

HIDROGEOLOGIA DO MUNICÍPIO DE JUAZEIRO DO NORTE, ESTADO DO CEARÁ

Cícero Roberto Martins Lopes¹
Francisco Wladiston Cordeiro Dias¹
Itabaraci Nazareno Cavalcante²
Ana Katiúscia Pastana de Souza¹

RESUMO

Em Juazeiro do Norte/CE foi realizado um estudo hidrogeológico que caracterizou a ocorrência das águas subterrâneas, bem como utilizações e ofertas existentes no município.

A área está inserida na Bacia Sedimentar do Araripe com o embasamento representado pelo Grupo Cachoeirinha, do Proterozóico Médio, e pelos Granitóides do Proterozóico Superior. As unidades que compõem parte da seqüência estratigráfica da Bacia do Araripe, estão representadas na área pela Formação Mauriti (Siluro-Devoniano) e pelas rochas Juro-Cretácicas das formações Brejo Santo, Missão Velha e Rio da Batateira. O Cenozóico está representado pelas coberturas terció-quadernários e aluviões.

O principal sistema hidrogeológico é constituído pelo conjunto das formações Mauriti, Missão Velha e Rio da Batateira, que possui as melhores condições de exploração de água subterrânea e onde existe a maioria dos poços da área. Os dados hidrogeológicos revelam que o município pode ser totalmente abastecido por água subterrânea de boa qualidade físico-química sem o comprometimento de sua reserva permanente ($1,55 \times 10^9 \text{ m}^3$) mesmo com uma perspectiva de crescimento da população para os próximos 30 anos. Em termos iônicos predominam as águas do tipo bicarbonatada, com potabilidade dentro dos padrões exigidos para saúde e sem restrições para uso na irrigação.

1. INTRODUÇÃO

As águas subterrâneas constituem-se no principal patrimônio para a região sul do Estado do Ceará, onde estão localizadas cidades importantes em termos de desenvolvimento social, político e econômico, a exemplo de Juazeiro do Norte.

Juazeiro do Norte é totalmente abastecido por poços tubulares que captam água subterrânea de excelente qualidade físico-química. No entanto, a crescente ocupação urbana vem causando inúmeros problemas relacionados ao uso e ocupação do meio físico, podendo comprometer a qualidade da água e a saúde da população local. Com isso, tornou-se necessário uma avaliação abrangente da situação hidrogeológica da área.

1) Departamento de Geologia /UFC – Mestrando em Hidrogeologia.
 ciceroberito@bol.com.br / wladston.dias@zipmail.com.br / anapastana@bol.com.br

2) Departamento de Geologia /UFC – Doutor em Hidrogeologia ita@fortalnet.com.br

2. OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo o estudo hidrogeológico associado ao conhecimento das formas de uso e ocupação do meio físico, procurando caracterizar de forma quantitativa e qualitativa as águas subterrâneas, bem como utilizações e ofertas existentes visando ao atendimento da população do município de Juazeiro do Norte.

3. LOCALIZAÇÃO

O município de Juazeiro do Norte situa-se na região do Cariri, porção sudoeste do Ceará, limitando-se com os outros municípios da seguinte forma: ao norte com Cariri, a leste com Missão Velha, ao sul com Barbalha e a oeste com Crato. Compreende uma área de 219 km², localizada na Folha SB.24-Y-D-I (Crato) da SUDENE, sendo delimitada pelos paralelos 07°05'21" e 07°16'11" de latitude Sul e pelos meridianos 39°21'21" e 39°11'39" de longitude Oeste de Greenwich (Figura 01).

4. SÍNTESE GEOLÓGICA

No âmbito dos limites estabelecidos para Juazeiro do Norte, foi possível a identificação de dois grandes compartimentos geológicos/geotectônicos distintos: as rochas do Embasamento Pré-Cambriano e os sedimentos da Bacia do Araripe.

O Embasamento Cristalino é representado, seguindo a divisão proposta por Cavalcante (1983), em duas unidades distintas: Grupo Cachoeirinha (Proterozóico Médio – Pc), sendo representada por uma dominância de filitos, xistos e ardósias, seguidas de quartzitos micáceos, calciossilicáticas e metavulcânicas, e Granitóides (Proterozóico Superior – Ps) de composição granítica a granodiorítica intermediária, a base de plagioclásio, quartzo, feldspato potássico, biotita e hornblenda.

As rochas sedimentares mapeadas correspondem as unidades basais da Bacia do Araripe, de acordo com as idéias de Ponte & Appi (1990) e Ponte (1992). Desta forma, a unidade inferior da área é a Formação Mauriti (Siluro-Devoniano - arenito esbranquiçado a cinza, bem consolidado, quartzoso, de granulometria média a grossa, com grão sub-angulares, mal selecionados), seguida pelo Grupo Vale do Cariri que engloba as formações Brejo Santo (arenitos vermelhos com intercalações de arenitos finos, siltitos e argilitos estratificados, na base, e argilitos e folhelhos vermelhos e verdes) e Missão Velha (arenitos conglomeráticos, mal selecionados, de coloração creme a esbranquiçada), ambas do Jurássico Superior e, ainda, o Grupo Araripe que é representado na área pela sua formação inferior denominada Rio da Batateira (Cretáceo Médio - arenitos médios a grossos, bem friáveis, avermelhados, na parte inferior, variando, ao topo, para arenitos médios a finos, avermelhados, siltitos e folhelhos orgânicos na parte superior).

Além dessas, encontra-se, ainda, os Depósitos Cenozóicos recentes, relacionados as coberturas terció-quarternárias e as planícies aluviais.

5. SISTEMAS HIDROGEOLÓGICOS

De acordo com as características hidrogeológicas das diversas formações geológicas, baseando-se na classificação de Mont'Alverne *et al* (1996) e no trabalho de Veríssimo (1999), o município de Juazeiro do Norte apresenta quatro unidades hidro-estratigráficas, que aqui definiremos como sistemas hidrogeológicos sendo as mesmas, identificadas por parâmetros físicos (permeabilidade e transmissividade) e litotipos predominantes.

Sistema Hidrogeológico Aluviões/Coberturas (Qal/TQc) - constituído pelas aluviões e pelas coberturas arenosas e argilo-arenosas, apresentando permeabilidade de média a alta e potencialidade hídrica média. A profundidade dos poços nesse sistema é pequena, normalmente menores que 10 metros, e com grandes diâmetros chegando a 22 metros (poços amazonas).

Sistema Hidrogeológico Brejo Santo (Jbs) - apresenta uma predominância de litotipos de pequena permeabilidade (argilitos, folhelhos e arenitos argilosos) e pequena potencialidade hídrica, constituída pela Formação Brejo Santo. Aflora num pequeno trecho na parte central de Juazeiro do Norte, ocupando cerca de 8 km², com espessura em torno de 400 metros. Devido ao seu baixo potencial, o Sistema Hidrogeológico Brejo Santo é também considerado como um aquícluído, pois armazena e transmite água lentamente.

Sistema Hidrogeológico Mauriti, Missão Velha e Rio da Batateira (SDm/Jmv/Krb) - Trata-se do mais importante sistema hidrogeológico da área estudada, por apresentar uma elevada permeabilidade e grande potencialidade hídrica subterrânea. Esse aquífero é constituído pelas formações Mauriti, Missão Velha e Rio da Batateira, todas elas aflorantes no município de Juazeiro do Norte. É responsável pelo abastecimento da população local, já que a quase totalidade dos poços da área capta água desse aquífero. Ocorre na área abrangendo, aproximadamente, 110 km², aflorando nas porções leste, oeste, sul e central, correspondendo a, aproximadamente, 70 % do município. O aquífero Rio da Batateira, dentro do sistema, é o mais importante do ponto de vista de exploração de água, e a sua alimentação ou recarga, ocorre de três maneiras:

- Pela infiltração direta das águas pluviais nas áreas aflorantes, onde o aquífero é livre;
- Infiltrações verticais descendentes a partir do “freático” em zonas semi-confinadas;
- Vazamentos na rede de distribuição de água, esgoto e galerias pluviais, nas zonas onde o aquífero é livre.

Sistema Hidrogeológico Cachoeirinha/Granitóides (Pc/Ps) - é formado pela rochas cristalinas do Grupo Cachoeirinha e dos Granitóides, aflorando na faixa norte e na zona ligada a Serra do Horto. Sua porosidade primária é quase nula, conferindo-lhe uma permeabilidade extremamente baixa. Esse sistema é considerado como um aquífero somente nos locais em que a água é captada através das fraturas. De modo geral essa unidade é denominada de aquífugo.

6. ASPECTOS QUANTITATIVOS DAS ÁGUAS

O sistema hidrogeológico Mauriti, Missão Velha e Rio da Batateira é o mais relevante, em termos de exploração de água subterrânea, na área. Desta forma, os cálculos subsequentes foram feitos apenas para essa unidade aquífera, levando-se em consideração que o sistema se apresenta como aquífero livre, na sua maior parte, e confinado nos trechos em que a Formação Mauriti não aflora, situando-se sob a Formação Brejo Santo (camada selante).

Dessa forma, baseado nos dados apresentados na tabela 01, a reserva permanente foi calculadas em $1,55 \times 10^9 \text{ m}^3$ e reserva reguladora em $56,1 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$, sendo as reservas totais $1,61 \times 10^9 \text{ m}^3$.

Tabela 01 – Parâmetros de Cálculos das Reservas hídricas de Juazeiro do Norte – CE

Reserva Permanente		Reserva Reguladora	
Área de ocorrência / aquífero livre	$110 \times 10^6 \text{ m}^2$	Área do aquífero	$110 \times 10^6 \text{ m}^2$
Área de ocorrência / aquífero confinado	$79 \times 10^6 \text{ m}^2$	Varição média do nível de água	5,1 m/ano
Coefficiente de armazenamento	2×10^{-4}	Porosidade efetiva média	10%
Porosidade efetiva média	10%		
Espessura média / aquífero livre	140 m		
Espessura média / aquífero Confinado	66 m		

A potencialidade da área de estudo foi calculada com o limite de 10% da reserva permanente em 50 anos, isto é, 0,2% ao ano, durante 50 anos consecutivos, onde a potencialidade do sistema aquífero $[P = (R_p \times i) + R_r]$ ficou em $59,3 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$.

A disponibilidade atual é de 72.000 m^3/dia para uma população estimada de 265.000 habitantes, o que corresponde a 271 L/hab./dia, valor esse, bem acima do recomendado em projetos técnicos 150 (L/hab./dia). Essa disponibilidade corresponde a 46,45% da reserva reguladora, dispondo de $30,04 \times 10^6 \text{ m}^3$, que podem ser consumidas sem comprometimento para reserva permanente (Tabela 02).

Considerando uma taxa de crescimento da população de 1,55% ao ano, após 30 anos essa disponibilidade atual, ainda daria para abastecer a nova população (388.300), sem comprometimento para reserva permanente.

Tabela 02 - Valores da reserva, potencialidade e disponibilidades de Juazeiro do Norte - CE

Disponibilidade Atual	$26,06 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$	72.000 (m^3/dia)
Disponibilidade Efetiva	$43,2 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$	118.350 (m^3/dia)
Potencialidade	$59,3 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$	162.466 (m^3/dia)
Reserva Reguladora	$56,1 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$	153.699 (m^3/dia)
Reserva Permanente	$1,55 \times 10^9 \text{ m}^3$	
População (estimada /2000)	265.000 hab.	

7. HIDROQUÍMICA

Do ponto de vista hidrogeológico, a qualidade da água subterrânea é tão importante quanto o aspecto quantitativo. Dessa maneira, o estudo hidrogeoquímico tem por finalidade identificar e quantificar as principais propriedades e constituintes químicos das águas subterrâneas, procurando estabelecer uma relação com o meio físico.

Dessa forma, foram realizadas, em campo e no Laboratório Central da CAGECE, as medidas de condutividade elétrica, pH e temperatura das águas de alguns poços tubulares de

Juazeiro do Norte. O laboratório também ficou responsável pelas demais informações físico-químicas e bacteriológicas das análises, de maneira que 23 poços tiveram suas águas analisadas.

A caracterização química das águas subterrâneas foi realizada com a utilização de diagramas específicos (*Piper, Schoeller & Berkaloff* e *U.S. Salinity Laboratory Staff*) onde foram plotados as concentrações dos elementos químicos envolvidos.

7.1. PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS

As propriedades físico-químicas são importantes no que se refere a qualificação das águas, definidas pela sua composição e pelo conhecimento dos efeitos a saúde que podem causar seus constituintes.

Condutividade Elétrica

Nas águas subterrâneas de Juazeiro do Norte os valores de condutividade elétrica encontrados em 65 amostras variam entre o mínimo de 62 mS/cm e o máximo de 1.305 mS/cm. A média geral indica uma CE de 323mS/cm. Esse valores mostram que as águas subterrâneas de Juazeiro do Norte apresentam um ótimo padrão de Condutividade Elétrica (< 750 mS/cm), dentro dos padrões admissíveis para água potável e aptas à prática de qualquer cultura.

pH

Dentro do universo de 30 medidas de pH, os valores oscilam entre 6,9 a 8,2 onde 12 (40%) apresentam um caráter levemente ácido, 2 (6,7%) neutro e os 16 (53,3%) restantes refletem o caráter levemente básico. O valor médio é de 7,1 mostrando que a maioria das águas subterrâneas de Juazeiro do Norte, em termo de pH, está dentro dos padrões recomendados pela Organização Mundial de Saúde - OMS (6,8 a 8,6).

Sólidos Totais Dissolvidos (STD)

Na área estudada, os valores de STD apresentam uma média de 146 mg/L; oscilando entre 46 e 328 mg/L. Todos estão inseridos nos padrões aceitos para água potável que é de até 500 mg/L, podendo ser usada para indústria, irrigação e consumo humano.

7.2. CLASSIFICAÇÃO IÔNICA

Para a classificação iônica das águas utilizou-se do diagrama de Piper, onde foram identificadas as diferentes classes e tipos predominantes de águas existentes nos aquíferos da região, sendo observada a seguinte relação iônica entre ânions e cátions: $rHCO_3^- > rCl^- > rSO_4^{++}$ e $rMg^{++} > rCa^{++} > rNa^+$. Foram consideradas 23 análises, agrupadas por propriedade (privados e CAGECE) e com a numeração relacionada à análises, como mostra a Figura 02.

De acordo com o diagrama, observou-se que, nesse contexto, existe uma predominância da classe bicarbonatada, seguida da cloretada e mista (Tabela 03).

Tabela 03 - Classificação iônica das águas subterrâneas de poços tubulares em Juazeiro do Norte, Ceará

Classe	Nº da Análise	No. De Amostras	Frequência Relativa (%)
Águas bicarbonatadas		16	69,5
Sódica	8, 10, 21	3	(18,75)
Magnesiana	3, 17, 18	3	(18,75)
Cálcica	-	-	-
Mista	1, 4, 9, 14, 15, 16, 19, 20, 23	10	(62,5)
Águas cloretadas			8,7
Magnesiana	13, 22	2	(100)
Águas mistas			21,8
Magnesiana	11	1	(20)
Mista	5, 6, 7, 12	4	(80)
Total de amostras	23		100

7.3. POTABILIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Os termos de potabilidade das águas subterrâneas pode ser dado através do diagrama logaritmo de Schoeller e Berkloff onde as mesmas são classificadas em boa, medíocre, má, momentânea e não potáveis, em função dos elementos Ca^{2+} , Mg^{2+} , $(\text{Na}^+ + \text{K}^+)$, Cl^- , SO_4^{2-} , $(\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-)$, NO_3^- , com esses íons expressos em mg/L, e ainda Dureza ($^{\circ}\text{F}$) e pH.

Dessa forma, as águas subterrâneas de Juazeiro do Norte apresentam restrições de potabilidade (Medíocre à Má) apenas no parâmetro Dureza e pH, sendo nos demais elementos aceitáveis (Boa).

7.4. ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO

Na classificação da água para fins de irrigação utiliza-se o SAR (Razão de Adsorção de Sódio) juntamente com a condutividade elétrica, o que indica se a água é apropriada ou não para tal fim De acordo com a classificação do Diagrama U. S. Salinity Laboratory (Figura 03), que utiliza o RAS, 43,5% das águas analisadas pertencem a classe $\text{C}_2\text{-S}_1$ e 56,5% pertencem a classe $\text{C}_1\text{-S}_1$.

No geral, essas águas apresentam de baixa a médio teor de salinidade e podem ser utilizadas para quase todos os solos com fraco risco de formação de teores nocivos de sódio susceptível de troca. Prestam-se ao cultivo de quase todos os vegetais.

8. CONCLUSÕES

Em termos hidrogeológicos, Juazeiro do Norte apresenta quatro sistemas distintos, onde dois se definem como aquíferos (Depósitos Cenozóicos e formações Mauriti, Missão Velha e Rio da Batateira), um possui o comportamento de aquíclúde (Formação Brejo Santo) e o embasamento cristalino possui pouca importância hidrogeológica local sendo, de maneira geral, um aquífugo.

O Sistema Hidrogeológico Mauriti, Missão Velha e Rio da Batateira é o mais importante para a região, em termos de exploração de água subterrânea, onde 80% dos poços construídos se encontram nesse sistema.

O abastecimento público do município pode ser feito totalmente por água subterrânea, onde disponibilidade atual é de 72.000 m³/dia para uma população estimada de 265.000 habitantes, correspondendo a 271 L/hab./dia, valor esse, bem acima do recomendado em projetos técnicos 150 (L/hab./dia). Essa disponibilidade corresponde a 46,45% da reserva reguladora, dispondo de 30,04x10⁶ m³, que podem ser consumidos sem comprometimento para reserva permanente.

As águas subterrâneas de Juazeiro do Norte foram classificadas, segundo o Diagrama de Piper, como 69,5% bicarbonatadas (62,5% mistas, 18,75 sódicas e 18,75 magnesianas), 8,7% cloretadas magnesianas e 21,8% mistas. O diagrama de Schoeller & Berkaloff revelou que as águas subterrâneas apresentam poucas restrições ao consumo humano (boa potabilidade), sendo apenas não recomendável o seu uso generalizado na indústria (dureza média/alta). Todas as amostras, segundo o Diagrama U. S. Salinity Laboratory são águas que apresentam baixo a médio teor de salinidade sem qualquer restrição de uso na agricultura.

9. BIBLIOGRAFIA

- ANJOS F.T. dos. Estudo hidrogeológico do aquífero Rio da Batateira e caracterização da possibilidade de abastecimento d'água nos municípios do Crato, Juazeiro do Norte e Barbalha – CE no ano de 2020. 2000. Dissertação de Mestrado. Centro de Tecnologia e Geociências. Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- CAVALCANTE, J. C.; MEDEIROS, M. de F.; RAMALHO, R. & CUNHA, H. C. da. Mapa Geológico do Ceará, Escala 1:500.000. Fortaleza. 1983. CPRM.
- MONT'ALVERNE, A. A. F.; PONTE, F. C.; COSTA, W. C.; DANTAS, J. R. A.; LOPES, C. F.; MELO JUNIOR, A. H.; PONTE, J. S. A.; FILGUEIRA, J. B. M.; SOUSA, S. R.; SILVA, E. C. C. da. Projeto avaliação hidrogeológica da Bacia Sedimentar do Araripe. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional da Produção Mineral. Programa Nacional de Estudos dos Distritos Mineiros. Recife. 1996. Fase I. 100p. il.
- PONTE, F. C. & APPI, C. J. Proposta de revisão da coluna estratigráfica da Bacia do araripe. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 36, 1990, Natal, Anais. SBG. 1990. V.1, p.211-226.
- VERÍSSIMO, L. S. A importância das águas subterrâneas para o desenvolvimento sócio-econômico do eixo CRAJUBAR, Cariri Ocidental – CE. 1990. Dissertação de Mestrado. Centro de Ciências, Departamento de Geologia, UFC. 100p. Fortaleza, Ceará.

Figura 01 - Localização de Juazeiro do Norte

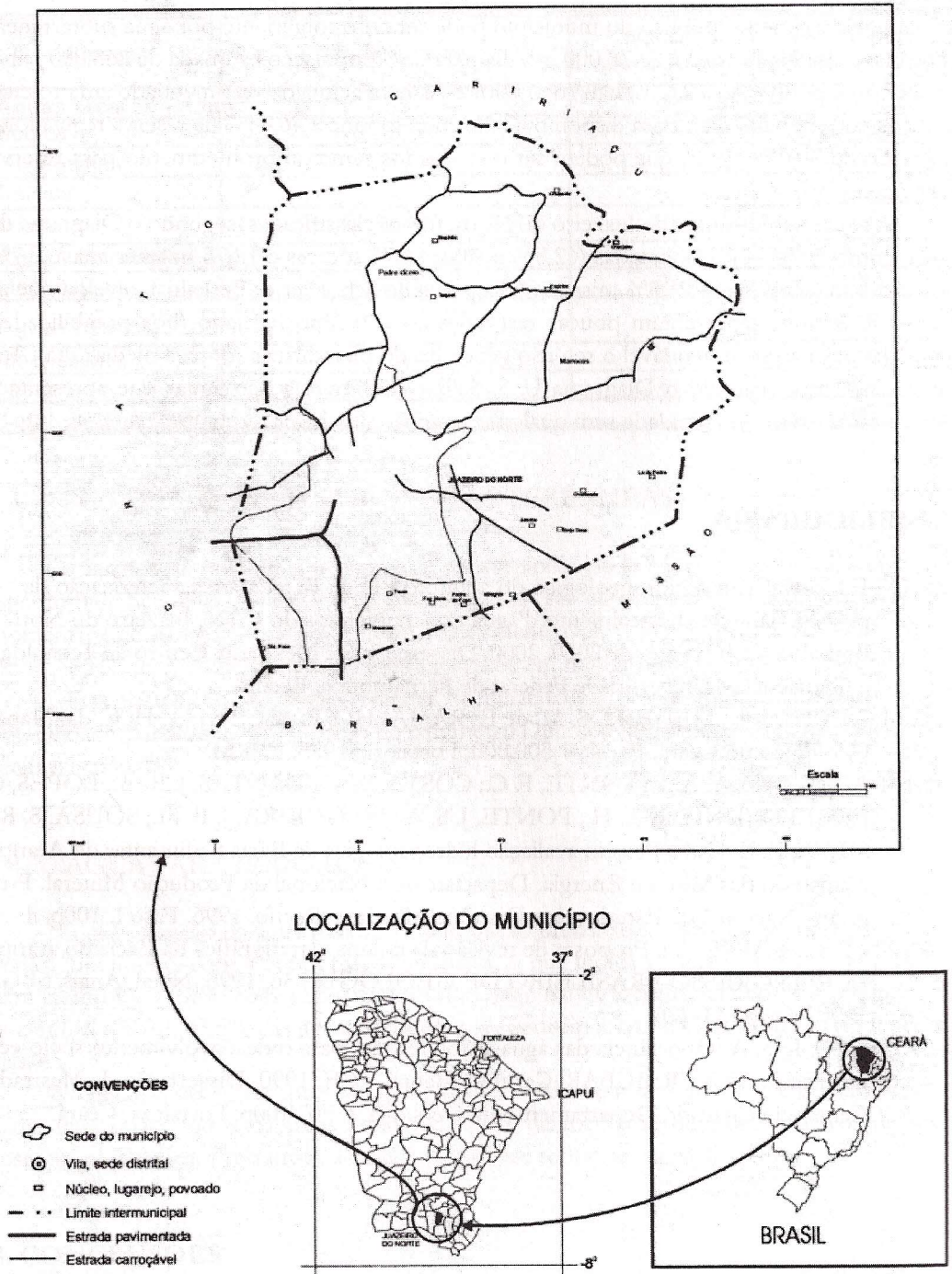


Figura 2 - Diagrama de Piper

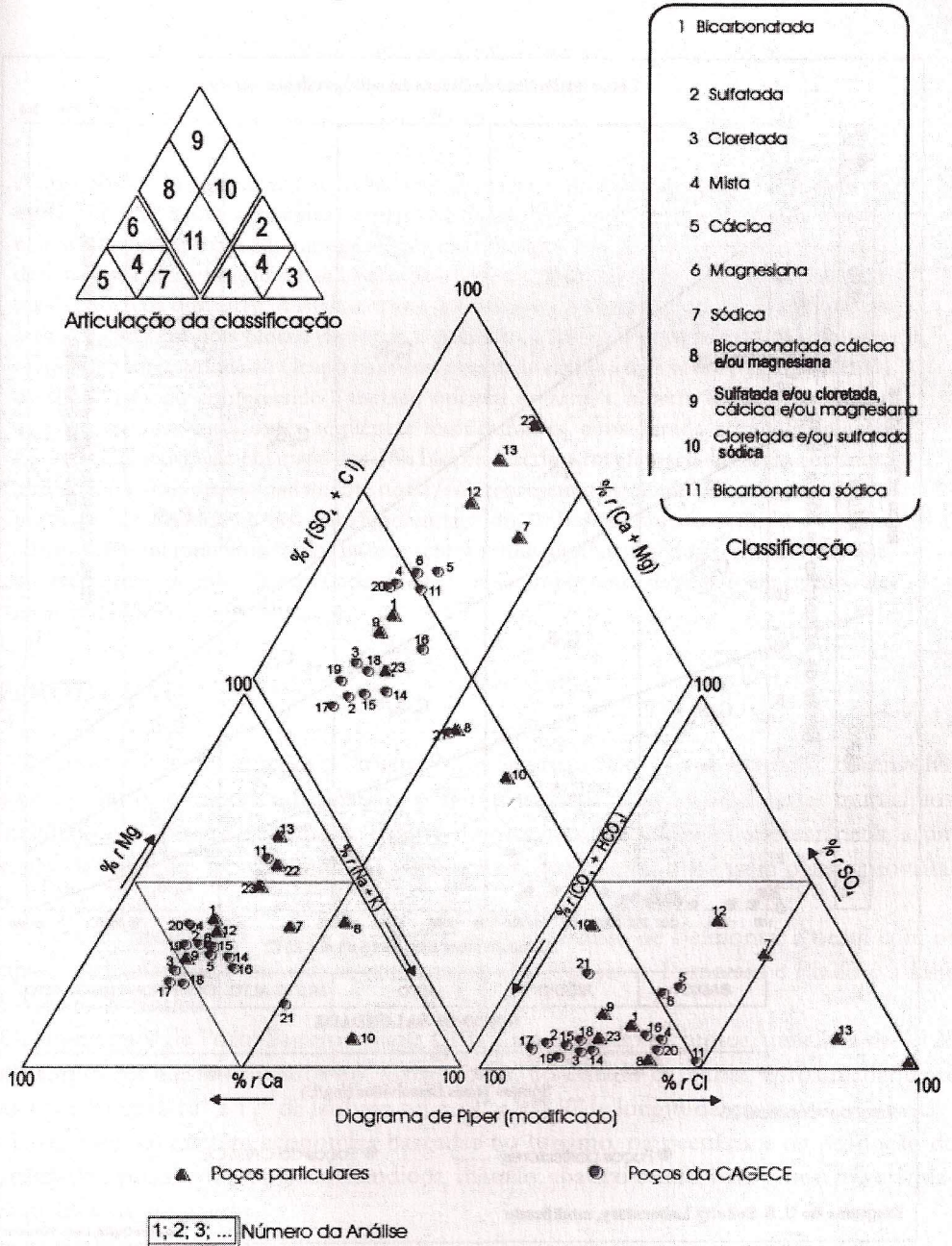


Figura 03 - Uso da Água para Irrigação em Juazeiro do Norte - CE

