

# QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA BACIA SEDIMENTAR DE IGUATU – ÁREA PILOTO IGUATU E QUIXELÔ, ESTADO DO CEARÁ

Itabaraci N. Cavalcante<sup>1</sup>; Roberto C. Parente<sup>2</sup>; Nirlando de O. Viana<sup>3</sup>;  
Jose Antônio Beltrão Sabadia<sup>1</sup> & Francisco Wladiston C. Dias<sup>4</sup>

**Resumo** - A Bacia Sedimentar de Iguatu situa-se na porção centro-sul do Estado do Ceará, onde foi realizado um estudo físico-químico procurando caracterizar qualitativamente as águas subterrâneas, cuja interpretação foi procedida com a utilização dos diagramas de Piper, Schoeller & Berkaloff e *U.S. Salinity Laboratory*.

A Bacia Sedimentar de Iguatu esta dentro de um contexto sedimentar representado por três sistemas aquíferos principais: Icó, Malhada Vermelha e Lima Campos. Além desses, existem outros três sistemas aquíferos sedimentares: Moura, Coberturas Recentes e Aluviões.

A amostragem das águas subterrâneas em campo teve como objetivo fornecer dados e gerar informações para se avaliar as características físico-químicas das águas, de acordo com o padrão de qualidade para consumo humano, animal e irrigação.

Com a utilização do programa *QualiGraf* (Möbus, 2002), foi realizado a interpretação das análises das 30 amostras coletadas nos municípios de Iguatu e Quixelô, onde as águas são predominantemente boas, chegando, a alguns casos isolados, a medíocres, representando, no geral, águas propícias para o consumo humano, animal e irrigação.

Em termos iônicos existe uma predominância para as águas dos tipos bicarbonatadas sódicas, seguidas por águas cloretadas mistas e cloretadas sódicas.

**Abstract** - The Basin Sedimentary of Iguatu places in the portion center-south of the State of the Ceará, was carried through a hydroquimic study looking for to characterize its groundwaters qualitatively, with the use of the diagrams Piper, Schoeller & Berkaloff and *U.S. Salinity Laboratory*.

---

<sup>1</sup> DEGEO/CC - UFC - Professor Dr. em Hidrogeologia -. [ita@fortalnet.com.br](mailto:ita@fortalnet.com.br) - (85) 288-9869.

<sup>2</sup> DNPM/CE - Geólogo. Mestre em Hidrogeologia.

<sup>3</sup> DEGEO/CC - UFC –Bolsista SIPIBIC/CNPq.- [nirlando.oliveira@bol.com.br](mailto:nirlando.oliveira@bol.com.br) - (85) 288-9869

<sup>4</sup> DEGEO/CC - UFC – Mestrando em Hidrogeologia – [wladiston@yahoo.com.br](mailto:wladiston@yahoo.com.br) – (85) 495-0562

The Basin Sedimentary of Iguatu to be inside of a context sedimentary represented by three aquifer systems: Icó, Malhada Vermelha e Lima Campos. Beyond these, others three sedimentary aquifer systems exist: Moura, Coverings and Alluviums.

The data collected in field had as objective to supply information to evaluate the characteristics physico-chemistries of groundwaters, in accordance with the standard of quality human, animal consumption and irrigation.

With the use of the QualiGraf program (Möbus, 2002), the interpretation of the data collected in the cities of Iguatu and Quixelô was carried through, where the waters are predominantly good, arriving, to some isolated cases, the mediocre ones, representing, in the generality, propitious waters for the human, animal consumption and irrigation.

In ionic terms a predominance for water of the sodium bicarbonated type exists, followed by mixing chloride and sodium chloride

**Palavras-Chave** – hidroquímica; água subterrânea; Iguatu.

## **INTRODUÇÃO**

A água subterrânea é de grande importância para a humanidade, particularmente no Nordeste do Brasil quando ocorre a falta de água nos reservatórios superficiais e cresce o interesse pela água subterrânea, tanto para o abastecimento público quanto atender as demandas da indústria e da irrigação.

O Ceará está localizado no Nordeste do Brasil e possui uma área de 146.000 km<sup>2</sup>. Encontra-se incluso no Polígono das Secas, com regime pluviométrico marcado por extrema irregularidade de chuvas no tempo e no espaço. Nesse cenário, a água constitui um bem natural de elevada limitação ao desenvolvimento socioeconômico desta região e, até mesmo, na subsistência da população. A ocorrência cíclica de secas e seus efeitos catastróficos no âmbito regional são por demais conhecidos e remontam aos primórdios da história do Brasil.

A pesquisa hidroquímica procura despertar o interesse dos administradores da região a respeito da qualidade das águas subterrâneas, para que decisões sejam tomadas no sentido de protegê-las, conscientes de que elas representam um recurso natural estratégico e de vital importância no desenvolvimento da região.

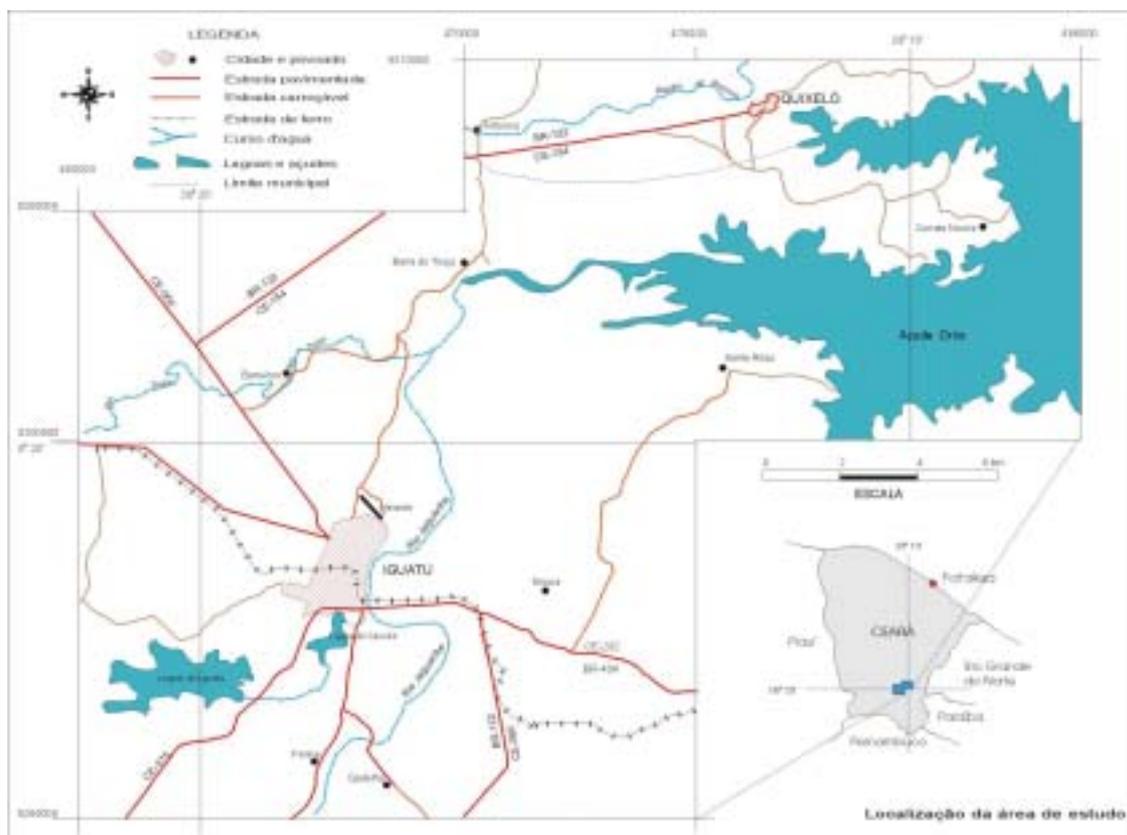
A Bacia de Iguatu destaca-se na região, pois o atendimento da demanda hídrica é realizada, na sua maioria, por águas subterrâneas (aproximadamente 90%), o que estimula a economia e a qualidade de vida dos habitantes daquela região, sendo auxiliada pelas águas armazenadas no açude Truçu, construída em 2002 e barrando o rio homônimo.

A Bacia Sedimentar de Iguatu situa-se na porção centro-sul do Ceará, dentro de um contexto sedimentar representado por três sistemas aquíferos principais: Icó, Malhada Vermelha e Lima Campos. Além desses, existem mais três sistemas hidrogeológicos de sedimentos inconsolidados: Moura, Coberturas Recentes e Aluviões.

## LOCALIZAÇÃO E ACESSO

Os municípios de Iguatu e Quixelô situam-se na região centro-sul do Ceará, limitando-se com os municípios de Acopiara, Orós, Jucás, Cariús, Cedro e Icó, compreendendo uma área de 1.042 km<sup>2</sup> inserida nas cartas topográficas Iguatu (SB.24-Y-B-III) e Cedro (SB.24-Y-B-VI) (Figura 01).

O acesso a área, a partir de Fortaleza até o município de Iguatu, é realizado pela rodovia BR-116 até o triângulo de Quixadá e, a partir daí, pela rodovia estadual CE-282, via Mombaça e Acopiara, numa extensão de 400 km. Vilas, lugarejos, sítios e fazendas do município estão interligados por estradas asfaltadas e/ou carroçáveis, as quais permitem franco acesso durante todo o ano.



Fonte: PARENTE, 2001

**Figura 01** - Localização de Iguatu e Quixelô, Estado do Ceará.

## OBJETIVOS

Como objetivos desta pesquisa pretende-se oferecer suporte técnico-científico para a exploração racional dos recursos hídricos subterrâneos da Bacia de Iguatu, dando ênfase aos municípios de Iguatu e Quixelô, considerando as análises das características qualitativas das águas subterrâneas, avaliando-se o uso das mesmas.

## METODOLOGIA DE TRABALHO

A metodologia desenvolvida foi constituída das seguintes etapas:

### ➤ Levantamento bibliográfico

Para o estudo da área de pesquisa, foi feito o levantamento bibliográfico onde foram consultadas diversas publicações e mapas referentes ao condicionamento hidrogeológico da região, cadastrando-se, ainda, fichas técnicas e análises químicas pré-existentes de águas da área de estudo.

O estudo de mapas teve como objetivo compreender o contexto geológico, hidrogeológico e plotar os poços que serviram para a elaboração do trabalho.

### ➤ Trabalhos de campo

#### ✓ Acuracidade dos dados das fichas de poços

Foram cadastrados 126 poços, onde constam informações sobre o nível estático, nível dinâmico, vazão, município, proprietário, local, data de construção, entre outros. Em todos os poços foram feitas medidas de temperatura, condutividade elétrica, pH da água e tomada das coordenadas com a utilização de GPS *Garmin*.

#### ✓ Coleta da água

Fase posterior ao cadastro dos poços. Em campo foi realizada a coleta de água em poços previamente selecionados na área, onde a coleta seguiu as instruções de amostragem da CAGECE. Os pontos de coleta foram selecionados com base em existência de perfis litológicos e construtivos, sistema aquífero e profundidade do nível estático, dentre outros.

### ➤ Análises Laboratoriais

As amostras de água (30) foram analisadas pelo Laboratório Central da Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará -CAGECE, que utiliza os métodos padrões do “*Standart Methods for Examination of Water and Wastewater*” para a realização das análises físico-químicas. Os

resultados apresentam dados de turbidez, cor, odor, pH, alcalinidade, dureza, cálcio, magnésio, condutividade, cloretos, cloro residual, sulfatos, ferro, manganês, O<sub>2</sub> consumido, sódio, potássio, nitritos, nitratos, amônia, sólidos totais dissolvidos e alumínio.

✓ Concentração dos elementos maiores

Para a determinação das concentrações dos íons principais foram usados os métodos padrões do *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*: titrimétrico para Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup> e HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>; agentométrico para Cl<sup>-</sup> e; espectrofotometria de chama para K<sup>+</sup> e Na<sup>+</sup>.

Cálcio e magnésio – Para a determinação das concentrações de Ca<sup>++</sup> e Mg<sup>++</sup> foi tomada uma amostra de 50mL e adicionado 2mL de hidróxido de sódio 1N. A titulação foi feita com EDTA 0,01M.

Bicarbonato – A determinação da concentração de HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> foi feita tomando-se uma alíquota de 50 mL e acrescentando-se 3 gotas de fenolftaleína. Após agitar, foi adicionado 3 gotas do indicador misto. A titulação foi feita com H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a 0,02N.

Cloretos – A determinação da concentração de cloretos foi feita tomando-se uma amostra de 50mL e adicionando-se 3 gotas do indicador cromato de potássio. Em seguida, titulando-se com nitrato de prata 0,014N até a viragem de amarelo para alaranjado. Após fazer-se um branco com água destilada e adicionar 3 gotas do indicador cromato de prata, novamente, titula-se com nitrato de prata.

Potássio e sódio – A determinação das concentrações de K<sup>+</sup> e Na<sup>+</sup> foi feita por espectrofotometria de chama.

➤ Balanco iônico

É importante para os resultados da pesquisa hidroquímica uma avaliação das análises realizadas, que pode ser feita através de um balanço iônico, ou seja, pelo cálculo do erro da análise.

Numa análise hidroquímica completa, a concentração total dos cátions deve ser aproximadamente igual à concentração total dos ânions. O desvio percentual desta igualdade é determinado pelo coeficiente de erro da análise (E%) da seguinte maneira:

$$\text{Erro (\%)} = \left| \frac{r\sum \text{ânions} + r\sum \text{cátions}}{r\sum \text{ânions} - r\sum \text{cátions}} \right| \times 100 \quad (01)$$

De acordo com a definição de LOGAN (1965), o erro teórico é o erro prático máximo permitido levando-se em consideração os valores dos ânions ou cátions, conforme o Quadro 01.

**Quadro 01 - Erro admissível nas análises dos íons maiores**

$\Sigma$ ânions ou $\Sigma$ cátions (meq/L)	< 1	1	2	6	10	30	>30
Erro (%)	15	10	6	4	3	2	1

Fonte: LOGAN, 1965

Neste trabalho foram utilizadas 30 análises que foram selecionadas através de tratamento hidroquímico realizado com modelo desenvolvido pela CAGECE.

### ➤ **Integração dos dados**

O catálogo contou com 30 análises físico-químicas contendo os elementos maiores  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{--}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ , além de outros elementos como Fe total,  $\text{Mn}^{++}$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{O}_2$ , STD, dureza, condutividade elétrica e pH.

A caracterização química das águas subterrâneas foi realizada com a plotagem das concentrações dos elementos químicos nos diagramas de Piper, Schoeller & Berkaloff e *U.S. Salinity Laboratory*, que determinaram a qualidade das águas, sua potabilidade e uso na agricultura.

## **ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS**

O Estado do Ceará é representado predominantemente por 75% de rochas cristalinas com baixíssima vocação hidrogeológica. A área de estudo é uma região constituída por um grupo de rochas sedimentares e, conseqüentemente, uma área potencial para o armazenamento e fornecimento de água subterrânea.

Na área de estudo as rochas sedimentares constituem três sistemas aquíferos principais, assim denominados: Icó, Malhada Vermelha, e Lima Campos. Além desses, existem mais três sistemas de sedimentos inconsolidados: Moura, Coberturas Recentes e aluviões.

Litologicamente em todos os sistemas aquíferos predominam sedimentos clásticos, à exceção do Sistema Malhada Vermelha, onde ocorre uma alternância de camadas de folhelhos, argilitos, siltitos e arenitos finos a conglomeráticos e, subordinadamente, calcário.

A coluna estratigráfica da área de estudo engloba, da base para o topo, as seguintes formações: Icó, Malhada Vermelha e Lima Campos, constituintes do Grupo Iguatu. Essas unidades apresentam-se sotopostas discordantemente aos depósitos Tércio-Quaternários da Formação Moura e das coberturas Colúvio-eluviais, além das aluviões.

## HIDROQUÍMICA

As análises físico-químicas tem por finalidade identificar e qualificar as principais propriedades e constituintes das águas subterrâneas, procurando estabelecer uma relação com o meio físico.

### ➤ Parâmetros Hidroquímicos

A água que infiltra no reservatório subterrâneo, ao lixiviar os solos e rochas, se enriquece em sais minerais em solução, provenientes da dissolução dos seus minerais. Estas reações são favorecidas pelas baixas velocidades de circulação das águas subterrâneas, maiores pressões e temperaturas a que estão submetidas e pela facilidade de dissolver  $\text{CO}_2$  ao percolar o meio não saturado. Por essas razões, as águas subterrâneas têm concentrações iônicas superiores às águas superficiais em geral.

Alguns destes constituintes iônicos estão presentes em quase todas as águas subterrâneas e a sua soma representa a quase totalidade dos íons presentes. No grupo dos cátions destacam-se o sódio ( $\text{Na}^+$ ), o potássio ( $\text{K}^+$ ), o cálcio ( $\text{Ca}^{++}$ ) e o magnésio ( $\text{Mg}^{++}$ ) e dentre os ânions, têm-se os cloretos ( $\text{Cl}^-$ ), os sulfetos ( $\text{SO}_4^-$ ) e os bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ ).

A qualidade da água é uma conseqüência do seu estado natural, físico e químico, bem como de qualquer alteração que possa ter ocorrido devido à ação humana sobre a mesma.

As características físico-químicas dessas águas resultam de dissoluções e outras reações químicas com sólidos, líquidos e gases, com os quais entram em contato durante as várias partes do ciclo hidrológico.

O conhecimento qualitativo das águas é de fundamental importância para o manejo integrado. A saúde das pessoas está diretamente associada à qualidade da água consumida, a exemplo do que a Organização Mundial da Saúde relata, mostrando que de 50 a 70% dos leitos hospitalares estão ocupados por pacientes acometidos de doenças de veiculação hídrica.

### ➤ Balanco iônico

O balanço iônico de uma análise físico-química fica definido quando se verifica que a soma dos ânions é aproximadamente igual a soma dos cátions em meq/L, resultando num coeficiente de erro máximo de 10 % (LOGAN,1965). Ressalta-se que o erro de uma análise e função direta de STD e deve-se, também, ao método analítico. A tabela 01 apresenta os valores de condutividade elétrica e concentrações iônicas das águas subterrâneas da área estudada.

### ➤ Classificação iônica das águas subterrâneas

Para a classificação iônica das águas utilizou-se o Diagrama de Piper (Figura 02). Os valores dos principais constituintes estão representados em unidades percentuais a partir de meq/L, para cátions e ânions, permitindo uma identificação dos fácies hidroquímicos. O losango situado entre os

triângulos dos cátions e dos ânions representa a composição conjunta dos cátions e ânions que ira permitir uma correlação com o tipo litológico representativo do sistema aquífero. O tipo de água resulta da proporção dos principais constituintes dissolvidos.

**Tabela 01** - Análises químicas e condutividade elétrica das águas subterrâneas de Iguatu e Quixelô, Ceará.

Amostra Nº	C.E. µS/cm a 25° C	Concentrações (mg/L)							
		Ca	Mg	Na	K	Cl	HCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>
02	1.714	30,4	53,2	197	9,3	229	267	18,9	46,31
8	519	23,2	16,8	61,4	1,9	30	107	24,83	5,07
10	1.400	40,8	30,7	172	0	256	142	58,1	7,21
13	500	17,6	12,4	71,4	0	20	124	22,43	2,01
14	344	26	11	30	4,3	25	65	41,85	1,44
17	1.567	39,2	52,8	178,5	5,6	313	118	5,78	31,6
31	1.924	7,2	3,6	400	0	334	189	58,51	0,94
33	476	16,4	11,5	76,2	8,3	31	180	3,19	1,19
40	3.097	64	76,3	406	9,3	717	35	23,3	7,62
42	613	19,6	9,84	80,2	18	97	39	0,23	48,3
45	390	12	8	61	3,1	10	126	3,19	1,6
53	1.541	3,6	3,6	394	0	69	512	63,32	0,45
58	989	28	20	135,5	4,3	101	248	50,92	1,44
60	833	18	9	129	0	51	229	30,01	1,52
61	1.400	32,8	20,1	271	0	113	348	35,19	2,84
65	885	37,6	25,4	78,8	14,3	167	44	1,52	41,69
67	905	42,4	18,2	85	14,3	173	45	0	45,9
68	998	62	28,0	61,4	8,1	157	105	0,41	20,8
73	600	8	11,7	46	12	47	101	11,7	7,87
75	1.457	40,4	54,9	160	4,3	186	236	27	16,78
76	676	13,2	10,8	70,6	6,8	71	116	13,7	8,78
94	802	10,4	6,9	96	25	103	98	10,7	30
95	756	8	6	65	23	66	98	11,7	14,39
104	637	28	16,8	86,2	1,9	60	212	4,48	0,11
109	671	30	21,8	60	4,3	50	186	5,59	14,2
110	731	39,2	18,9	118	1,9	81	225	7,26	2,76
114	558	22	9,3	78,8	5,6	23	179	0,6	3,91
115	2.200	60,8	85,9	190,5	4,3	418	226	13,7	67,83
117	1.062	48,4	36,7	78,8	4,3	153	194	3,19	25,19
126	956	28,8	28,3	150	6,8	150	322	17,8	7,95

CE – Condutividade Elétrica



## ➤ **USO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS**

O estudo da qualidade das águas subterrâneas na área de estudo foi realizado com amostragens para análises físico-químicas das águas dos poços tubulares.

Os resultados apresentados nas análises refletem as condições em que podem ser aproveitadas as águas subterrâneas, indicando a sua utilização para diversos fins, principalmente nos limites aceitáveis de potabilidade e irrigação.

Na região onde está localizada a área de estudo, a agricultura é a principal fonte produtiva, uma vez que a implantação de indústrias é relativamente recente, não caracterizando ainda um polo industrial desenvolvido.

A preservação qualitativa e a utilização das águas subterrâneas é de grande importância, devendo ser adequada à necessidade e capacidade de produção do poço, evitando uma super exploração. As águas subterrâneas são utilizadas na área de estudo para o consumo humano, indústrias e agricultura.

O principal uso de água subterrânea destina-se ao consumo humano que atende a população urbana das cidades de Iguatu, Quixelô e a pequenas comunidades rurais. O consumo na indústria restringe-se, principalmente, a uma indústria de móveis tubulares e de calçados.

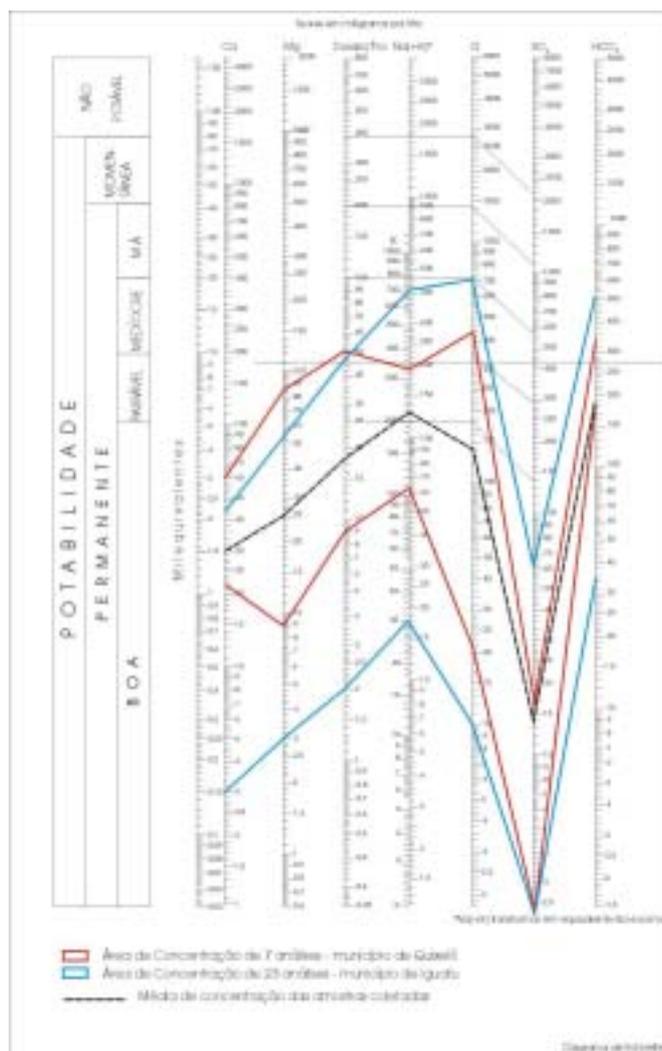
Quanto a situação, foi possível identificar no Cadastro Geral de Poços Tubulares (126 poços) a seguinte situação: em operação (99), desativados (13), abandonados (12), paralisados (01) e não instalados (01). Pode-se constatar que a predominância é para os poços em operação (78,5%), com um número pequeno de poços desativados (10,3%), abandonados (9,6%), paralisados (0,8%) e não instalados (0,8%).

### ▪ **Consumo Humano**

A utilização de água para consumo humano baseia-se nos padrões de potabilidade cujos limites são estipulados de forma a atender às características de estética e sabor, e não ser prejudicial à saúde.

Como avaliação da influência dos elementos químicos na potabilidade, e apresentados o diagrama de Schoeller & Berkloff, através do qual são verificadas as classificações da água na área e que, de acordo com as concentrações iônicas máxima e mínima, a qualidade varia de boa a medíocre.

As médias dos valores das concentrações das análises da área (Figura 03) mostra que a água pode ser classificada como de boa potabilidade.



**Figura 03** - Diagrama de Schoeller & Berkaloff para as amostras coletadas na área de estudo.

A partir dos padrões de potabilidade recomendados pela Organização Mundial de Saúde - OMS e a Portaria 1469/2000 do Ministério da Saúde, foram analisados os limites químicos do ferro, manganês, alumínio e cloretos das águas subterrâneas da área de estudo.

#### ✓ Ferro

O ferro está presente nas águas dos poços P-14 (4,25 mg/L), P-58 (2,9mg/L) e P-94 (0,7mg/L), localizados em Iguatu, com valores acima do recomendável pela Organização Mundial de Saúde e pela Portaria 1469/2000 do Ministério da Saúde, que é de 0,3 mg/L. O ferro contido na água causa mancha nas roupas e incrustações na tubulação, nos filtros dos poços e no sistema de bombeamento.

As águas subterrâneas provenientes das aluviões que abastecem a sede do município de Iguatu apresentam valores médios de ferro total de 6,84 mg/L, muito acima do VMP. Após sofrerem

tratamento de desferrização, e com valores recomendáveis pelos padrões, é fornecida pelo Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Iguatu para o abastecimento da população.

✓ Manganês

Foi constatado nas águas dos poços P-14 e P-58 (Iguatu.) valores acima do recomendado pelos padrões de potabilidade, que é de 0,1 mg/L, quando apresentaram 1,2 e 0,16 mg/L, respectivamente.

A presença de manganês na água produz manchas pretas ou marrons nas roupas.

✓ Alumínio

O alumínio está presente em 18 amostras, porém todas abaixo do valor máximo recomendável pela Organização Mundial de Saúde. e pela Portaria 1469/2000 do Ministério da Saúde.

✓ Cloretos

Em relação a presença dos cloretos, as águas dos poços P-10 (256mg/L), P-17 (313 mg/L), P-31 (334 mg/L), P-40 (717 mg/L) localizados no município de Iguatu e P-115 (418 mg/L) no município de Quixelô, apresentam valores de 250mg/L, acima dos recomendados pelos padrões.

▪ Indústria

A utilização das águas nas indústrias é regida por padrões que associam o tipo de atividade com as concentrações máximas permissíveis para os elementos analisados, ou que encontram restrição.

A água subterrânea pode ser utilizada na indústria de quatro maneiras: como matéria-prima, refrigeração, consumo humano e para lavagem, tendo cada uma suas próprias especificações e critérios.

As indústrias que utilizam água subterrânea no município de Iguatu devem levar em conta a existência das concentrações significativas de ferro e cloretos.

Na área de pesquisa as indústrias Dakota, Inaparente, Tubiforme, Indústria de Fumo Gavião e Asa Branca, como todas as demais, utilizam água subterrânea apenas para consumo humano. Não existe na área de estudo nenhuma indústria que utilize água subterrânea em caldeiras ou equivalentes e que necessite obedecer aos parâmetros de qualidade da água para esta aplicação.

## ▪ Irrigação

Para que a água possa ser utilizada na irrigação é necessário que se conheça sua composição química, o tipo de solo e o tipo de cultura a ser irrigada.

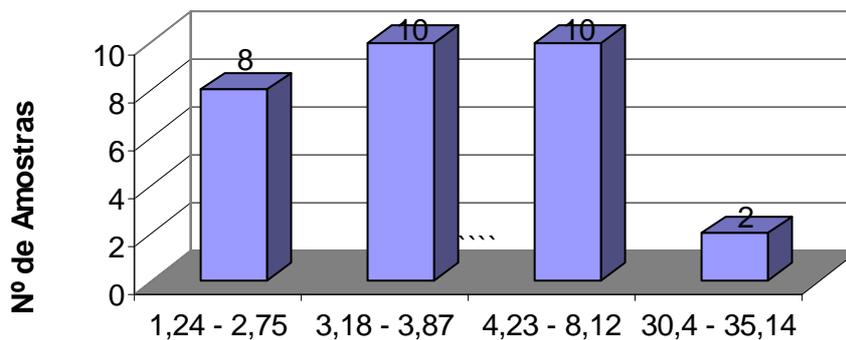
Dois elementos são essenciais para se obter indicações da possibilidade da utilização da água na irrigação: o *Sodium Absorption Ratio* - SAR e a salinidade.

Para se calcular a porcentagem de sódio contido na água que pode ser adsorvido pelo solo usa-se a seguinte equação:

$$SAR = \frac{rNa}{\sqrt{\frac{rCa + rMg}{2}}} \quad \text{onde } r = \text{meq/L}$$

A classificação da água subterrânea para irrigação foi realizada através do diagrama proposto pelo *United States Salinity Laboratory*, a partir dos dados de condutividade elétrica da água a 25 °C e do SAR, representados nos histogramas 01 e 02, que mostram os intervalos valores do SAR e Condutividade Elétrica ( $\mu\text{S/cm}$  a 25°C), respectivamente, em relação ao número de amostras.

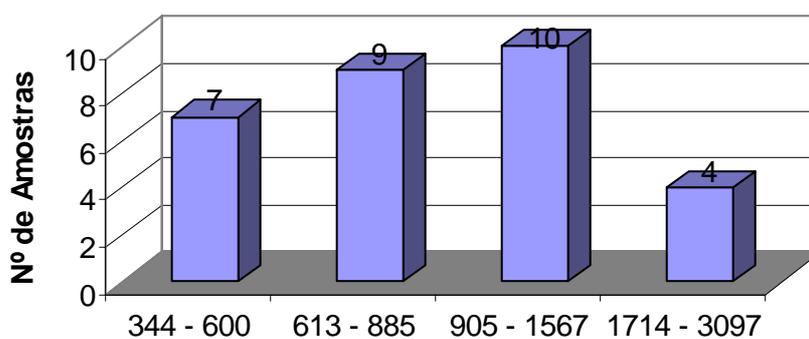
**Histograma 01** - Razão de Adsorção de Sódio em relação ao número de amostras.



Nº de dados: 30

**Razão de Adsorção de Sódio**

**Histograma 02** - Condutividade Elétrica ( $\mu\text{S/cm}$  a 25°C) em relação ao número de amostras.



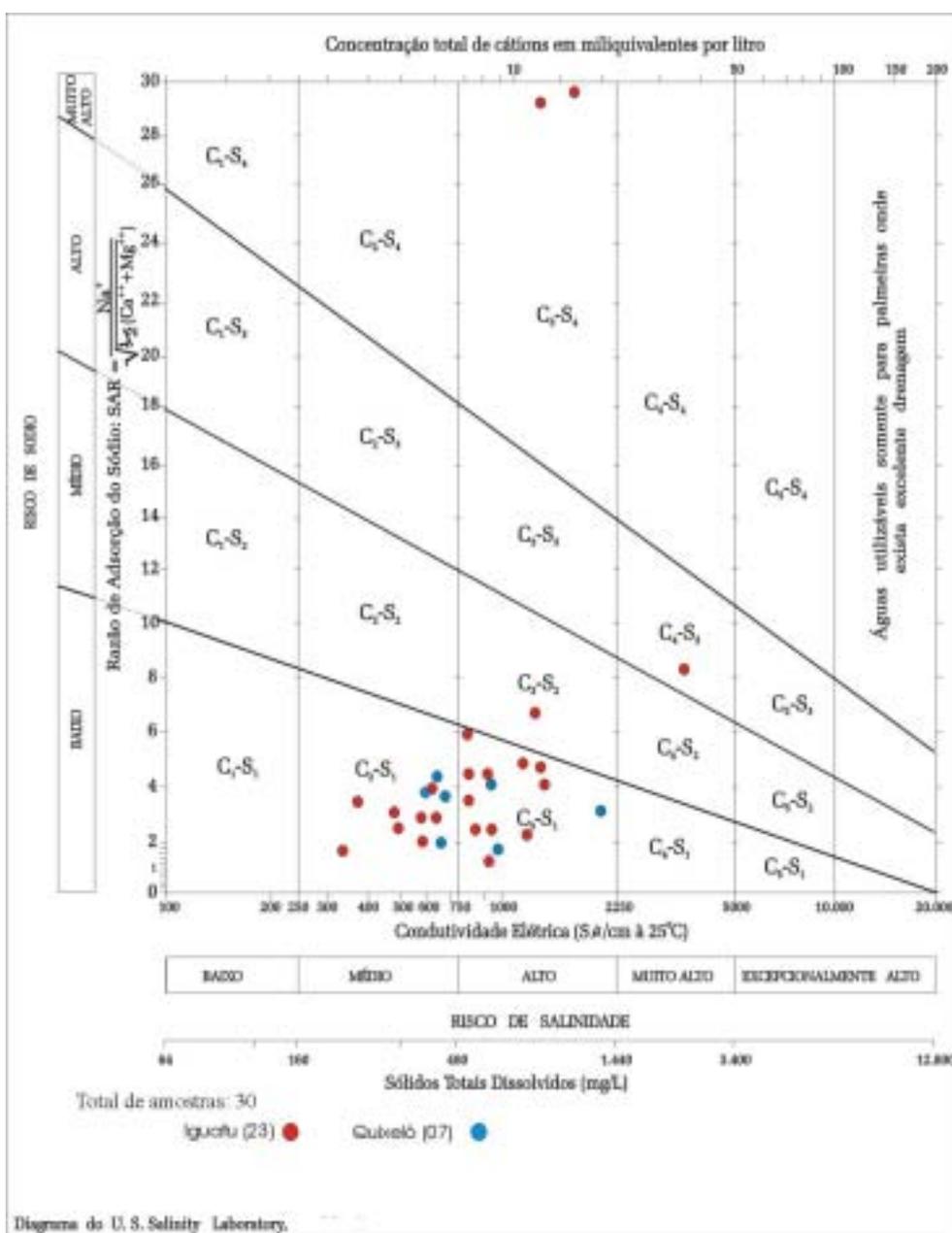
Nº de dados: 30

**Condutividade Elétrica ( $\mu\text{S/cm}$  a 25°C)**

Conforme a classificação das águas determinadas pelo diagrama (Figura 04), os resultados das análises revelam que 46,6 % das amostras se enquadram na classificação C<sub>3</sub>-S<sub>1</sub>, caracterizando águas de alto risco de salinidade e baixo risco de sódio, podendo irrigar somente solos bem drenados e usados apenas para vegetais de alta tolerância salina. A segunda maior parte corresponde a 40 %, pertencente a classificação C<sub>2</sub>-S<sub>1</sub>, indicando água de média salinidade, que pode irrigar solos silto-arenoso, siltosos ou areno-argilosos e utilizados para o cultivo de vegetais de fraca tolerância salina.

Finalmente, a classificação restante (13,3 %) identifica água do tipo C<sub>3</sub>-S<sub>4</sub>, C<sub>3</sub>-S<sub>2</sub> e C<sub>4</sub>-S<sub>3</sub>, com alta a salinidade muito alta, além do valor do sódio que varia de médio, muito alto e alto.

Estas águas podem ser usadas com restrições, existindo um perigo maior da troca do sódio pelo cálcio, que iria reduzir a permeabilidade do solo e torná-lo estéril.



**Figura 04** - Classificação das águas subterrâneas para irrigação na área de estudo.

## CONCLUSÕES

Do exposto conclui-se que:

- A área de estudo é uma região que está sobre um domínio de rochas sedimentares, constituída por três sistemas aquíferos: Icó, Malhada Vermelha e Lima Campos. Além desses, existem mais três sistemas de sedimentos inconsolidados, que nem sempre representam sistemas aquíferos: Moura, Coberturas Recentes e Aluviões;
- Em termos de classificação iônica, onde foi utilizado o diagrama de Piper, observou-se a predominância das águas bicarbonatadas sódicas, cloretadas mistas e cloretadas sódicas;
- Na classificação das águas pelo diagrama de Schoeller & Berkaloff obteve-se águas de qualidade boa a medíocre para consumo humano e outros fins. A média do valor das concentrações das análises das águas da área, mostra que a água pode ser classificada como de boa potabilidade.
- Na irrigação, o diagrama de *U. S. Salinity Staff* classificou as águas, predominantemente, com alto risco de salinidade e baixo risco de sódio (46,7%), na segunda maior parte, 40% indicou água de salinidade média e finalmente 13,3% indicou água com alta e muito alta salinidade, além do valor de sódio que variou entre médio, alto e muito alto.
- A água subterrânea constitui a principal fonte de abastecimento tanto para as sedes como para as áreas rurais dos municípios de Iguatu e Quixelô, cuja captação é feita por meio de poços tubulares rasos e profundos.
- Estudo hidrogeológico com a realização de prospeção geofísica para o conhecimento da espessura das formações geológicas; nivelamento barométrico visando conhecer os desníveis da rede hidrográfica, bem como cotar os níveis de água dos poços tubulares; sondagens de reconhecimento com desenvolvimento de furos estratigráficos com profundidades superiores a 500m, para comparação com as informações obtidas pela geofísica e poços testes para a realização de testes de bombeamento com a finalidade de obtenção das características hidrodinâmicas dos sistemas aquíferos.
- Desenvolvimento de estudos visando a seleção de locais apropriados à disposição de resíduos sólidos e planejamento para a expansão e implementação de saneamento básico nas áreas urbanas dos municípios de Iguatu e Quixelô.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] CUSTÓDIO, E. & LLAMAS, M.R. Hidrogeologia subterrânea. Barcelona: Ediciones Omega, S.A., 1983. v. 1, sec. 4, cap. 4.4, p. 174 a 213.

- [2] LOGAN, J. Interpretação de análises químicas d'água. Recife: US. Agency for International Development, 1965. 67p.
- [3] MABESSOONE, J. M. & CAMPANHA, V. A. Caracterização estratigráfica dos grupos Rio do Peixe e Iguatu. *Ests. Sedimentol., Natal.* 3 / 4, p.22-41. 1973.
- [4] PARENTE, R. C. Qualidade das águas subterrâneas dos municípios de Iguatu e Quixelô – Ceará, Brasil. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Ceará, Departamento de Geologia. Fortaleza-CE. 2001. 107p.
- [5] PONTE, F. C. *et al.* Geologia das bacias sedimentares do Iguatu, no Estado do Ceará. *In:* PONTE, F. C.; HASHIMOTO, A. T.; DINO, R. (Coords.). Geologia das bacias sedimentares mesozóicas do interior do Nordeste do Brasil. Rio de Janeiro: PETROBRÁS-CENPES-DIVEX-SEBIPE, 1991. s.p. (Inédito).