	Recre./Dom./Irrig.	150 Famílias
F-26	1	1186	Crato	447990	9197232	766	Exu/Arajara	26.5	5.45	31	3.1	15	5/12/2003	Recre./Dom.	2 Famílias
F-27	---	1206	Crato	449125	9196368	749	Exu/Arajara	24.8	4.56	12	4.07	5	6/12/2003	Dom.	30 Famílias
F-28	---	1209	Crato	449392	9196342	741	Exu/Arajara	23.7	4.13	11	3.86	4	6/12/2003	Recre./Dom.	01 Família
F-29	---	1208	Crato	449130	9196284	754	Exu/Arajara	25.1	4.91	14	4.99	40	6/12/2003	Dom.	50 Famílias
F-30	---	1205	Crato	450970	9196070	728	Arajara	25.8	4.94	10	5.4	40	6/12/2003	Dom.	30 Famílias
F-31	---	1217	Crato	453447	9195400	664	Arajara	29.5	5.7	59	4.43	10	4/12/2003	Dom.	30 Famílias
F-32	---	1215	Crato	453469	9195396	647	Arajara	27.4	6.7	22	5.65	8	4/12/2003	Dom.	2 Famílias
F-33	---	1213	Crato	451445	9195070	682	Exu/Arajara	26.4	6.13	14	5.98	60	4/12/2003	Recre./Dom.	30 Famílias
F-34	---	1212	Crato	452210	9194761	805	Exu/Arajara	26.8	5.26	9	5.56	30	4/12/2003	Dom.	30 Famílias
F-35	---	1218	Crato	453859	9194660	736	Exu/Arajara	25.9	5.6	14	2.7	15	4/12/2003	Dom./Irrig.	5 Famílias

Tabela 1 (continuação): Relação dos pontos inventariados e as informações coletadas em campo.

Nº de ordem	Nº COGERH	Nº DNPM	Município	UTM-E (m)	UTM-N (m)	Alt. (m)	Litologia	T (°C)	pH	C.E. (S/cm)	O.D. (mg/L)	Vazão (m³/h)	Data de coleta	Uso	Usuário (Quant.)
F-36	---	1219	Crato	453854	9194534	722	Exu/Arajara	25.1	7.9	12	1.7	3	4/12/2003	Dom./Irrig.	5 Famílias
F-37	2	1220	Crato	454008	9194412	676	Exu/Arajara	25.2	6.4	9	3.52	140	4/12/2003	Dom./Irrig.	20 Famílias
F-38	---	1221	Crato	454621	9193954	680	Arajara	25.2	5.25	18	4.54	60	4/12/2003	Dom./Irrig.	30 Famílias
F-39	---	1222	Crato	454621	9194015	680	Arajara	25.2	5.25	18	4.54	20	4/12/2003	Dom./Irrig.	30 Famílias
F-40	---	1229	Crato	456859	9193364	709	Arajara/Santana	25.8	5.83	20	1.05	1	4/12/2003	Dom./Irrig.	15 Famílias
F-41	---	1227	Crato	456293	9193320	709	Arajara/Santana	25.6	5.7	17	5.35	3	3/12/2003	Dom.	15 Famílias
F-42	---	1226	Crato	456290	9193318	708	Arajara/Santana	25.5	4.66	14	5.79	4	3/12/2003	Dom.	15 Famílias
F-43	---	1224	Crato	456777	9193104	715	Arajara	25.4	5.7	18	2.6	1	4/12/2003	Dom.	10 Famílias
F-44	---	1228	Crato	456680	9193050	725	Arajara	25.1	5.6	16	3.4	0.5	4/3/2003	Dom.	5 Famílias
F-45	---	1223	Crato	456685	9193012	731	Arajara	24.9	5.48	14	4.35	3	3/12/2003	Dom.	20 Famílias
F-46	---	1232	Crato	456297	9192194	751	Arajara	24.7	5.67	18	4.7	4	3/12/2003	Dom.	15 Famílias
F-47	---	1230	Crato	456226	9192034	747	Arajara	24.5	4.6	8	5.15	4	3/12/2003	Dom.	15 Famílias
F-48	---	1231	Crato	456131	9191874	741	Arajara	25.1	6.03	17	1.46	2	3/12/2003	Dom.	15 Famílias
F-49	---	1233	Crato	455932	9191398	747	Arajara	25.1	5.6	11	0.6	0.5	3/12/2003	Dom.	10 Famílias
F-50	---	1234	Crato	455482	9190462	748	Exu/Arajara	25.5	6.27	14	5.92	80	3/12/2003	Dom.	20 Famílias
F-51	3	1265	Barbalha	454931	9189901	721	Exu/Arajara	25.6	6.11	14	6.45	40	2/12/2003	Dom.	10 Famílias
F-52	4	1266	Barbalha	454423	9189416	762	Exu	26.6	6.5	25	6.12	184	2/12/2003	Recre./Dom./Irrig.	40 Famílias
F-53	5	1267	Barbalha	454267	9187860	769	Exu/Arajara	26.4	6.18	27	5.74	5	2/12/2003	Dom./Irrig.	10 Famílias
F-54	---	---	Barbalha	454289	9187826	767	Exu/Arajara	26.9	6.2	32	4.62	10	2/12/2003	Dom./Irrig.	10 Famílias
F-55	6	1268	Barbalha	454545	9187694	761	Exu/Arajara	25.1	5.72	57	2.62	0.5	2/12/2003	Dom.	4 Famílias
F-56	7	1269	Barbalha	454400	9187460	768	Exu/Arajara	25.8	6.02	23	3.3	3	2/12/2003	Dom.	15 Famílias
F-57	8	1270	Barbalha	454414	9186629	772	Exu/Arajara	25.4	5.43	23	4.6	4	2/12/2003	Dom.	60 Famílias
F-58	9	1271	Barbalha	454565	9186312	840	Exu/Arajara	25.5	6.12	28	3.78	3	2/12/2003	Dom.	40 Famílias
F-59	10	1272	Barbalha	455364	9185944	755	Arajara	25	6.11	46	0.9	3	3/12/2003	Dom.	100 Famílias
F-60	12	1274	Barbalha	458496	9185678	734	Arajara/Santana	25.5	5.8	27	2.08	2	3/12/2003	Dom.	10 Famílias
F-61	11	1273	Barbalha	456159	9184608	773	Arajara	26.6	6.19	27	4.18	70	2/12/2003	Dom./Recre.	70 Famílias
F-62	---	1216	Crato	453485	9195120	---	---	---	---	---	---	6.22	---	---	---
F-63	---	1225	Crato	451445	9195070	---	---	---	---	---	---	9.2	---	---	---
F-64	---	1214	Crato	452151	9194956	---	---	---	---	---	---	1.69	---	---	---
F-65	---	1211	Crato	452102	9194842	---	---	---	---	---	---	140	---	---	---
F-66	---	1198	Crato	448606	9198155	---	---	---	---	---	---	0.83	---	---	---
F-67	---	1199	Crato	448821	9197971	---	---	---	---	---	---	0.97	---	---	---
F-68	---	1207	Crato	448945	9197142	---	---	---	---	---	---	5.54	---	---	---
F-69	---	1235	Crato	448974	9198033	---	---	---	---	---	---	1.19	---	---	---

Para a avaliação quantitativa dos exutórios, cabe dizer que a medida da vazão foi dificultada em campo pela forma de captação que os vários usuários praticam, fazendo a inserção de canos nas saídas de água. Contudo, pôde-se estimar valores para todos os pontos inventariados e, assim, avaliar o total de água subterrânea liberada para fazer parte da drenagem superficial e/ou da recarga dos aquíferos na Zona de Pediplano da Chapada (Tabela 2).

Cabe ressaltar ainda que estes valores foram observados antes do período chuvosa da região. Logo, podem apresentar variações, se comparados com informações obtidas em outros períodos.

Tabela 2 - Vazões estimadas para os exutórios inventariados.

Município	Nº de Fontes	Vazão (m ³ /h)			
		Total	Média	Máxima	Mínima
Crato	58	1.196,24	20,62	300,00	0,10
Barbalha	11	324,50	29,50	184,00	0,50
TOTAL	69	1.520,74	22,04	300,00	0,10

Posto isto, observa-se que a descarga total estimada para os exutórios soma mais de 1.520 m³/h (=36.480 m³/dia). Deste total, estima-se que cerca de que 1.195 m³/h são drenadas para o rio Batateira, que corre em direção aos municípios de Crato e Juazeiro do Norte. A outra parcela, cerca de 325 m³/h, é drenada para o rio Salamanca, que corre em direção aos municípios de Barbalha e Missão Velha.

Considerando um consumo *per capita* de 0,25 m³/dia e a população total destes municípios (cerca de 396.000 habitantes), pode-se dizer que o volume de água necessário para atendimento das demandas para consumo humano é da ordem de 100.000 m³/dia. Sendo assim, nota-se que o volume total extraído pelos exutórios (cerca de 36.480 m³/dia) seria capaz de atender cerca de 36,5% da demanda de água diária gerada pela população residente na região.

Neste sentido, percebe-se que o volume de água subterrânea extraída pelos exutórios naturais, dentro dos limites do Graben Crato-Juazeiro, apresenta um valor considerável. Isto revela a potencialidade hídrica destes exutórios e a aumenta o reconhecimento da necessidade de desenvolver maneiras para o aproveitamento mais racional deste potencial hídrico na região.

Ademais, analisando a média ponderada das vazões (igual à soma das vazões, dividida pelo número de exutórios considerados) em função das condições geológicas verificadas em campo (Figura 6), observa-se que os pontos relacionados a fraturas ou falhas geológicas na Formação Exu e ao contato geológico entre as Formações Exu e Arajara são responsáveis pelas maiores vazões médias de água subterrânea extraída pelos exutórios (62,3 e 36,7 m³/h, respectivamente).

Em contraposição, as menores vazões médias estão relacionadas a fraturas ou falhas geológicas na Formação Arajara e ao contato geológico entre as Formações Arajara e Santana (10,1 e 2,5 m³/h, respectivamente).

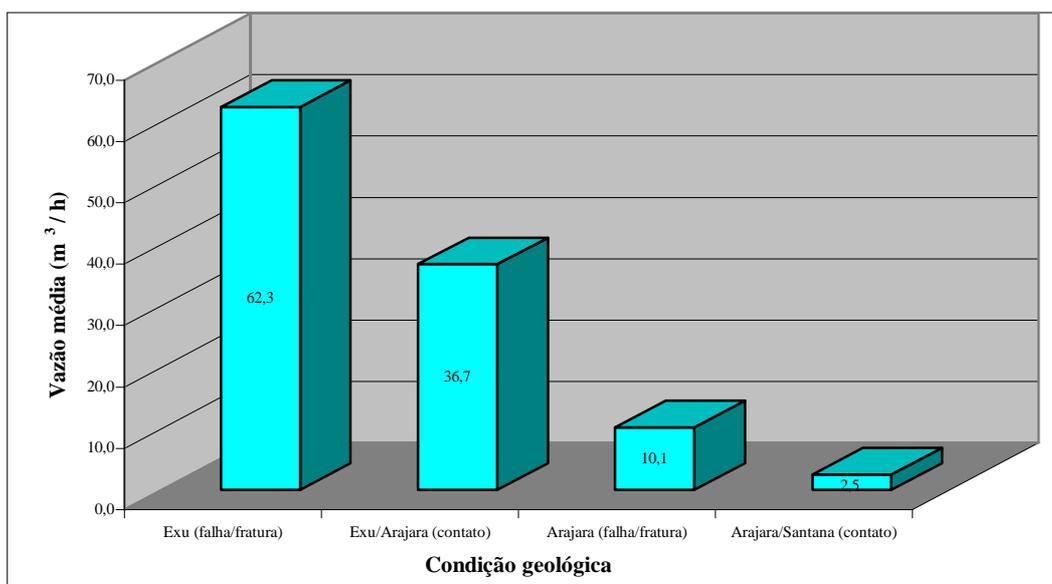


Figura 6 - Média ponderada das vazões em função das condições geológicas verificadas em campo.

Para a análise das condições de qualidade das águas dos exutórios, foram considerados os seguintes parâmetros físico-químicos: a) Temperatura; b) Potencial Hidrogeniônico; c) Condutividade Elétrica; e, d) Oxigênio Dissolvido.

Com relação aos valores de temperatura medidos, a Figura 7 mostra que, quando a altitude diminui, os valores de temperatura tendem a aumentar. Isto porque à medida que a altitude decresce tende-se a se afastar mais da encosta da chapada, onde a cobertura vegetal é maior, e, conseqüentemente, os valores de temperatura tendem a ser menores.

Já os valores de pH, aparentemente, são aleatórios em função da litologia. Contudo, de uma maneira geral, estes valores tendem a aumentar com a altitude (Figura 8). Por outro lado, os valores de condutividade elétrica tendem a aumentar em função da diminuição da altitude (Figura 9). Além disso, observa-se também que os maiores valores estão relacionados aos exutórios localizadas nos domínios das rochas da Formação Arajara (Figura 9).

Por sua vez, os valores de oxigênio dissolvido mostram-se aleatórios em função da altitude (Figura 10). Contudo, em função da litologia, mostram que os menores valores estão relacionados aos exutórios localizadas nos domínios das rochas da Formação Arajara (Figura 10).

De uma maneira geral, a partir dos resultados apresentados, percebe-se que as águas oriundas dos exutórios naturais apresentam boas condições físico-químicas para o aproveitamento, seja para consumo humano, seja para irrigação de pequenas lavouras. Contudo, com base no que foi observado em campo, cabe ressaltar que estes mananciais merecem um olhar mais atencioso no que tange à proposição de medidas de proteção contra a poluição gerada pelos próprios usuários.

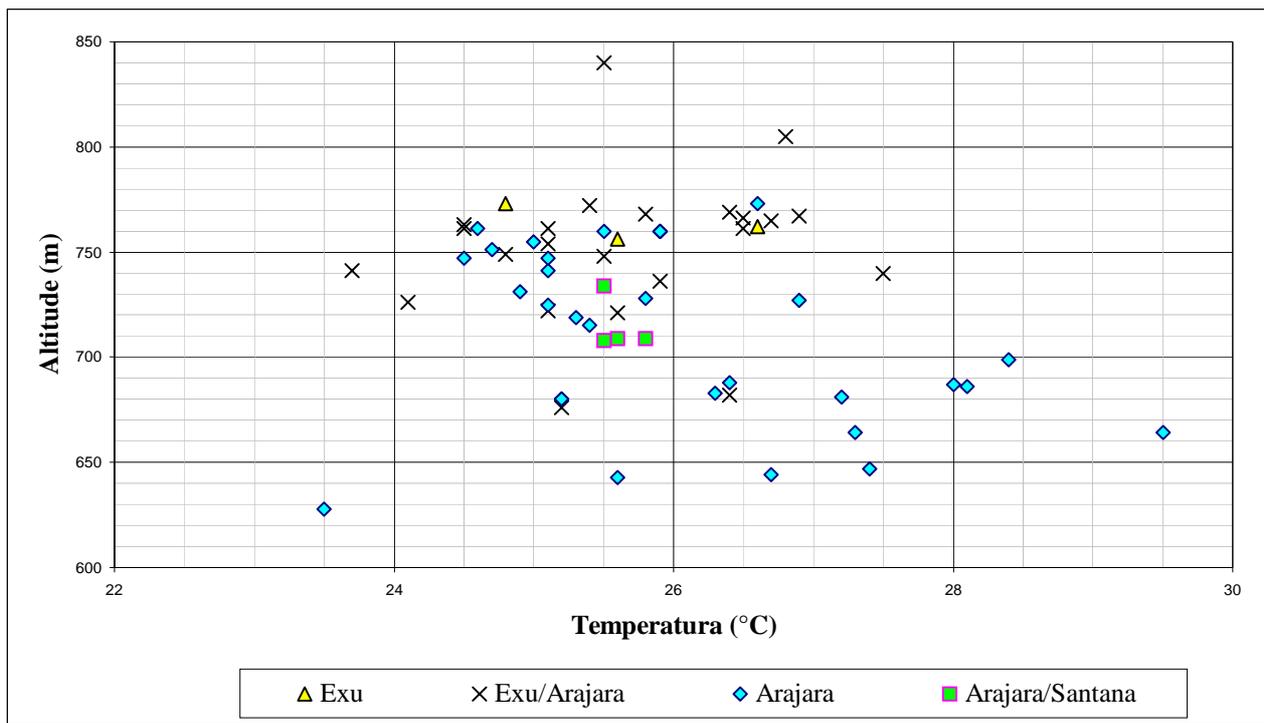


Figura 7 - Distribuição dos valores de temperatura em função da altitude e da litologia.

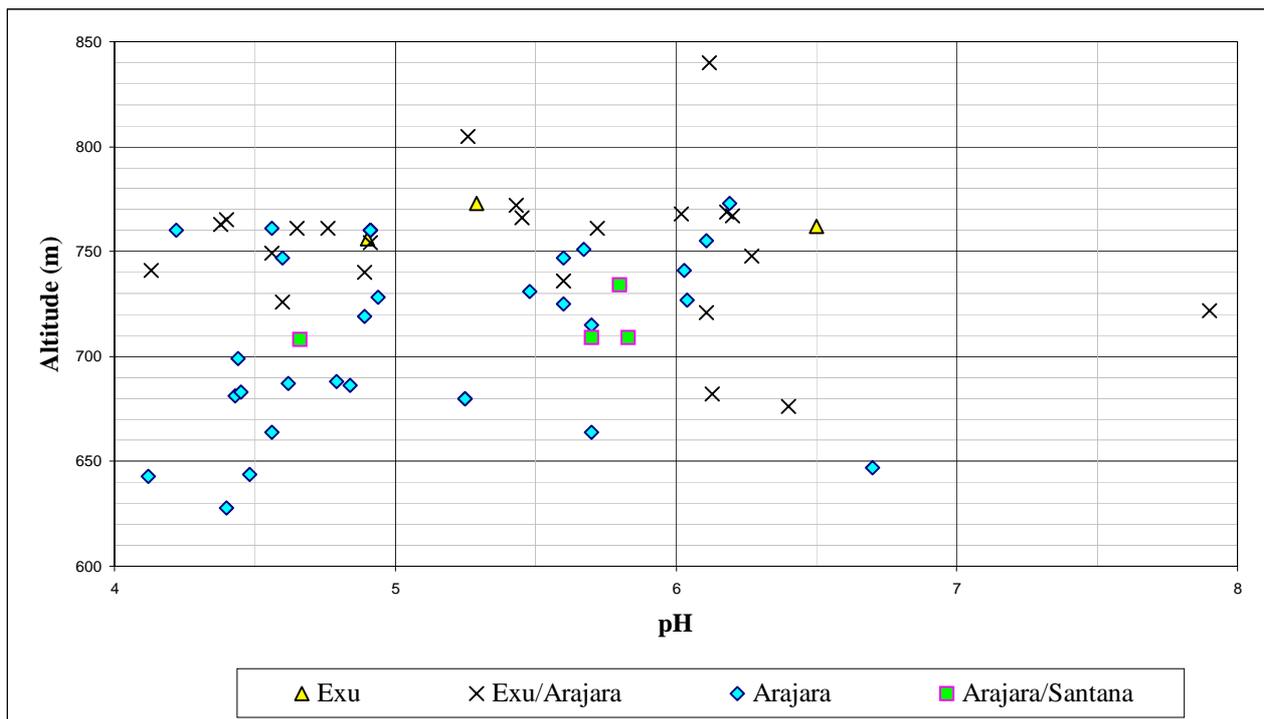


Figura 8 - Distribuição dos valores de pH em função da altitude e da litologia.

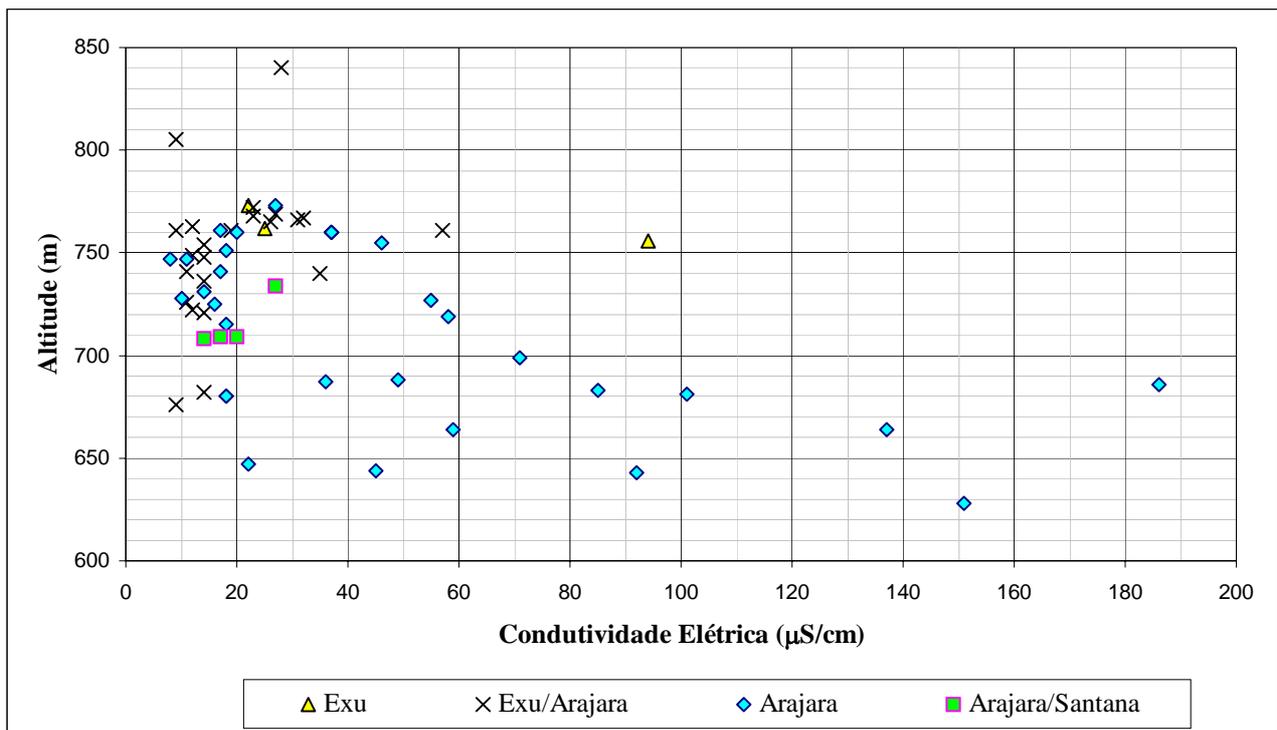


Figura 9 - Distribuição dos valores de condutividade elétrica em função da altitude e da litologia.

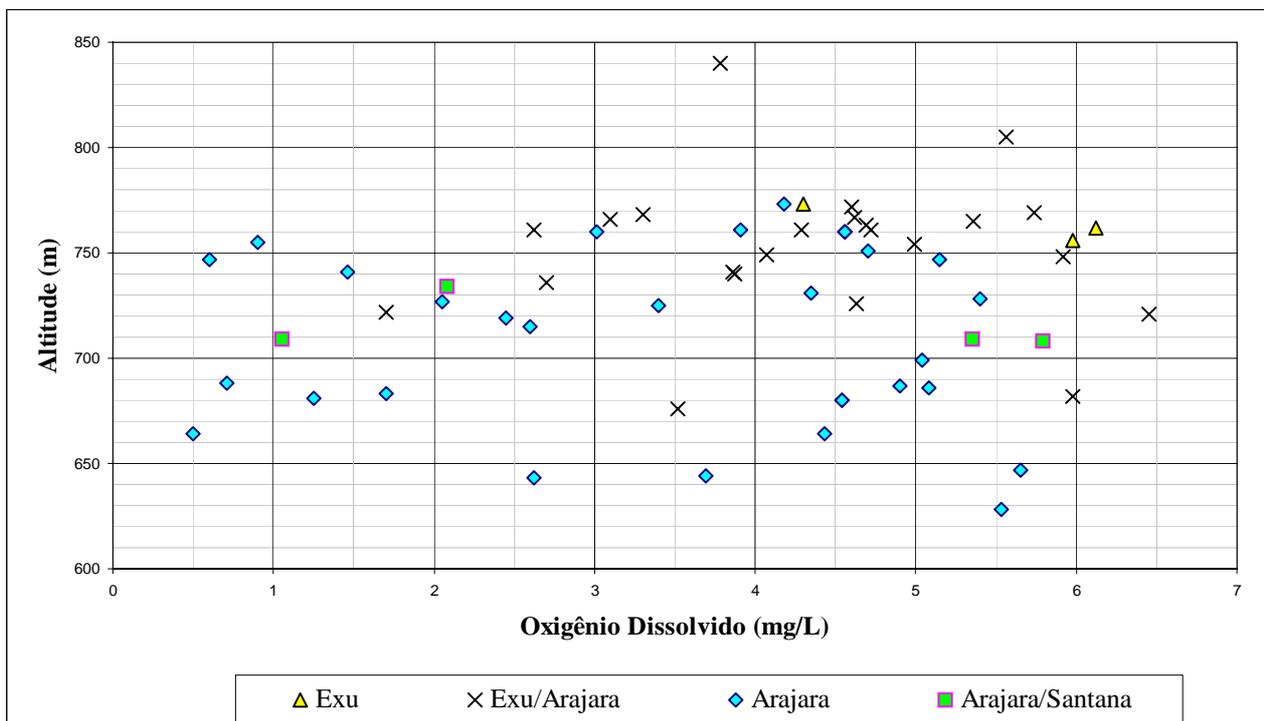


Figura 10 - Distribuição dos valores de oxigênio dissolvido em função da altitude e da litologia.

CONCLUSÕES

No presente trabalho, foram apresentados os exutórios de água subterrânea cadastrados dentro dos limites do Gráben Crato-Juazeiro, distribuídos entre os municípios de Crato e Barbalha, na

porção sul do Estado do Ceará (Região do Cariri). Além do cadastramento, foram coletadas informações quantitativas e qualitativas para caracterização das potencialidades hídricas dos exutórios naturais, para permitir o seu maior aproveitamento, seja para o abastecimento ou para a irrigação de pequenas lavouras. Neste sentido, foram realizadas a estimativa das vazões observadas e a medição, *in situ*, de alguns parâmetros físico-químicos.

Na caracterização quantitativa, os resultados alcançados permitiram chegar às seguintes conclusões:

- foram inventariados 69 exutórios naturais dentro da área do Gráben Crato-Juazeiro, sendo 58 (84%) no município de Crato e 11 (16%) no município de Barbalha;
- existe uma correlação entre estes pontos e aqueles inventariados nos trabalhos do DNPM (1996) e da COGERH (1998), conforme apresentado na Tabela 1;
- pela distribuição dos pontos em mapa, observa-se que os exutórios cadastrados encontram-se distribuídos ao longo da Zona de Talude da Chapada do Araripe, associando-se aos litotipos das Formações Exu, Arajara e Santana;
- as saídas de água dos exutórios estão relacionadas a contatos geológicos e a condicionantes geológico-estruturais (falhas e fraturas) presentes nas formações supracitadas;
- os valores estimados de vazão, observados antes do período chuvosa, permitiram avaliar que o total de água subterrânea liberada para fazer parte da drenagem superficial e/ou da recarga dos aquíferos na Zona de Pediplano da Chapada é da ordem de 1.520 m³/h (cerca de 36.480 m³/dia);
- da vazão total estimada para os exutórios, cerca de que 1.195 m³/h são drenadas para o rio Batateira, que corre em direção aos municípios de Crato e Juazeiro do Norte. A outra parcela, cerca de 325 m³/h, é drenada para o rio Salamanca, que corre em direção aos municípios de Barbalha e Missão Velha;
- a partir dos valores apresentados, estimou-se que o volume total extraído pelos exutórios naturais seria capaz de atender cerca de 36,5% da demanda diária de água gerada pela população total residente na região, revelando a potencialidade hídrica destes exutórios;
- as maiores vazões médias de água subterrânea extraída pelos exutórios estão relacionadas às fraturas ou às falhas geológicas na Formação Exu e ao contato geológico entre as Formações Exu e Arajara, com valores de 62,3 m³/h e 36,7 m³/h, respectivamente; e,
- as menores vazões médias estão relacionadas a fraturas ou falhas geológicas na Formação Arajara e ao contato geológico entre as Formações Arajara e Santana, com valores de 10,1 m³/h e 2,5 m³/h, respectivamente.

Na caracterização qualitativa foram considerados os seguintes parâmetros físico-químicos: Temperatura; Potencial Hidrogeniônico; Condutividade Elétrica; e, Oxigênio Dissolvido. Os resultados alcançados permitiram chegar às seguintes conclusões:

- os valores de temperatura medidos aumentam com a diminuição da altitude. Isto porque na medida em que a altitude decresce tende-se a se afastar mais da encosta da chapada, onde a cobertura vegetal é maior, e, conseqüentemente, os valores de temperatura tendem a ser menores;
- os valores de pH, aparentemente, são aleatórios em função da litologia, mas, de uma maneira geral, tendem a aumentar com a altitude;
- os valores de condutividade elétrica tendem a aumentar em função da diminuição da altitude, sendo que os maiores valores estão relacionados aos exutórios localizadas nos domínios das rochas da Formação Arajara;
- os valores de oxigênio dissolvido mostram-se aleatórios em função da altitude, mas em função da litologia, mostram que os menores valores estão relacionados aos exutórios localizadas nos domínios das rochas da Formação Arajara; e,
- de uma maneira geral, as águas oriundas dos exutórios naturais apresentam boas condições físico-químicas para o aproveitamento, seja para consumo humano, seja para irrigação de pequenas lavouras.

A partir destas conclusões percebe-se que os exutórios naturais cadastrados dentro dos limites do Gráben Crato-Juazeiro apresentam uma importância significativa para as disponibilidades hídricas locais, tanto em termos de quantidade quanto em termos de qualidade. Além disso, pode-se perceber a necessidade de se desenvolver maneiras para o aproveitamento mais racional deste potencial hídrico e de se propor medidas para a proteção destes mananciais.

AGRADECIMENTOS

Os autores deste trabalho manifestam o seu agradecimento à FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais), pela bolsa de doutoramento concedida ao aluno do Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Escola de Engenharia da UFMG, como também, à GOLDER ASSOCIATES BRASIL LTDA, pelo apoio técnico e financeiro concedido nas etapas de realização deste estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] COGERH. Companhia de Gerenciamento dos Recursos Hídricos. 1998. Inventário dos pontos de surgência de águas subterrâneas entre os municípios de Crato e Barbalha. Relatório interno da COGERH.
- [2] DNPM - Departamento Nacional de Produção Mineral. 1996. Projeto avaliação hidrogeológica da Bacia Sedimentar do Araripe. Programa nacional de estudos dos distritos mineiros. Recife, Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), distritos regionais Pernambuco e Ceará, 101 p.
- [3] IPLANCE - Fundação Instituto de Planejamento do Ceará. 1997. Atlas do Ceará. Governo do Estado do Ceará, Secretaria do Planejamento e Coordenação - SEPLAN. 65p.
- [4] PONTE, F. C. & APPI, C. J. 1990. Proposta de revisão da coluna litoestratigráfica da Bacia do Araripe. In: SBG. Congresso Brasileiro de Geologia, 36. Natal, Anais, 1:211-226.