

AS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DO CRAJUBAR, REGIÃO DO CARIRI - ESTADO DO CEARÁ - BRASIL

Liano Silva Veríssimo¹ & Itabaraci Nazareno Cavalcante²

Resumo - Este trabalho apresenta os dados sobre qualidade e uso das águas subterrâneas, na região do CRAJUBAR (termo utilizado pelos habitantes para designar a área limítrofe dos três mais importantes municípios da região: Crato, Juazeiro do Norte e Barbalha), situada ao sul do estado do Ceará, Nordeste do Brasil. A geologia da área é constituída por rochas cristalinas e sedimentares formadas a partir do Mesozóico. Foram individualizadas três unidade hidro-estratigráficas para captação de água subterrânea, identificadas por elementos físicos (permeabilidade, transmissividade) e litotipos predominantes. As águas subterrâneas apresentam as seguintes características médias: dureza - 91,0 mg/L de CaCO₃, condutividade elétrica medida em 143 poços tubulares, 294 µS/cm. Em 84 medidas de pH, a média de 6,8 com tendência a um caráter levemente ácido, enquanto o STD apresenta um valor de 134 mg/L. São águas predominantemente bicarbonatadas (24 amostras), seguida das mistas (7 amostras) e cloretadas(4 amostras). Os resultados das análises indicam que 100% são de boa potabilidade para consumo humano. Foi identificada a presença de bactérias do tipo Escherichia coli e Klebsiella Sp, em 9 de 10 análises bacteriológicas. Em 341 poços identificados, 81% (278) são utilizados para uso múltiplo (abastecimento humano, lazer, jardinagem), 12% (41) na agricultura e 6% (21) na indústria. Existem 51 poços tubulares em atividade para o abastecimento da população urbana dos três municípios, produzindo 4.369,16 m³/h e consumo "per capita" oscilando entre 318 e 370 L/hab./dia, com média de 340 L/hab./dia.

Palavras-chave - água subterrânea, hidroquímica, abastecimento público

¹ Serviço Geológico do Brasil - CPRM – Fortaleza Rua Andrade Furtado 45 / 302 – Papicu - Fortaleza/CE - cep: 60070.190 - Brasil - onail@secrel.com.br

1. INTRODUÇÃO

A saúde das pessoas está diretamente associada à qualidade da água consumida. Estudos da Organização das Nações Unidas - ONU (Agenda 21, 1992), calculam que cerca de 80 % das doenças nos países em desenvolvimento são transmitidas pela água contaminada. A importância de um maior conhecimento da qualidade das águas de uma região, constitui-se num mecanismo para caracterizá-las quanto à potabilidade e direcionamento de usos (doméstico, industrial e agropecuário).

O área do CRAJUBAR, situa-se na bacia do Araripe, região do Cariri, onde estão os melhores aquíferos do estado do Ceará, com as maiores reservas de água subterrânea, quase sempre de boa qualidade, abastecendo os três municípios, através de poços tubulares e/ou fontes. O termo CRAJUBAR, utilizado pelos habitantes da região, serve para designar a área limítrofe dos três mais importantes municípios que são: Crato (CRA), Juazeiro do Norte (JU) e Barbalha (BAR).

O abastecimento público de água nas cidades de Juazeiro do Norte e Barbalha é feito através de água subterrânea, complementado por fontes no município do Crato; contando com 74.139 ligações e uma oferta d'água de 4.369 m³/h.

Este trabalho mostra a situação atual das águas subterrâneas na região do CRAJUBAR, através dos dados obtidos pelo levantamento hidrogeológico, análises físico-químicas e bacteriológicas e uso das águas, caracterizando-as quanto à composição química, potabilidade, uso para irrigação e usos domésticos, industrial e agropecuário.

2. LOCALIZAÇÃO E ASPECTOS GEOAMBIENTAIS

A área de estudo está localizada na parte Sul do estado do Ceará a 538 km de Fortaleza, entre as coordenadas 07^o 10' e 07^o 25' S, 39^o 10' e 39^o 30' W Gr (Figura 1), englobando parte dos municípios de Barbalha (158 km²), Crato (158 km²) e Juazeiro do Norte (94 km²), perfazendo 410 km².

A geologia é constituída por rochas do Embasamento Pré-cambriano e rochas sedimentares formadas a partir do Mesozóico, representadas pela Formação Mauriti (*Siluro-Devoniano*); Grupo Vale do Cariri [formações Brejo Santo e Missão Velha] (*Jurássico*); Formação Abaiara, Grupo Araripe [formações Rio da Batateira, Santana,

² Prof. do Departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará - Rua Conselheiro Galvão, 80 – Bl 1 – 102 – Maraponga. Fortaleza/CE -cep: 60710.100 – Brasil – ita@fortalnet.com.br

Arajara e Exu] (Cretáceo), e Depósitos Cenozóicos; coberturas e aluviões (Terciário/Quaternários).

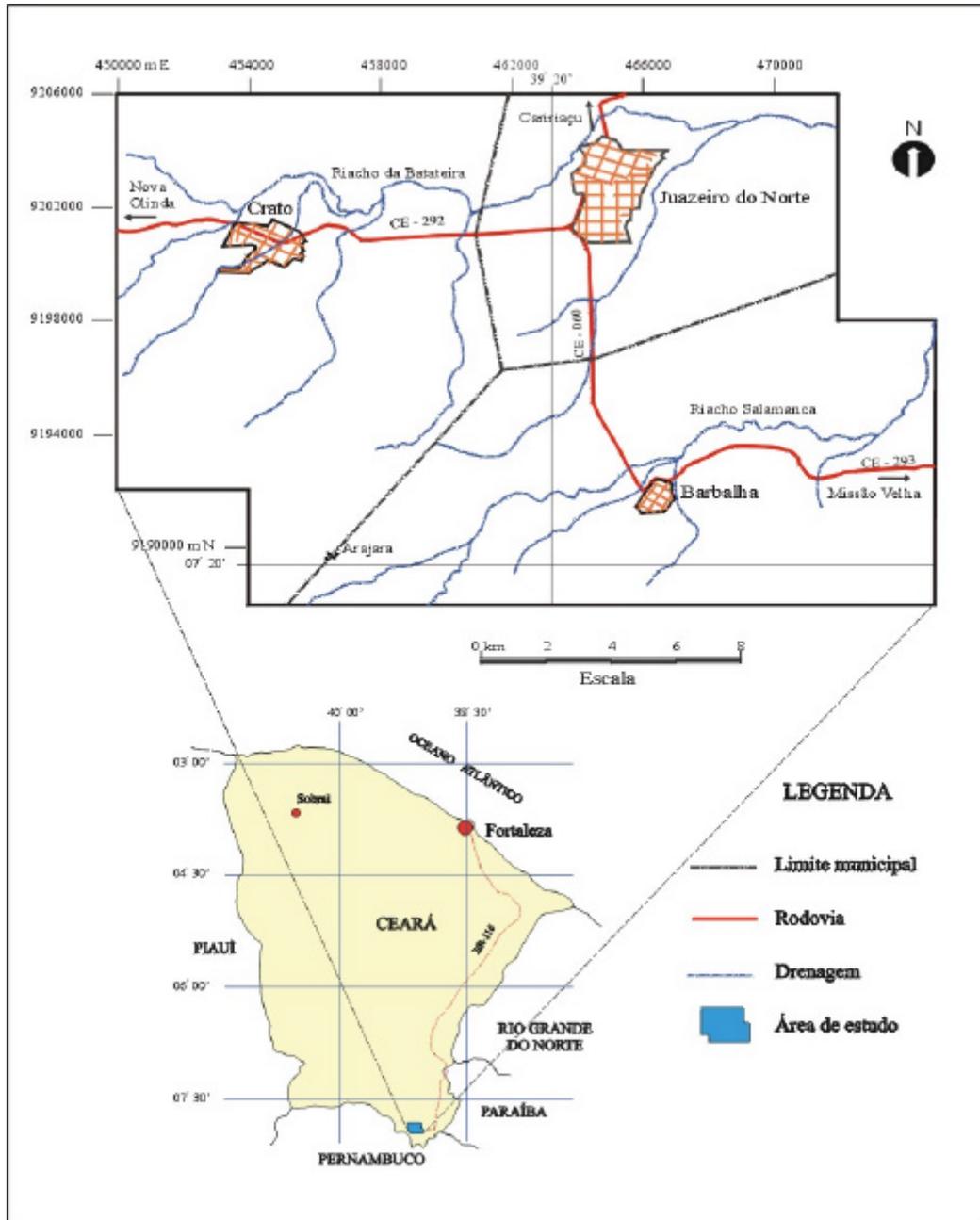


Figura 1- Localização da área de estudo

O clima é o semi-árido, com a pluviosidade identificada por dois períodos, um seco, com precipitação entre 2,5 a 75,5 mm e outro com chuvas entre 109 a 250 mm. O período seco tem uma duração variável de 4 a 6 meses, e o úmido tem chuva entre 7 a 8 meses (dezembro a maio). A média anual das temperaturas médias e da umidade relativa do ar é de 25,5 °C, e 63,8%, respectivamente. A insolação é de 2.848 horas e a evaporação,

registra um valor anual da ordem de 2.288 mm, com máxima em setembro (292,8 mm) e mínima em abril (100,5 mm).

Duas feições constituem o relevo na área: um planalto sedimentar da chapada do Araripe e uma superfície semiplana a ondulada, que representa o vale do Cariri.

A hidrografia na região do Cariri é identificada pela ausência de rios na chapada e por rios na planície alimentados pelas fontes. A drenagem superficial é formada pelos rios Batateira, Granjeiro, Salgadinho e Carás, na região compreendida entre Crato e Juazeiro do Norte, e rios Salamanca e Santana em Barbalha.

Os solos na área de estudo (*Latossolo Vermelho-Amarelo*, *Álico Podzólico Vermelho-Amarelo Eutrófico*, *Aluviais Eutróficos* e *Litólicos Eutróficos*), são propícios para irrigação sob o ponto de vista físico, entretanto alguns desses solos apresentam problemas químicos, que são facilmente solucionados com adubação.

Quatro tipos de vegetação constitui a região do Cariri: *Floresta Subperenifólia Tropical Plúvio-Nebular* (Mata Úmida), *Floresta Subcaducifólia Tropical Pluvial* (Mata Seca), *Floresta Caducifólia Espinhosa* (Caatinga Arbórea) e *Floresta Subcaducifólia Tropical Xeromorfa* (Cerrado).

3. METODOLOGIA DE TRABALHO

Nos os órgãos públicos e privados, foi realizado um levantamento bibliográfico e um cadastro das fichas técnicas dos poços e análises d'água.

Foram levantadas no cadastramento 34 análises físico-químicas e 03 bacteriológicas e, em etapa de campo realizada durante o trabalho, coletou-se 20 amostras de água para análises físico-químicas e 10 dessas para análise bacteriológica. As análises foram realizadas pelo Laboratório Central da Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE. Após os resultados foi feito o balanço iônico das 54 análises, para verificação da sua validade, sendo utilizadas nesse trabalho, aquelas cujo erro foi de até 13 %,., restando apenas 35 análises. Para a coleta das 20 amostras foi considerado alguns critérios como: poços públicos, distribuição espacial, existência de perfis técnicos-construtivos e geológicos e a proximidade de prováveis fontes poluidoras. As amostras foram coletadas diretamente da boca do poço, antes de cair no reservatório, em garrafas plásticas cedidas pelo laboratório, que depois eram hermeticamente fechadas e rotuladas. Na etapa de campo quando possível, eram realizadas medidas de condutividade elétrica (condutímetro marca *CORNING PS-17*), temperatura (termômetro de louça) e de pH (*CORNING PS-30 pH meter*) das águas nos pontos visitados.

O catálogo das análises contou com uma relação final de 35 análises físico-químicas, contendo dados sobre 10 íons (Na^+ , K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , Fe^{++} , HCO_3^- , CO_3^- , SO_4^- , Cl^- , NO_3^-), STD, dureza, condutividade elétrica e pH.

Foram inventariados 548 poços tubulares que constitui o cadastro de poços assim distribuídos: 139 (25,2%) em Barbalha, 174 (32%) no Crato e 235 (42,8%) em Juazeiro do Norte, observando-se uma densidade de 1,3 poço/km² para a área de 410 km². Mais de 96% dos poços apresentam dados completos quanto a identificação; 84% apresentam dados completos de características técnicas; 96% apresentam dados de profundidade, e 89% apresentam dados de vazão.

4. HIDROGEOLOGIA

Considerando as características hidrogeológicas das formações geológicas, pode-se individualizar três unidade hidro-estratigráficas para captação de água subterrânea, identificadas por elementos físicos (permeabilidade, transmissividade) e litotipos predominantes:

- **Unidade hidro-estratigráfica 1** - Constitui-se das aluviões e das coberturas arenosas e areno-argilosas, com permeabilidade de média a alta e potencialidade hídrica média. As aluviões ocorrem na parte norte e sul da área, com direção leste-oeste, abrangendo uma área de 61,5 km². Sua expressão maior está nas margens dos rios Batateira e Salamanca, ambas variando entre 1 a 2 km² de largura. Tem alimentação direta das águas das chuvas e dos rios influentes. É comum a construção de poços amazonas para serem utilizados na irrigação de cana-de-açúcar nestas aluviões. As coberturas arenosas e areno-argilosas ocorrem por toda a parte central da área, abrangendo 97 km². Tem como função principal realimentar os aquíferos subjacentes. Situam-se, predominantemente, entre as cotas 440 a 480 metros. As aluviões e coberturas constituem-se na alternativa mais barata em termos de captação de água, onde os poços são construídos manualmente. São de pequena profundidade (< 10 m) e grandes diâmetros, a exemplo o poço “Oásis” situado no local denominado Estrela, município de Barbalha, com 20,5 metros de diâmetro, 8,0 metros de profundidade e 3,0 metros de lâmina d’água.
- **Unidade hidro-estratigráfica 2** - Apresenta litotipos de média permeabilidade e pequena potencialidade hídrica (siltitos e arenitos finos), constituída pelas

formações Exu e Arajara, com 37,0 km² de exposição. Especialmente, esta unidade ocorre na porção sudoeste, oeste e noroeste da área. A Formação Exu constitui o topo da chapada, com altitudes entre 900 a 960 m. A Formação Arajara ocorre bordejando o sopé da chapada, com cotas variando entre 760 a 90 m. A alimentação é realizada pelas águas das chuvas, onde a ausência de drenagem é marcante no topo da chapada, com um solo é muito arenoso e poroso, não permitindo a formação de uma boa drenagem. Como descarga têm-se basicamente, as centenas de fontes, exutórios naturais formados a partir da infiltração de água no topo da chapada, que desce por gravidade até o contato com a Formação Arajara de caráter argilosa.

- **Unidade hidro-estratigráfica 3** - Esta congrega as formações que apresentam uma elevada permeabilidade e grande potencialidade hídrica subterrânea (arenitos grosseiros a médios, micáceos) sendo constituída pelas formações Rio da Batateira e Mauriti (aflorantes) e Abaiara e Missão Velha em subsuperfície. É responsável pelo abastecimento público das populações de vários municípios, dentre eles Barbalha, Crato e Juazeiro do Norte. Ocorre na área de estudo abrangendo 179,5 km² distribuída no planalto sertanejo, aflorando nas porções nordeste, noroeste e sul. A alimentação é feita diretamente nas áreas aflorantes, pelas águas da chuva e, através de infiltração de águas dos rios influentes, alimentados pelas fontes. Constitui-se como exutórios os rios efluentes, uma pequena parcela na evapotranspiração e a exploração de poços. Nos rios ocorre no período de estiagem, através de infiltração inversa, ou seja, quando o rio se torna influente, podendo isso ser comprovado através do rebaixamento de nível estático, observado nos poços da região. Considerando como volume de descarga o mesmo que o de recarga, o volume final de descarga seria a recarga menos o volume explorados nos poços situados na área.

Existe uma unidade constituída pelas formações Santana e Brejo Santo, sem vocação hídrica, sendo considerada um aquíclode. Entretanto, possui uma certa importância no contato com a formação superior, para a formação das nascentes (fontes) na chapada do Araripe.

5. CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

As análises físico-químicas foram interpretadas através da utilização de *Software* (*Excel, Surfer 7 e Corel Draw 8*), e de diagramas específicos como *Piper, Schoeller & Berkaloff e U.S. Salinity Laboratory Staff*) onde foram plotados os resultados das análises e classificação iônica. Os resultados das análises são mostrados na Tabela 1.

Tabela 1 - Relação das análises físico-químicas das águas subterrâneas do CRAJUEAP, região do Cariri, Ceará

Nº	Nº do poço	Município	Na ⁺	K ⁺	Mg ⁺⁺	Ca ⁺⁺	Cl ⁻	SO ₄ ⁻	NO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	Mn	Fe	Al	O ₂	Dureza	STD	pH	Cond. μ S/cm
1	P-4	Barbalha *	9,9	4,6	20,9	30,4		17,0	2,2	165,0	0,03	0,09	0,02	0,5	163	199	7,4	383
2	P-5	Barbalha	7,0	4,0	5,3	12,0	6,0	8,6	2,2	48,0	2,54				51	56	6,9	108
3	P-14	Barbalha	10,0	5,0	13,0	32,0	18,3	37,0	15,0	90,0					135	167	7,2	320
4	P-15	Barbalha	17,0	12,0	20,6	45,6	43,0	61,7	9,8	76,0		0,51			198	243	6,8	466
5	P-26	Barbalha	49,1	1,0	18,9	36,7	9,7	51,7	1,0	239,0		0,20			168	234	7,1	450
6	P-55	Barbalha	24,0	4,0	23,0	33,6	40,0	30,4	3,1	120,0		1,84			178	211	7,0	406
7	P-59	Barbalha	14,1	3,1	7,2	9,6	5,0	3,1	5,1	71,0	0,03	0,51	0,02	1,5	54	85	7,8	163
8	P-91	Barbalha	43,0	5,0	10,4	13,5	20,1	47,0	30,9	89,1		0,02			77	182	6,4	350
9	P-105	Barbalha *	4,1	6,8	5,0	2,8	10,0	1,1	5,0	22,0	0,02	0,03	0,02	1,5	28	49	7,1	94
10	P-115	Barbalha	9,3	1,0	16,5	15,2	15,7	63,4	1,0	76,4		0,70			106	127	6,7	244
11	P-190	Crato	7,0	5,0	5,4	97,4	24,0	32,0	20,0	230,0					265	286	7,0	550
12	P-242	Crato	2,5	10,0	10,5	6,7	33,0	5,0	25,0	5,9		0,06			60	78	5,2	150
13	P-248	Crato	24,0	7,0	5,0	2,2	15,6	18,0	3,1	53,4		0,02			21	89	6,2	170
14	P-262	Crato	10,0	10,0	20,9	10,5	30,2	21,0	27,2	55,4					112	146	6,4	280
15	P-267	Crato	3,4	3,1	17,5	15,6	11,0	3,3	5,3	107,0	0,02	0,03	0,02	3,2	112	130	8,1	249
16	P-268	Crato	2,5	3,0	16,8	15,0	11,9	8,0	5,0	97,4		0,07			107	141	7,0	270
17	P-269	Crato *	7,4	9,4	4,6	6,8	38,0	0,5	4,5		0,02	0,03	0,02		36	105	7,1	202
18	P-272	Crato	4,4	6,4	11,5	14,8	15,0	1,2	1,8	88,0	0,02	0,03	0,03	0,5	85	111	8,0	213
19	P-275	Crato	7,4	5,5	7,2	9,6	29,0	1,8	1,4	36,0	0,04	0,05	0,01		54	96	7,7	184
20	P-276	Crato	5,0	7,0	5,0	10,3	12,8	29,0	0,9	25,7		0,12			47	73	6,5	140
21	P-280	Crato *	10,5	5,5	15,6	15,6	15,0	8,8	8,1	81,0	0,03	0,06	0,02		104	135	7,9	259
22	P-284	Crato	8,1	6,7	6,6	13,6	8,0	16,3	1,1	69,1		0,03			62,1	121	6,1	165
23	P-317	Juazeiro	9,8	1,0	8,5	13,6	12,4	11,0	16,8	78,9		0,20			69	46	6,5	89
24	P-346	Juazeiro *	30,3	5,5	23,5	48,0	25,0	13,1	4,2	291,0	0,02	0,03	0,01		218	281	8,1	539
25	P-353	Juazeiro	8,0	7,0	6,8	14,9	10,0	15,0	18,0	51,3		0,01			65	89	6,3	170
26	P-357	Juazeiro *	3,4	4,2	5,8	10,8	11,0	3,8	5,8	35,0	0,58	1,47	0,03	7,5	51	70	7,2	134
27	P-359	Juazeiro	9,0	7,0	8,2	19,2	17,0	20,0	17,0	54,0		0,01			82	115	6,2	220
28	P-365	Juazeiro	10,0	7,0	9,0	18,7	15,5	20,0	17,0	67,3		0,01			84	120	6,3	230
29	P-368	Juazeiro	6,0	15,0	6,3	6,0	25,8	20,5	0,0	19,0		0,02			41	109	5,3	195
30	P-370	Juazeiro *	7,6	10,5	5,0	1,6	15,0	0,5	0,8	40,0	0,02	0,03	0,02		25	58	7,0	112
31	P-397	Juazeiro	3,1	5,0	4,3	11,2	6,4	6,6	4,9	43,0	0,10	0,22	0,02	4,0	46	60	7,2	116
32	P-418	Juazeiro	136,3	1,0	8,7	32,7	21,7	132,1	1,0	241,5		0,30			46	328	8,4	630
33	P-451	Juazeiro *	6,5	8,3	11,8	5,6	27,0	0,8	3,1	50,0	0,02	0,03	0,02		63	105	7,1	202
34	P-458	Juazeiro	10,0	1,2	9,5	15,0	19,3	37,0	11,9	33,7		0,01			77	104	6,7	200
35	P-548	Juazeiro	18,7	1,0	16,0	13,2	24,9	11,0	1,1	139,6		0,20			98	123	7,6	237

Fonte: VERÍSSIMO, 1999

Nº.: ordem; Cond.: condutividade; STD: Sólidos totais dissolvidos (*) análises bacteriológicas

A dureza da água produzida pela concentração do cálcio e magnésio, é demonstrada pela quantidade de sabão necessária para que se produza espuma. O valor médio das 35 amostras é de 91,0 mg/L de CaCO₃, não produzindo nenhum problema para a utilização no abastecimento público, mas com restrições para indústria. Enquadra-se no tipo de água “*pouco dura*”, segundo a classificação de CUSTÓDIO & LLAMAS (1983). As águas nos três municípios apresentam padrões semelhantes, oscilando de “*branda*” a “*muito dura*”, com valores entre 21 e 265 mg/L de CaCO₃ (Quadro 1).

Tipo (*)	Teor de CaCO ₃ (*)	No. de Amostras	Frequência Relativa (%)
	(<i>nS/cm</i>)		
Branda	< 50	8	23
Pouco dura	50 - 100	15	43
Dura	100 - 200	10	28
Muito dura	> 200	2	6
Total		35	100

(*) Fonte: Custodio & Llamas, 1976

Quadro 1. Classificação das águas subterrâneas da área de estudo segundo a dureza

Os valores dos Sólidos Totais Dissolvidos (STD) estão entre 46 e 328 mg/L, com um valor médio de 134 mg/L, dentro dos padrões de água potável, que é de até 500 mg/L.

Os valores da condutividade elétrica (capacidade de uma substância conduzir a corrente elétrica) das águas de 143 poços tubulares, indicam que 88% (126) situam-se abaixo de 500 *nS/cm* a 25 °C, dentro dos padrões admissíveis para água potável. O valor médio é de 294 *nS/cm*, variando entre 40 e 1.305 *nS/cm* (Figura 2).

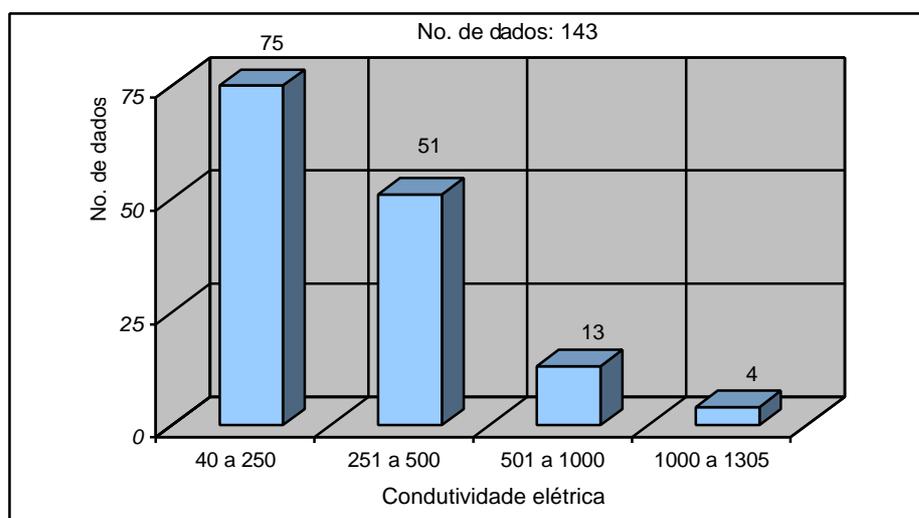


Figura 2. Distribuição dos valores de Condutividade Elétrica (mS/cm a $25\text{ }^{\circ}C$) das águas subterrâneas do CRAJUBAR, região do Cariri, Ceará

Os valores mais altos estão localizados nas águas subterrâneas dos poços no município de Juazeiro do Norte. Pode-se associar este fato a uma concentração maior de íons cátions nessas águas, devido estarem situadas em áreas de condicionamento.

O pH reflete a concentração do hidrogênio na água ou solução, sendo controlado pelas reações químicas e pelo equilíbrio entre os íons presentes, expressa em moles de íons de hidrogênio por litro de solução. Dentro do universo de 84 medidas de pH, os valores oscilam entre 5,0 a 8,4 onde 39 (46,4%) apresentam um caráter ácido, 28 (33,3%) neutro e os 17 (20,3%) restantes refletem o caráter básico (Figura 3). O valor médio é de 6,8 com tendência a um caráter levemente ácido, porém ainda aceitável pelos padrões recomendados pela Organização Mundial de Saúde - OMS (6,8 a 8,6).

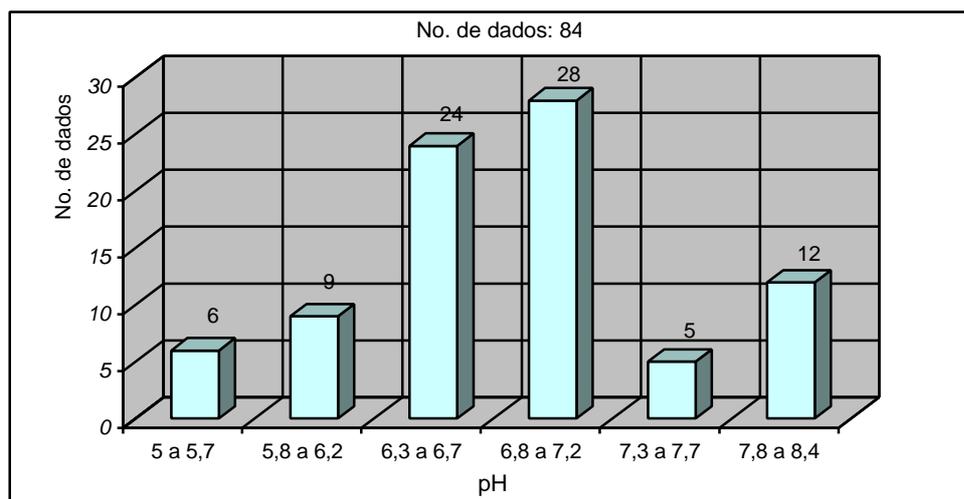


Figura 3. Distribuição dos valores de pH das águas subterrâneas do CRAJUBAR, região do Cariri, Ceará

➤ CLASSIFICAÇÃO IÔNICA

No universo de 35 análises, foram identificadas diferentes classes e tipos predominantes de águas existentes nos aquíferos da região, sendo observado a seguinte relação iônica entre ânions e cátions: $rHCO_3^- > rSO_4^{++} > rCl^-$ e $rMg^{++} > rCa^{++} > rNa^+$. Existe uma predominância da classe bicarbonatada, seguida da cloretada e sulfatada (Figura 4 e Tabela 2). A presença maior de bicarbonatos sobre os outros ânions é característica de águas continentais e aquíferos sedimentares.

Na classe de águas bicarbonatadas, predomina o tipo magnesiana, seguida pela cálcica. Existe uma concentração maior dessa classe nos municípios de Juazeiro do

Norte e Barbalha. Os valores médios dos STD e pH são de 141 mg/L e 7,2 respectivamente. Quanto à dureza, 62% são classificadas como "branda" a "pouco_dura".

As águas cloretadas representam 11,5% das amostras analisadas, revelando o caráter dos sedimentos pobres em cloretos e sulfatos. Neste tipo existe uma predominância do tipo magnesiana detendo maior representatividade.

Tipo	Município			No. de Amostras	Frequência Relativa (%)
	Barbalha	Crato	Juazeiro do Norte		
Águas bicarbonatadas				24	68,5
Sódica	3	1	2	6	(25)
Magnesiana	3	4	3	10	(41,5)
Cálcica	2	2	4	8	(33,5)
Águas cloretadas				4	11,5
Sódica	-	-	1	1	(25)
Magnesiana	-	3	-	3	(75)
Águas mistas				7	20,0
Magnesiana	1	1	1	3	(43)
Cálcica	1	1	2	4	(57)
Total de amostras	10	12	13	35	100

Fonte: VERÍSSIMO, 1999 (modificado)

Tabela 2. Classificação iônica por município das águas subterrâneas do CRAJUBAR, região do Cariri, Ceará

A águas mistas constituem 20% das amostras analisadas, com representatividade maior para a do tipo cálcica (57%). A concentração média do STD é 197 mg/L e do pH é 6,5 (pouco ácido). Os valores de dureza identificam que 66% são classificadas como "branda" a "pouco dura". Existe uma concentração maior dessa classe nos municípios de Juazeiro do Norte e Barbalha.

6. QUALIDADE E USO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

A qualidade de uma água fica definida por sua composição e o conhecimento dos efeitos que cada um dos elementos pode causar no metabolismo humano ou animal e meio ambiente, permitindo estabelecer as possibilidades de sua utilização e uma

classificação de acordo com padrões e/ou normas técnicas, bem como direcionar usos, tais como para consumo humano, agrícola, indústria, animal, etc.

➤ CONSUMO HUMANO

A água potável é aquela que pode ser consumida pelo homem e que não venha prejudicar sua saúde, sendo de boa qualidade e sabor agradável. Essas características são determinadas através de análises físico-químicas e bacteriológicas.

A interpretação dos resultados das análises indicaram que 100% (35) delas possuem boa potabilidade, situando-se dentro dos padrões adotados pelo Ministério da Saúde no Brasil e pela Organização Mundial de Saúde - OMS.

A presença de ferro (Fe) nas águas dos poços localizados nos municípios de Barbalha e Juazeiro do Norte é significativa, com valores de 1,87 e 1,47 mg/L respectivamente, quando o valor máximo permissível pela (OMS) é de 0,3 mg/L. O ferro contido na água causa mancha nas roupas, incrustações nas tubulações, nos filtros dos poços e no sistema de bombeamento. A origem deste elemento na área pode estar vinculada à mineração, nível laterítico ou à da disposição do vinhoto (vinhaça) da cana-de-açúcar, prática comum na região.

Foi constatado um elevado teor de manganês (Mn) em um poço de Barbalha e outro em Juazeiro do Norte, com valores de 2,54 e 0,58 mg/L respectivamente, acima do valor máximo permissível pela (OMS) que é de 0,1 mg/L. Sua presença na água produz manchas pretas ou marrons nas roupas e pode causar sérios problemas ao sistema de bombeamento. Não existem indícios deste elemento a nível regional, e este fato pode estar correlacionado a alguma ocorrência mineral que tenha este elemento em sua composição, ou associada à irrigação da cana-de-açúcar.

A água de boa qualidade não deve ter nenhuma concentração de coliformes fecais, pois a sua presença constitui uma indicação de poluição decorrente da ausência de saneamento básico, podendo causar diversas doenças de veiculação hídrica, tais como febre tifóide, disenterias amebianas e cólera, dentre outras.

Objetivando a avaliação da potabilidade a nível bacteriológico, das águas na área, foram efetuadas dez (10) análises bacteriológicas, cujos os resultados indicaram a presença de bactérias do tipo *Escherichia coli* e *Klebsiella Sp.* (Tabela 3)

Município	Nº de análises	Tipo de bactérias	Concentração (NMP/100 mL)
Crato	1	E. C.	2.419,0
	1	Kleb.	6,3
Juazeiro do Norte	1	-	negativo
	1	E. C.	15,8
	4	Kleb.	8,5 a 435,2
Barbalha	2	Kleb.	8,6 a 38,2
Total	10		

Obs.: E.C. = *Escherichia coli* Kleb. = *Klebsiella Sp.* Data da coleta: Jan/99
 Fonte: VERÍSSIMO, 1999 (modificado)

Tabela 3. Análises bacteriológica das águas subterrâneas do CRAJUBAR, região do Cariri, Ceará

➤ INDÚSTRIA

A utilização da água na indústria pode ser de três maneiras: como matéria-prima, para refrigeração e para lavagem, tendo cada uma suas próprias especificações e critérios. Os parâmetros principais que devem ser observados constam no Quadro 2, sendo o ataque químico (corrosão/incrustação) o que mais prejudica as indústrias.

Tipo de Indústria	Dureza	Alcalinidade	STD	NO ₃	Ca	Fe	Mn	Cl	SO ₄	pH
	(mg/L CaCO ₃)		(mg/L)							
Curtume	50	135	-	-	-	0,2	0,2	-	100	8
Têxtil	50	-	-	-	10	0,25	0,25	100		
Cervejaria	50	75	1.000	10	200	0,1	0,1	100		7
Sucos refrigerantes	25	128	850	-	-	0,2	0,2	250	250	
Laticínios	180	-	< 500	30	-	0,3	0,1	30	60	
Ind. Açucareira	30 - 100	-	-	-	20	0,1				
Água de refrigeração	50	-	-	-	-	0,5	0,5	-	-	-
Ind. de conservas	50 - 80	80 - 150	850	15	500	0,2	0,2			7,5
Ind. de Papel	100	200	200	-	-	0,1	0,05	75		

Fonte: MATHESS, 1982; DRISCOLL, 1986; SZIKSZAY, 1993 *apud* SANTOS, 1997

Quadro 2. Critérios de qualidade da água para indústrias – valores limites

➤ IRRIGAÇÃO

A água de irrigação está sujeita a diferentes fenômenos, como evaporação, infiltração no solo, absorção pelas plantas e infiltração para a zona de saturação; além disso, é preciso considerar vários fatores, tais como a salinidade da água, tipo de solo, de cultura e do método de irrigação a ser utilizado. Uma irrigação mal distribuída e utilizada diminui a produção agrícola, justificando assim, que não basta só ter água, mas também é necessário conhecer técnicas de irrigação.

Para o cálculo do tipo de água para irrigação, foi utilizado o modelo do *U.S. Salinity Laboratory Staff*, que consta de um gráfico semi-logarítmico, onde na abcissa localiza-se a condutividade elétrica da água a 25°C e, na ordenada, o SAR (*Sodium Adsorption Ration*).

São águas do tipo C_1-S_1 , (62,8%) com predominância no município de Juazeiro do Norte, identificando um baixo risco de salinidade, com valores do SAR entre 0,14 a 2,1; ou seja, enquadrando-se na faixa de baixo risco de sódio, podendo ser usada para irrigação em muitos tipos de lavouras e diferentes tipos de solos. Os 37,2% restantes das amostras são do tipo C_2-S_1 , enquadradas como de médio risco de salinidade e baixo risco de sódio, com valores do SAR entre 0,02 a 5,41 (Tabela 4). São águas que podem ser utilizadas para irrigação, em grande parte dos tipos de solos e em plantas com uma tolerância salina.

Tipos	Município			No. de Amostras	Frequência Relativa (%)
	Barbalha	Crato	Juazeiro do Norte		
$C_1 - S_1$	04	07	11	22	62,8
$C_2 - S_1$	06	05	02	13	37,2
Total	10	12	13	35	100,0

Tabela 4 - Classificação das águas subterrâneas para irrigação do CRAJUBAR, região do Cariri, Ceará

Consumo animal

O limite de potabilidade das águas subterrâneas para consumo animal é mais flexível do que o indicado para o uso do homem, e se baseia nos valores de resíduo seco. Esses limites variam, para diferentes tipos de animais, oscilando de 2.860 a 10.000 mg/L para aves e carneiros, respectivamente (Logan, 1965). Os resultados indicaram que 100%

das águas atendem perfeitamente aos padrões, não existindo restrições para o consumo animal.

7. USO

Através do cadastro de poços, foram identificados 487 poços quanto a situação (em uso, abandonado, parado, não instalado), verificando-se 150 poços abandonados, dos quais 63,3% pertence ao município de Juazeiro do Norte e Barbalha possuindo o melhor aproveitamento de poços na relação “em uso X abandonado”, com 13 por 1.

Do conjunto de 341 poços, 6% (21) são utilizados na indústria, onde 95% utilizam água subterrânea para seu consumo e uso humano que produzem 186,5 m³/h, ou seja, 805.000 m³/ano, e os 5% restantes utilizam água das fontes,

São 12% (41) os poços utilizados na irrigação, usados principalmente na cultura de cana-de-açúcar, através de aspersores, produzem 1.981 m³/h, ou seja, 8,5x10⁶ m³/ano. Embora a Usina Manuel Costa Filho, situada no município de Barbalha, tenha paralisado suas atividades desde novembro/98, segundo os dados das fichas de 19 poços, eram explotados 889 m³/h ou seja, 1,92x10⁶ m³/ano, considerando-se um regime de 8 h/dia, durante os 9 meses do verão

Para usos múltiplos (abastecimento humano, jardinagem, limpeza, lazer, animais), foram identificados 279 (81%) distribuídos em dois tipos: público (prefeituras e companhias de abastecimento) e privado, produzindo 124.584 e 22.039 m³/dia para um regime de 24 e 8 h/dia de bombeamento, respectivamente.

O sistema público de abastecimento tem origem nas águas subterrâneas, captadas pelos poços tubulares e nas fontes naturais, com o município do Crato destacando-se na utilização das fontes. Existem 51 poços tubulares em atividade para o abastecimento da população urbana dos três municípios (313.917 hab.), atendendo a 98% da população (307.612 hab.). Um número de 27 são gerenciados pela CAGECE, sendo 04 em Barbalha e 23 em Juazeiro do Norte; e os outros 22 poços são da responsabilidade do Sociedade Anônima de Água e Esgotos do Crato – SAAEC, no município do Crato (Tabela 5).

Município	Varição da profundidade (m)	Vazão média (m ³ /h)
Barbalha	102 a 163	72,3
Crato	60 a 130	97,2
Juazeiro do Norte	91 a 227	113,9

Tabela 5. Características da profundidade e vazão dos poços do sistema público de abastecimento de água nos municípios de Crato, Juazeiro do Norte e Barbalha

Adotando o regime de bombeamento utilizado pela CAGECE de 24h/dia, o consumo "per capita" oscila entre 318 e 370 L/hab./dia, com média de 340 L/hab./dia, bem acima do valor utilizado para projetos técnicos. (150 L/hab./dia). Isso vem reiterar a afirmação de BIANCHI *et al*, 1984 (*apud* CEARÁ, 1992), que estudando hidrogeologicamente 900 km² do Cariri Ocidental, na área dos municípios de Crato, Juazeiro do Norte, Barbalha e Missão Velha, mostrou a existência de uma exploração desordenada das águas subterrâneas, além do uso e ocupação do meio sem critérios técnicos específicos, podendo comprometer o potencial quantitativo e qualitativo das águas subterrâneas (Tabela 6 e Figura 5).

Sede Municipal	População (hab.)			Fontes de captação	Oferta d'água			Consumo "per capita" L/hab./dia (e=c/a)
	Urbana	Abastecida (a)	Atendida (%)		m ³ /h (b)	m ³ /dia (c=b*24)	m ³ /ano (d=c*360)	
Barbalha	26.917	21.773 ⁽¹⁾	81	4 Pt	289,3	6.943	2,4x10 ⁶	318
Crato	95.521	94.360 ⁽²⁾	98	24 Pt 02 Fontes	1.458,2	34.996	12,5x10 ⁶	370
Juazeiro do Norte	191.479	191.479 ⁽¹⁾	100	23 Pt	2.621,6	62.918	22,6x10 ⁶	328
Total	313.917	307.612	-	53 Pt	4.369,1	104.857	37,7x10 ⁶	340 (média)

Fonte: (1) CAGECE (1995); (2) SAAEC (1996) Pt = poço tubular

Tabela 6. O sistema público de abastecimento e o consumo "per capita" nos municípios da área de estudo

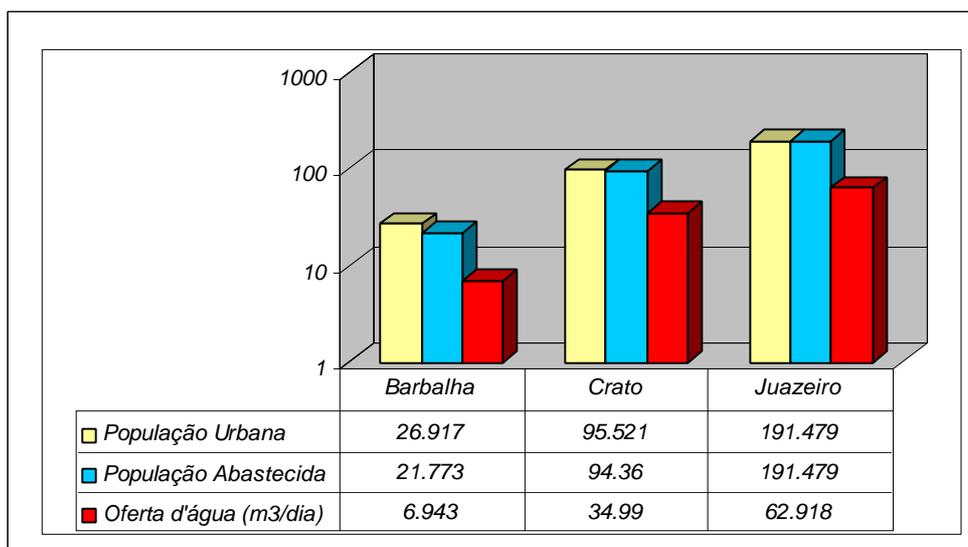


Figura. 5. Relação entre população urbana, população atendida e oferta d'água dos municípios de Crato, Juazeiro do Norte e Barbalha.

Embora exista uma maior oferta de água de que a demanda, ainda assim uma pequena parte da população (2%), não tem acesso à água, distribuída pela rede de abastecimento público, que são pessoas que habitam na periferia das sedes municipais, principalmente em Barbalha.

Adotando-se o consumo de 150 L/hab./dia, e considerando o volume de água aduzido para a população atendida (307.612 hab.), temos uma garantia de 100% no abastecimento (Tabela 7), ficando ainda disponível 58.714 m³/dia, ou seja, 21,1x10⁶ m³/ano, suficiente para atender uma cidade com mais de 390.000 habitantes.

Sede Municipal	População urbana (a)	Oferta d'água (b)	Consumo "per capita" (c)	População Abastecida (hab.) (d=b/c)	Água disponível	
		m ³ /dia	L/hab./dia		L/hab./dia (e=d- a)	m ³ /dia (f=c*e)
Barbalha	21.773 ⁽¹⁾	6.943	150	46.286	24.513	3.677
Crato	94.360 ⁽²⁾	34.996		233.306	138.946	20.841
Juazeiro do Norte	191.479 ⁽¹⁾	62.918		419.453	227.974	34.196
Total	307.612	104.857		699.045	391.433	58.714

Fonte: (1) CAGECE (1995); (2) SAAEC (1996)

Tabela 7. Oferta d'água considerando-se a taxa "per capita" de 150 L/hab./dia

Ressalta-se que, no cálculo não está computado o volume explotado de 216 poços privados em uso, que produzem 5.366 m³/h de vazão. Estimando-se para esses poços um regime de bombeamento de 8h/dia, obtém-se um volume de 42.928 m³/dia que, somado ao volume de oferta d'água para abastecimento público, é de 147.785 m³/dia, ou 53,2x10⁶ m³/ano.

8. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Dos 487 poços identificados quanto a sua situação atual (em uso, abandonado, parado, não instalado), cerca de 150 poços abandonados (63,3%) pertencem ao município de Juazeiro do Norte; com Barbalha possuindo melhor aproveitamento de poços na relação “em uso X abandonado”, com 13 por 1. O aproveitamento, de 341 poços estão assim distribuídos: 6,1% (21) indústria, 12% (41) irrigação e 81,8% (279) em uso múltiplos (abastecimento humano, jardinagem, limpeza, lazer, animais).

A qualidade físico-química das águas subterrâneas do CRAJUBAR, região do Cariri, no geral é boa, identificada por valores dentro dos padrões adotados internacionalmente. Foram determinados teores elevados ferro (Fe) e manganês (Mn) em alguns poços. Análises bacteriológicas indicaram presença de bactérias do tipo *Escherichia coli* e *Klebsiella Sp*, com concentrações de N.M.P. entre 6,3 a 2.419/100 mL. A maioria das águas (62,8%) são do tipo C₁-S₁, e o restante do tipo C₂-S₁.

A taxa média de consumo “per capita” para o sistema público de abastecimento de água nos três municípios é de 340 L/hab./dia, denotando valores bem acima do recomendado em projetos técnicos (150 L/hab./dia). Adotando-se uma taxa de abastecimento “per capita” de 150 L/hab./dia, considerando o volume de água aduzido pelo sistema, temos uma garantia de 100% no abastecimento, ficando ainda disponível um volume suficiente para abastecer uma cidade com mais de 390.000 habitantes. Porém não se observa um atendimento pleno da população, concluindo-se que existe uma taxa de perda considerável.

Recomenda-se: (1) a realização de estudos posteriores associados a potabilidade das águas, em função de serem observados íons e bactérias, a exemplo de NO₂, NO₃ e *Escherichia coli*; (2) estudo de planejamento e gestão integrada dos recursos hídricos, associados a uma política de uso racional e proteção, visando equacionar a oferta e demanda de água da região.

9. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- CEARÁ - 1992. *Plano estadual dos recursos hídricos* - Secretaria de Recursos Hídricos. Diagnóstico. v. 1, Fortaleza.
- CUSTODIO, E. & LLAMAS, M. R.- 1976. *Hidrologia subterrânea*. Ediciones Omega. Barcelona. v. 2, p. 1884-1896 il.
- LOGAN, J. – 1965. *Interpretação de análises químicas da água*. U. S. Agency for International Development. Tradução de Araknéa Martins de Lemos. Recife.
- VERÍSSIMO, L. S. - 1999. *A importância das águas subterrâneas para o desenvolvimento socioeconômico do eixo CRAJUBAR, Cariri Ocidental – Estado do Ceará*. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Ceará. Fortaleza.

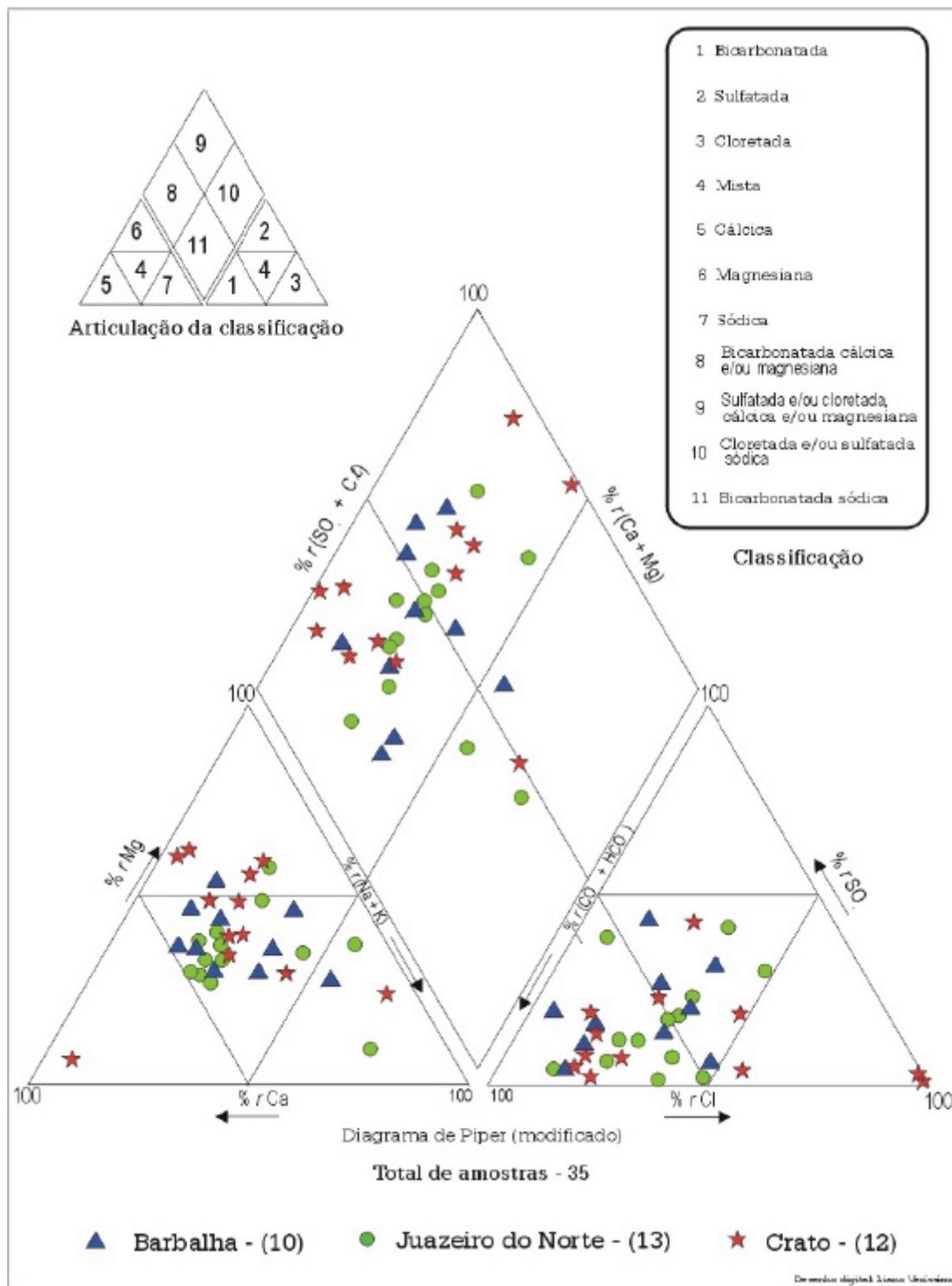


Figura 4. Facies químicas das águas subterrâneas do CRAJUBAR, região do Cariri, Ceará.