

BSLCM



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIENCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

MARIA CONCEIÇÃO BEZERRA GUERRA

ASPECTOS QUALITATIVOS DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DO MUNICÍPIO DE
JAGUARETAMA, CEARÁ; BRASIL.

D 551.492
551.492
G964a

N.Cham. D 551.492 G964a
Autor: Guerra, Maria Conce
Título: Aspectos qualitativos das águas



13829437 Ac. 65609

BLCM

FORTALEZA-CEARÁ
2003

MARIA CONCEIÇÃO BEZERRA GUERRA

ASPECTOS QUALITATIVOS DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DO MUNICÍPIO DE
JAGUARETAMA, CEARÁ-BRASIL

Dissertação submetida à coordenação do
Curso de Pós-Graduação em Geologia da
Universidade Federal do Ceará como
requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Geologia.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Sônia Maria Silva
Vasconcelos

*Este trabalho é pra Você
Parente,
Com todo o carinho,
Pelo incentivo a minha
iniciação e conclusão
do curso de mestrado.*

*Conceição B. Guerra.
04/03/04.*

FORTALEZA-CEARÁ

2003

MARIA CONCEIÇÃO BEZERRA GUERRA

**ASPECTOS QUALITATIVOS DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DO MUNICÍPIO
DE JAGUARETAMA, CEARÁ-BRASIL**

Dissertação submetida à coordenação de Pós
Graduação em Geologia, da Universidade
Federal do Ceará, como requisito parcial para
obtenção do grau de Mestre em Geologia.

Aprovada em 24 / 11 / 2003

Banca Examinadora:

Prof^a. Dr^a. Sônia Maria Silva Vasconcelos (orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof^a. Dr^a. Maria Marlúcia Freitas Santiago
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. José Antônio Beltrão Sabadia
Universidade Federal do Ceará (UFC)

FORTALEZA-CEARÁ

2003

AGRADECIMENTOS

Apesar das pedras cheguei! O amanhã? Não sei! Mas obrigada, meu Deus, pelo hoje.

À Prof. Dra. Sônia Maria Silva Vasconcelos, do Departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará (UFC), orientadora desta pesquisa, que me acompanhou com seus ensinamentos técnico – geológicos, amizade e disponibilidade, tendo sua participação sido fundamental no desenvolvimento do trabalho.

Ao Prof. Dr. Luís Parente Maia, pelo inestimável apoio, incentivo, compreensão, afinidade e amizade antes e durante o curso, essenciais para o meu ingresso no curso de mestrado.

Ao Prof. Dr. George Satander Sá Freire, pelo apoio e pela ajuda sob forma de bolsa de estudo (CNPq), incentivando a realização desta Pós – Graduação.

Ao Prof. Dr. José Nogueira de Araújo Neto, pelo empréstimo de seu acervo bibliográfico e atenção durante o curso a mim dispensada.

Ao Prof. Dr. Itabaraci Nazareno Cavalcante, que ao emitir o parecer fez considerações importantes à dissertação, para que ela atingisse o final desejado.

A todos os professores das disciplinas do curso de Pós-Graduação do Departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará, em nome de seus coordenadores.

A CPRM – Serviço Geológico do Brasil, (REFO) meus agradecimentos, ao geólogo Jader Parente Filho e a Bibliotecária Aurineide Vasconcelos.

À Prefeitura Municipal de Jaguaratama, na pessoa do Prefeito Afonso Cunha Saldanha pelo apoio a esta pesquisa concedido.

À Secretária Municipal de Recursos Hídricos de Jaguaratama, na pessoa de Francisco Saldanha pelo material bibliográfico a mim concedido.

À FUNCEME (Posto de Jaguaratama), na pessoa do agrônomo Valter Pinheiro de Souza, que mim repassou os boletins pluviométrico do município.

À SOHIDRA (Superintendência de Obras Hidráulicas), quero externar minha gratidão ao corpo técnico e administrativo, pelo atento e excelente tratamento direcionado a mim.

Ao geólogo Francisco Said Gonçalves, pelos ensinamentos na etapa de campo referente à geofísica.

Ao casal Nedson e Tânia, ambos geólogos pelas informações geológicas que auxiliaram no equacionamento de alguns problemas referentes à pesquisa.

Ao caseiro da Fazenda Não me Deixes, (Jaguaretama – CE) de nossa propriedade, na pessoa do Sr; Gildário que mim acompanhou em todas as etapas de campo.

Finalmente agradeço a minha família, em especial a minha irmã Wanda, compreensão, incentivo e perseverança.

DEDICATÓRIA

À minha mãe,

Maria Walda Bezerra Guerra

(in memorian)

A minha irmã,

Wanda Maria Guerra Lima.

RESUMO

O presente trabalho refere-se à pesquisa dos recursos hídricos subterrâneos no município de Jaguaratama que está situado na região centro leste do estado do Ceará.

A realização deste trabalho constou de pesquisa bibliográfica, etapas de campo com cadastramento de 94 poços tubulares, coleta de 20 amostras de água para análise físico-químicas, elaboração de bases cartográfica e tratamento de dados.

Geologicamente, área em estudo é representada por rochas cristalinas antigas: quartizitos, gnaisses e migmatitos, do pré-cambriano. Ao longo e nas calhas dos principais cursos d' água aparecem, de forma descontínua, depósitos aluvionares quaternários.

Do ponto de vista hidrogeológico, distingui-se o domínio das rochas cristalinas e o domínio das aluviões. Dos 94 poços cadastrados 87% foram construídos no domínio das rochas cristalinas, de reconhecida má vocação hidrogeológica, apresentando uma vazão representativa de 708 L/h. No que diz respeito particularmente ao abastecimento público, há um insucesso na região com perfuração de poços tubulares nessas rochas, o que se materializa atualmente por um grande número de unidades abandonadas, devido comumente às fracas vazões e altas taxas de salinização, na sede municipal a oferta de água atualmente é de 297.453 m³/h. A utilização de técnicas geofísicas tem contribuído para minimizar os insucessos na produção dos poços construídos.

Em decorrência da fraca potencialidade hídrica das rochas cristalinas, os depósitos aluviais, assumem grande importância no contexto hídrico da área, mas ainda são pouco aproveitados.

Em termos de caracterização hidroquímica das águas subterrâneas foram identificados diferentes tipos de classes, com uma predominância para as águas cloretadas sódicas, tendendo para sulfatadas cálcicas e bicarbonatas cálcicas.

A dureza apresenta uma predominância de á "muito duras", com valores oscilando entre 1500 à 4137,30 mg / L de CaCO₃, a condutividade elétrica varia entre 500 e 26600 µ S/ cm a 25°C e o valor médio do ph de 7,84 (caráter básico).

A maioria das águas subterrâneas dos poços tubulares do município de Jaguaretama, classificadas para o uso na irrigação é do tipo C₅ – S₄ e C₅ – S₃ (26,31%), caracterizando águas com risco de salinidade excepcionalmente alto e muito alto risco de sódio.

A potabilidade da água subterrânea na área de estudo, varia de boa a má.

As zonas de maior risco ambiental concentram-se na área urbana e nas proximidades das unidades de dessalinização.

ABSTRACT

The present work refers to ground water resources' research in Jaguaratama which is a town located in the central east region, in the state of Ceará.

The accomplishment of this work consisted of bibliographic research, field steps with the registering of 94 drilling wells, 20 water samples for physicochemical analysis, cartographic basis working up and data treatment.

Geologically, the area is represented by ancient crystalline rocks: quartzites, gneisses and migmatites from the pre -Cambrian. Throughout and in the channels of the main water path arise in a way which is not continuous, alluvial quaternary deposits.

Through the hydrological point of view, it was distinguished the domain of crystalline rocks as well as the domain of alluvium . From the 94 wells which were registered 87% were built in the domain of crystalline rocks which were know as of bad hydrogeological tendency. They presented a representative overflow of 708 L/h. As far as public water supply is concerned, there is a failure in the region with the drilling of tubular wells in such rocks which shows nowadays, a great number of abandoned units usually caused by weak overflow and high taxes of salinity. In the main center of the town the water supply is of about 297.453 m³/h. The use of geophysical techniques has to minimize the failures in the production of wells.

Because of the weak hydric capacity in crystalline rocks the alluvial deposits assume a great importance in the hydric context of the area, even though they are not still very well used .

In terms of hydrochemical characterization, of the subterranean waters, different types of classes were identified with predominance for water with sodic chlorine. There was also a tendency for calcium sulfate and calcium bicarbonate .

As far as hardness is concerned, there is predominance of very hard and the average values oscillate between 1500 to 4137, 30 mg/L of CaCO_3 .

The electrical conductivity variation is from 500 to 26600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ and 25°C and the average value of pH is 7.84 (basic character).

Most of the ground waters in drilling wells in the district of Jaguaretama are classified to be used for irrigation purposes they are of the type $\text{C}_5 - \text{S}_4$ and $\text{C}_5 - \text{S}_3$ (26.31%), characterizing water with risk of salinity, specially with high and very high risk of the presence of sodium.

The ground water in the area mentioned above, varies from good to bad.

The zones of higher environmental risk is concentrated in the urban area as well as in the dissalination units' surroundings.

SUMÁRIO

Lista de Tabelas	11
Lista de Figuras	13
1. INTRODUÇÃO	18
1.1. Objetivos	19
2. CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA	20
2.1. Aspectos Fisiográficos	22
2.1.1. Clima	22
2.1.2. Geomorfologia	28
2.1.3. Vegetação	29
2.1.4. Solos	29
2.2. Aspectos Sócio-econômicos	30
2.3. Recursos hídricos	31
2.3.1. Águas superficiais	31
2.3.2. Águas subterrâneas	31
3. METODOLOGIA DE TRABALHO	33
3.1. Levantamento bibliográfico	33
3.2. Interpretação fotogeológica	33
3.4. Trabalho de campo	33
3.5. Análises físico-químicas de laboratório	34
3.6. Análise e integração de dados	35
4. ASPECTOS GEOLÓGICO-ESTRUTURAIIS	36
4.1. Comentários preliminares	36
4.2. Unidades lito-estratigráficas	36
4.2.1. Embasamento	36
4.2.2. Unidade metavulcanossedimentar	37
4.2.3. Unidade metaplutônica granitóide (suite magmática serra	

do deserto).	37
4.2.4. Suítes magmáticas granitóides e básico – intermediárias	37
4.2.5. Sedimentos mesozóicos não deformados	38
4.3. Aspectos estruturais	38
4.3.1. Fases de deformação e estruturas	38
4.3.1.1. Fase de deformação Dn e estruturas	38
4.3.1.2. Fase D1	39
4.3.1.3. Fase D2	39
4.3.1.4. Fase D3	40
4.3.2. Deformação nas zonas de cisalhamento e estruturas	40
4.4. Metaforfismo	41
4.5. Evolução tectônica	42
5. ÁGUA SUBTERRÂNEA	43
5.1. Avaliação das obras de captação	43
5.2. Aspectos quantitativos	49
5.3. Levantamentos de eletroresistividade para locação de poços	51
6. ASPECTOS HIDROQUÍMICOS	59
6.1. Balanço iônico	60
6.2. Caracterização hidroquímica	63
6.2.1. Sólidos totais dissolvidos	63
6.2.2. Dureza	65
6.2.3. Condutividade elétrica	66
6.2.4. pH	67
6.2.5. Classificação iônica das águas subterrâneas	68
6.3. Uso das águas subterrâneas	72
6.3.1. Abastecimento público	72
6.3.2. Consumo humano	73
6.3.2.1. Ferro	79
6.3.2.2. Manganês	79
6.3.2.3. Alumínio	80
6.3.2.4. Cloreto	80
6.3.2.5. Sódio	81
6.3.2.6. Sulfato	81

6.3.3. Indústria	82
6.3.4. Irrigação	84
7. CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	89
7.1. Fontes pontuais	89
7.1.1. Lixões	89
7.1.2. Cemitérios	90
7.1.3. Construção de Poços tubulares	90
7.2 . Fontes difusas	91
7.2.1. Saneamento básico	91
7.2.2. Rejeitos da dessalinização	92
7.2.3. Atividade Agrícola	92
8. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	93
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	95
ANEXO 01- CADASTRO DE POÇOS	
ANEXO 02 - FOTOS	
ANEXO 03 -MAPA	

LISTA DE TABELAS

	página
1- Coordenadas U.T.M da Área.	20
2- Médias Mensais da Precipitação Pluviométrica Anual, no Período de 1986 a 1999, da Estação meteorológica de Jaguaretama/Ce.	23
3- Médias Mensais de Temperatura, no período de 1986 a 1999 da Estação Meteorológica de Jaguaretama / Ce.	24
4- Balanço Hídrico com valores totais mensais de precipitações temperaturas médias mensais para o período de 1986 a 1999 do município de Jaguaretama.	27
5- Erro admissível nas análises dos íons maiores.	35
6- Situação atual dos Poços Cadastrados.	48
7- Estimativa da Disponibilidade instalada atual e Potencial das Rochas Cristalinas do Município de Jaguaretama.	50
8- Dados do Perfil 1	53-54
9- Dados do perfil 2.	55
10- Dados do perfil 3.	56-57
11- Dados do perfil 4.	57-58
12- Condutividade elétrica e Concentração Iônica das Análises Químicas das amostras da área estudada.	61
13- Condutividade Elétrica e Concentrações Iônicas em meq e erro obtido para as análises químicas das amostras da área estudada	62
14-Intervalos de STD nas Águas Subterrâneas dos Poços Tubulares da área estudada.	64
15- Classificação da Dureza das Águas Subterrâneas da área de estudo.	65
16- Condutividade Elétrica das Águas Subterrâneas na área de estudo.	67
17- Classificação iônica das Águas Subterrâneas da área em estudo.	70
18- Características do Abastecimento Público da área de estudo.	72
19- Valores Mínimo e Máximo dos Parâmetros analisados das Águas da área em estudo em relação à Portaria N° 1469 / de 29/12/00 MS, e Padrões recomendados pela OMS.	78

	página
20- Classificação das águas conforme índice de Langelier.	83
21- Índice de saturação e classificação das amostras da área de estudo.	83
22- SAR e Condutividade Elétrica das águas dos Poços Tubulares do Município de Jaguaretama.	85
23- Classificação das Águas Subterrâneas para Irrigação no Município de Jaguaretama.	86-87

LISTA DE FIGURAS

	página
1- Localização do Município de Jaguaretama.	21
2- Médias Mensais de Precipitação Pluviométrica no Período de 1986 a 1999, da estação meteorológica de Jaguaretama/Ce.	23
3- Médias Mensais de Temperatura, no período de 1986 a 1999 da Estação Meteorológica de Jaguaretama/Ce.	24
4- Representação gráfica de elementos do balanço hídrico para o município de Jaguaretama, referente ao período de 1986 a 1999.	28
5- Poços perfurados no período de 1962 a 2001 no Município de Jaguaretama.	43
6- Histograma para profundidades dos poços tubulares do Município de Jaguaretama.	44
7- Níveis estáticos dos poços tubulares do Município de Jaguaretama.	45
8- Histograma das vazões dos poços tubulares do Município de Jaguaretama.	46
9- Histograma para vazão transformada pelo logaritmo decimal visando sua normalização.	47
10- Tipos de poços.	47
11- Situação de uso dos poços amazonas.	48
12- Situação de uso dos poços tubulares.	49
13- Representação esquemática do arranjo Schlumberger.	51
14 – Representação do perfil 1.	54
15 - Representação do perfil 2.	56
16 - Representação do perfil 3.	57
17 - Representação do perfil 4.	58
18 - STD nas águas subterrâneas dos poços tubulares do município de Jaguaretama.	64
19 - Dureza nas águas subterrâneas dos poços do município de Jaguaretama.	66

	página
20 - Condutividade Elétrica das águas subterrâneas .	67
21 - pH nas águas subterrâneas no município de Jaguaretama.	68
22 - Fácies química das águas subterrâneas do município de Jaguaretama.	69
23 - Diagramas de Stiff para as águas no município de Jaguaretama.	71
24 - 24a,b,c,d - Potabilidade das águas no município de Jaguaretama.	74-77
25 - Distribuição das concentrações de ferro das águas subterrâneas dos poços tubulares do município de Jaguaretama.	79
26 - Distribuição dos valores de cloretos das águas subterrâneas dos poços tubulares do município de Jaguaretama.	80
27 - Distribuição dos valores de Sódio das águas subterrâneas dos poços tubulares e no Município de Jaguaretama.	81
28 - Classificação das águas subterrâneas da área de estudo para irrigação.	88

1. INTRODUÇÃO

A área do estado do Ceará está, na sua totalidade, inserida na área designada por "Polígono das Secas" devido à ocorrência de períodos de escassez de água historicamente registrados.

Do ponto de vista climático, o estado do Ceará apresenta um regime pluviométrico irregular no tempo e no espaço. A irregularidade no espaço é verificada quando se constata a ocorrência de precipitações mais significativas e melhor distribuídas nas regiões litorâneas e serranas do estado (cerca de 10% da área total). No tempo, observa-se, durante um ano, a ocorrência de dois períodos distintos: um chuvoso, geralmente entre janeiro e junho, e outro seco, geralmente entre julho e dezembro; e, analisando séries históricas de totais anuais, verifica-se a ocorrência de anos muito secos repetidos de forma cíclica com ciclos de período variável. O regime térmico do estado é relativamente uniforme apresentando temperaturas elevadas na maior parte do estado e temperaturas mais amenas nas regiões de maior altitude e nas regiões litorâneas.

Do ponto de vista hidrogeológico distinguem-se dois grandes domínios: o das rochas sedimentares englobando os depósitos da faixa litorânea, as aluviões, e os depósitos das bacias sedimentares presentes na Chapada do Apodí, na Chapada do Araripe, no planalto da Ibiapaba e nas bacias interiores presentes na região centro-sul do estado; e o das rochas cristalinas que ocupam 75% da área do estado.

No que se refere à potencialidade hidrogeológica, no domínio das rochas sedimentares estão presentes os aquíferos de maior importância. As rochas sedimentares, de idade paleozóica, mesozóica e cenozóica, são caracterizadas por apresentarem uma porosidade primária favorável ao armazenamento de água, podendo possuir condições de permeabilidade adequadas ao fornecimento de água subterrânea. As rochas cristalinas, de idade pré-cambriana, apresentam uma porosidade secundária representada por sistemas de fraturamento distribuídos de

forma aleatória e, geralmente, de pequena extensão. Em geral, os poços construídos em rocha cristalina apresentam baixas vazões e água salinizada.

O município de Jaguaretama situa-se no domínio hidrogeológico das rochas cristalinas, de baixo potencial hidrogeológico, fato que associado às condições climáticas provoca graves problemas ligados ao abastecimento de água. Este é um dos fatores que contribui sobre maneira para que Jaguaretama apresente um quadro socioeconômico empobrecido, castigado pela irregularidade das chuvas.

No entanto, o baixo potencial hidrogeológico das rochas cristalinas não pode ser motivo para reduzir sua importância como uma possível fonte potencial de água subterrânea considerando que as rochas cristalinas ocupam a grande maioria da área do estado. Além disso, as aluviões presentes na área do município também podem representar uma possível opção para minimizar os efeitos da seca.

1.1. Objetivos

A realidade de escassez de água vivenciada no município de Jaguaretama e a possibilidade de utilização da água subterrânea como fonte viável de abastecimento justificam a execução do presente trabalho, que tem como objetivos:

- Elaborar cadastro atualizado de dados pertinentes aos poços existentes considerando as caracterizações: em uso, desativado e não instalados, públicos ou privados, visando fornecer um suporte para a Prefeitura Municipal desenvolver um plano municipal de recursos hídricos.
- Analisar o cadastro elaborado para ter o conhecimento atualizado sobre o número de poços existentes no município, utilização das águas subterrâneas e potencial disponível para exploração.
- Analisar dados geofísicos utilizados para a locação de poços para captação de água subterrânea no município.
- Estabelecer um diagnóstico relativo à qualidade das águas subterrâneas e aos possíveis riscos de poluição.

2. CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA

O município de Jaguaretama-CE situa-se na porção centro-leste do estado do Ceará (Figura 1), limita-se com os municípios de Morada Nova e Banabuiú, a Norte; Solonópole, Jaguaribe e Jaguaribara (antiga, atualmente Barragem do açude Castanhão), a Sul; Nova Jaguaribara, Alto Santo e Morada Nova, a Leste; e Banabuiú e Solonópole, a Oeste. Compreende uma área de 1.870 Km², localizada nas cartas topográfica Senador Pompeu (SB. 24-V-D-VI), Jaguaretama (SB. 24-X-C-IV), Iguatu (SB. 24-Y-B-III) e Orós (SB. 24-Z-A-I), situada no interior de um retângulo cujos vértices tem as coordenadas UTM constantes da tabela 1.

Tabela 1 - Coordenadas U.T.M. (em metros) do retângulo que engloba área do Município de Jaguaretama, tendo como referência o meridiano de 39° a oeste do meridiano de Greenwich.

COORDENADAS	VÉRTICES			
	1	2	3	4
Latitude (N)	510000	510000	550000	550000
Longitude (E)	9360000	9420000	9420000	9360000

Dista 222 Km de Fortaleza e o acesso rodoviário principal é feito através da BR-116 e CE-138 até o município de Morada Nova, a partir do referido município percorre-se pela CE-371 até Jaguaretama.

Estradas municipais carroçáveis interligam as demais vilas, lugarejos, sítios e fazendas do município.

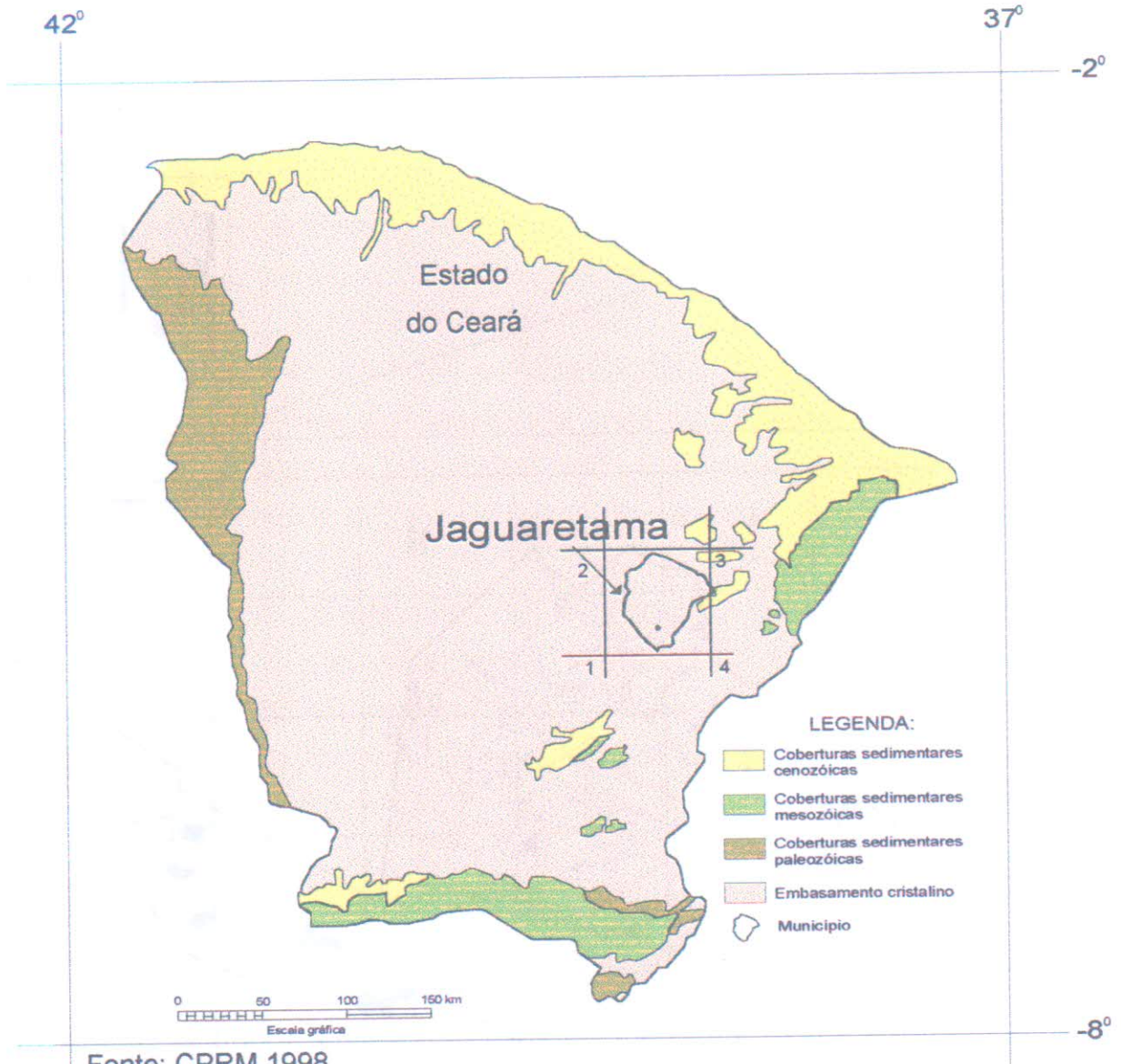
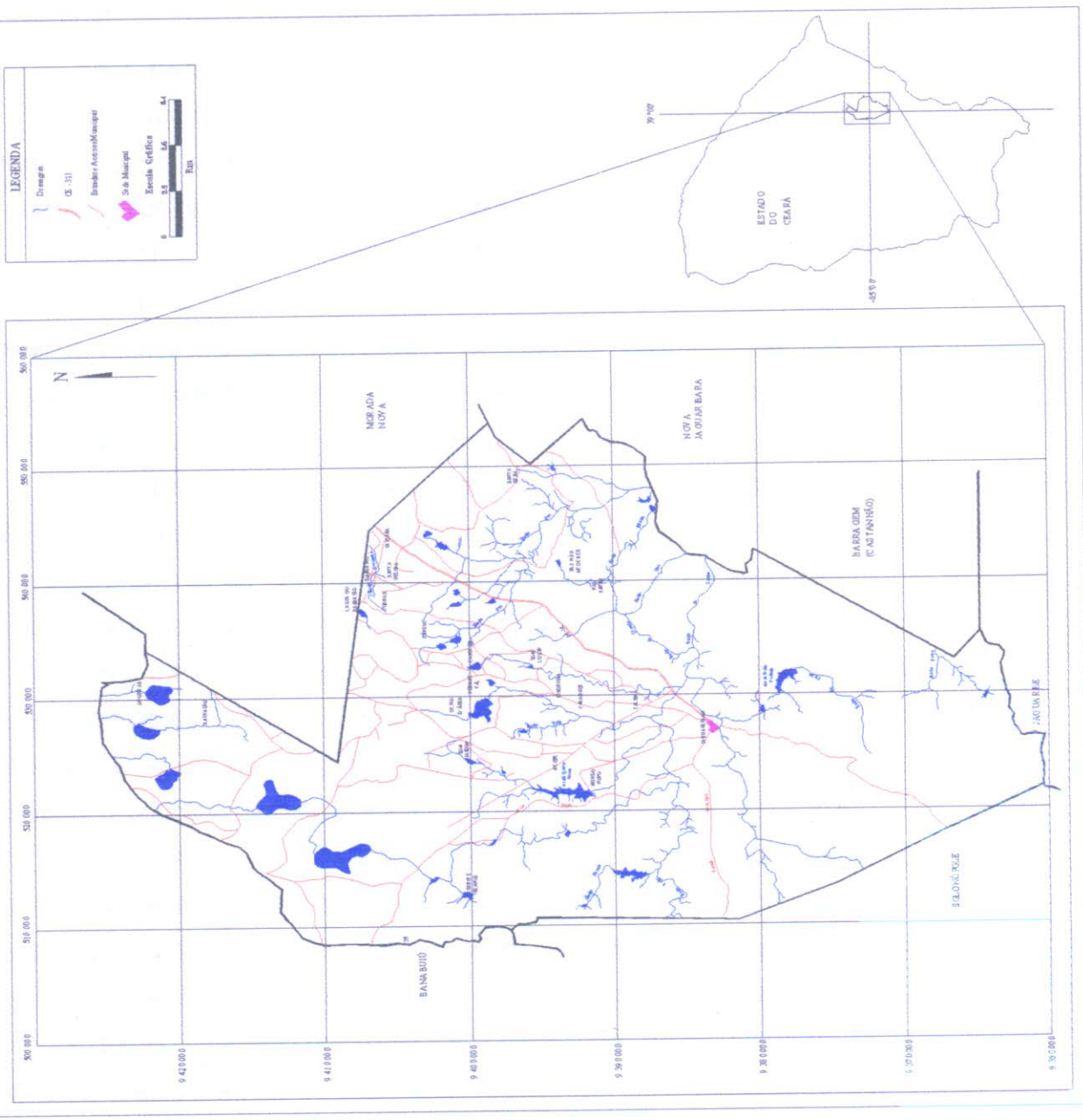


Figura 1- Localização do Município de Jaguaratama.

MAPA DE LOCALIZAÇÃO
MUNICÍPIO DE JAGUARETAMA - CEARÁ



2. 1. Aspectos Fisiográficos

Constituindo um somatório, os aspectos fisiográficos correspondem ao clima, geomorfologia, vegetação e solos, onde são apresentadas suas características fundamentais de cada componente.

2.1.1. Clima

A circulação atmosférica no Nordeste gira em torno de quatro sistemas meteorológicos: os alísios de SE, a Convergência Intertropical (CIT), o Equatorial Amazônico (Ec) e a Frente Polar Atlântica (FPA).

O sistema formado pela Convergência Intertropical constitui-se no de maior importância para o Ceará, é o responsável pelas precipitações que ocorrem no verão-outono, iniciados nos meados do verão e concentrados nos meses de março e abril, quando são influenciadas pelos sistemas da Frente Polar Atlântica – FPA e dos alísios.

A combinação desses sistemas com os fatores geográficos, tais como latitude, orientação do litoral em relação à corrente dos alísios, as baixas altitudes, o relevo, a orientação das serras, a continentalidade e o posicionamento do seu território em relação ao hemisfério sul, caracteriza as condições climáticas vigentes no estado do Ceará. Estas são expressas por elevadas temperaturas, baixas amplitudes térmicas, baixos índices de nebulosidade, forte insolação, elevadas taxas de evaporação e marcante irregularidade das chuvas no tempo e no espaço, principal característica do seu regime pluviométrico.

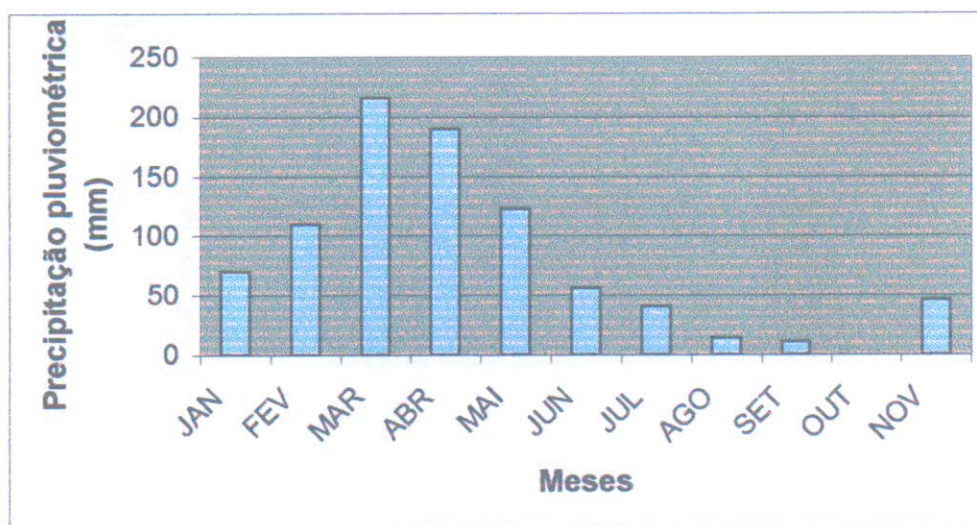
A área em estudo fica totalmente inserida na região fisiográfica do sertão nordestino, onde predomina o clima semi-árido, caracterizado pela alternância de duas estações bem definidas: a das chuvas, denominadas localmente de “inverno” e das estiagens, denominada “verão” e, ainda por precipitações escassas e irregularidades, temperaturas elevadas e altas taxas de evaporação. As análises pluviométricas, para uma série de anos, registraram totais mensais de precipitação conforme Tabela 2.

Tabela 2 - Médias mensais de precipitação pluviométrica, em mm, para o período de 1986 a 1999, segundo dados da Estação Meteorológica de Jaguaretama / CE.

Município	MESES DO ANO											
	PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA (mm)											
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Jaguaretama	70,3	109,9	216,1	189,1	122,5	56,2	40,7	14,1	10,7	-	45,9	53,7

Fonte: FUNCEME / JAGUARETAMA, 2001.

O regime pluviométrico caracteriza-se por uma estação chuvosa e outra seca. A primeira tem início no mês de janeiro, prolongando-se até junho, com os maiores índices pluviométricos verificados no trimestre março-abril-maio, conforme a Tabela 2 e Figura 2 a estação seca inicia-se em junho indo até dezembro. Na estação seca o mês de outubro não registra nenhum índice pluviométrico do ano.



Fonte: FUNCEME / JAGUARETAMA, 2001.

Figura 2 - Médias mensais da precipitação pluviométrica para o período de 1986 a 1999, da estação meteorológica de Jaguaretama/CE.

Conforme os dados que são apresentados na Tabela 3, referentes à estação meteorológica de Jaguaretama situada na área de estudo, no período de 1986 a 1999 (FUNCEME/2001) a média anual das médias de temperaturas é de 30°C, com média mínima anual alcançando 28°C, ocorrendo imediatamente após o período chuvoso.

A época mais quente corresponde ao período seco, compreendido entre os meses de junho e dezembro, apresentando médias máximas anuais de 32°C. As médias mensais da temperatura, no período de 1986 a 1999, da estação meteorológica de Jaguaretama / CE, estão representadas na Tabela 3 e Figura 3.

Tabela 3 - Médias Mensais da temperatura, no período de 1986 a 1999, da Estação meteorológica de Jaguaretama / CE.

MUNICÍPIO	Meses do ano / Temperatura (° C)											
JAGUARETAMA	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
	28,8	28,0	27,1	26,9	26,6	26,4	26,7	27,5	28,4	29,0	29,2	29,2

FONTE: FUNCEME, JAGUARETAMA, 2001.

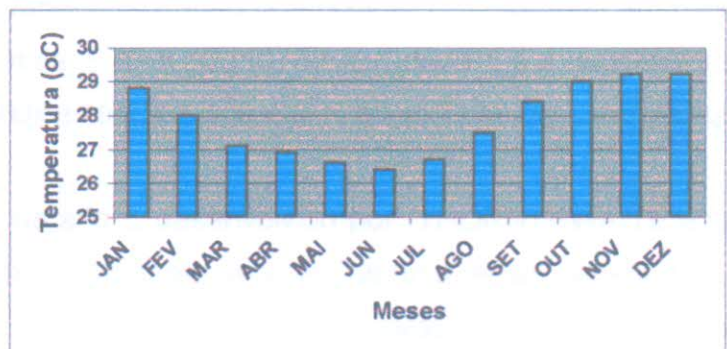


Figura 3 - Médias mensais da temperatura, para o período de 1986 a 1999, dados da Estação Meteorológica de Jaguaretama / CE.

Balanço Hídrico

A caracterização do Balanço Hídrico da área em estudo consiste basicamente nos seguintes itens;

Precipitação (P) - Representa a quantidade de água disponibilizada para ser adicionada ao solo e ao sistema subterrâneo;

Evapotranspiração Real (ETR) - Corresponde à quantidade de água que retorna a atmosfera por evaporação e transpiração vegetal;

Evapotranspiração Potencial (ETP) – Definida como sendo a quantidade de água perdida por evaporação e transpiração de uma superfície natural tal que esteja totalmente coberta por camada com teor de umidade próximo à capacidade de campo (VILLELA & MATOS, 1975).

A fórmula de Thornthwaite considera altura pluviométrica e temperatura, fornecendo a evapotranspiração potencial (ETP), por mês em milímetros, através da seguinte fórmula; $ETP = 16 (10T/I)^a K$, onde T é a temperatura média mensal em °C, I é o índice térmico anual e K é um fator de correção que depende da latitude.

O índice de aridez desenvolvido por (THORNTHWAITE apud REDESERT, 1995), considera que: “o grau de aridez de uma região depende da quantidade de água advinda da chuva (P) e da perda possível de água através da Evapotranspiração Potencial (ETP)”.

$$\text{Equação: Índice de Aridez} = \frac{P}{ETP}$$

A área em estudo apresenta índice de aridez abaixo de 0,65 sendo, portanto, susceptível aos processos de desertificação de acordo com a "Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação".

O balanço hídrico tem por objetivo principal estudar variação de reservas de águas calculando os recursos exploráveis.

O balanço hídrico da área foi realizado a partir dos dados de temperaturas médias mensais e as precipitações médias mensais relativas ao período de 1986 a 1999, com base nos cálculos da Evapotranspiração Potencial (ETP), Retenção de água no solo (C) e Infiltração (I).

O balanço hídrico da área em estudo está representado na Tabela 4 e Figura 4.

Tabela 4- Balanço hídrico com valores totais mensais de precipitações e temperaturas médias mensais para o período de 1986 a 1999 do município de Jaguaretama.

	P(mm)	ETP (mm)	C (mm)	ETR (mm)	I (mm)
JAN	70,3	148,45	0,0	70,3	0,0
FEV	109,9	133,83	0,0	109,9	0,0
MAR	216,1	120,51	100,00	125,33	90,77
ABR	189,6	117,23	100,00	117,23	72,37
MAI	122,5	112,45	100,00	114,69	7,81
JUN	56,2	109,34	0,0	56,2	0,0
JUL	40,7	114,02	24,4	40,7	0,0
AGO	14,1	127,26	0,0	14,1	0,0
SET	10,7	143,47	0,0	10,7	0,0
OUT	0	155,08	0,0	0	0,0
NOV	45,9	159,09	0,0	45,9	0,0
DEZ	53,7	159,09	0,0	53,7	0,0
TOTAL	929,7	1592,82	324,4	758,75	170,95

LEGENDA: P - Precipitação; ETP – Evapotranspiração Potencial;

C – Retenção de água no solo; ETR – Evapotranspiração real;

I – Infiltração.

Desprezando o escoamento superficial e considerando toda a área do município como área de recarga, então o volume de água subterrânea renovável por ano seria:

$$V = l_e \times A$$

$$V = 1.870.800.000 \text{ m}^2 \times 0,17095 \text{ m}$$

$$V = 319 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{ano.}$$

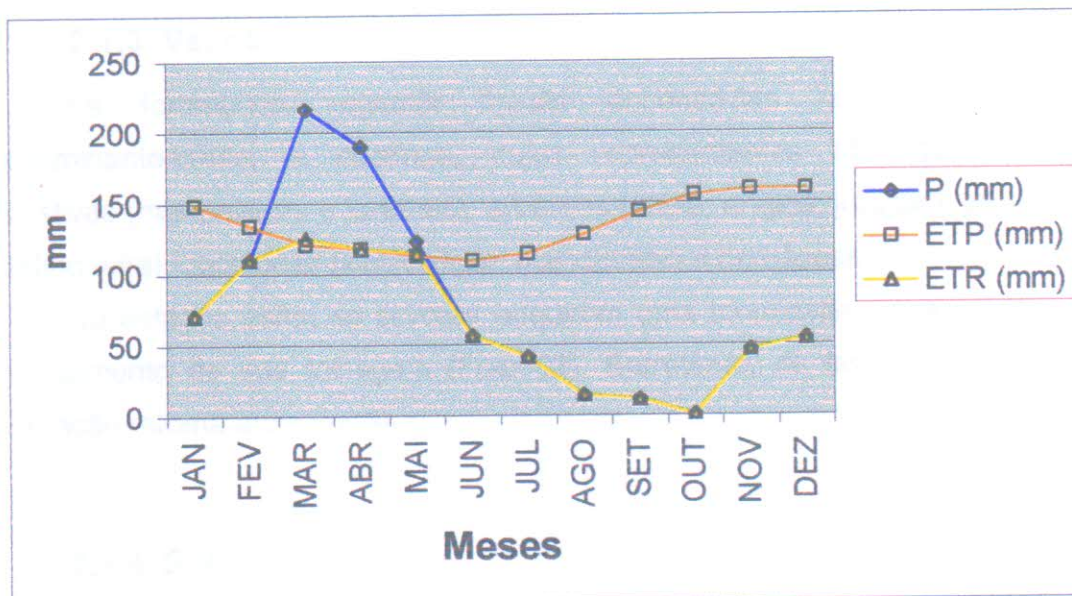


Figura 4 – Representação gráfica de elementos do balanço hídrico para o município de Jaguaretama, referente ao período de 1986 a 1999.

2.1.2. Geomorfologia

O modelado do relevo reflete os fatores geológicos, paleoclimáticos e morfodinâmicos que se manifestam de forma interligada, porém sem o mesmo grau de predomínio para todos.

O relevo do município em discussão tem as formas suaves e pouco dissecadas da Depressão Sertaneja (Foto 01), produto da superfície de

aplainamento em atuação no cenozóico, e as altitudes situam-se próximas dos 300m.

Na região somente ocorrem rochas cristalinas antigas: quartzitos, gnaisses e migmatitos, do Pré-Cambriano Indiviso.

Ao longo e nas calhas dos principais cursos d'água aparecem, de forma descontínua, depósitos aluvionares quaternários, em geral, não muito espessos.

2.1.3. Vegetação

As formações vegetais típicas encontradas no município são, predominantemente, a caatinga, cujos representantes são as formações arbustivas (marmeleiros e juremas), arbóreas (sabiá, angico, juazeiro, pau-branco e catingueira), cactáceas (xique-xique, mandacaru) e herbáceas.

Na estação seca, as árvores adquirem uma tonalidade cinza em vista do ressecamento de sua folhagem (Foto 02). Entretanto, de fevereiro a março, a vegetação retoma a cor verde.

2.1.4. Solos

Os tipos de solos que se desenvolvem predominantemente no município são classificados como sendo planossolo solódico e solo litólico, eutrófico e distrófico (LEITE & MARQUES, 1995).

Os planossolos solódicos são solos relativamente rasos, com textura arenosa no horizonte A e argilosa no horizonte B. Possuem uma estrutura prismática ou colunar, são moderadamente ácidos a fortemente ácidos, tendo uma fertilidade natural limitada pela elevada saturação em sódio. Estes solos apresentam ainda problemas de falta de aeração, excesso de água no período chuvoso e ressecamento na estação seca.

Os solos litólicos eutróficos e distróficos são solos rasos ou muito rasos, pouco desenvolvidos, não hidromórficos, normalmente pedregosos e rochosos, com um horizonte A sobre a rocha (R) ou sobre um horizonte C de pequena espessura, com uma textura desde arenosa até siltosa. O uso destes solos é

limitado pela deficiência d'água, pedregosidade, pouca profundidade e grande susceptibilidade a erosão .

2.2. Aspectos Sócio-econômicos

O município apresenta um quadro socioeconômico empobrecido, castigado pela irregularidade das chuvas. A população atualmente é de 19.197 habitantes, com maior concentração na zona rural. A sede do município dispõe de abastecimento de água (CAGECE), fornecimento de energia elétrica (COELCE), serviço telefônico (TELEMAR), agência dos correios e telégrafos, serviço bancário, hospitais, hotéis e colégios.

O extrativismo vegetal sobressai-se com a fabricação de carvão vegetal, extração de madeiras diversas para lenha e construção de cercas, além de atividades com oiticica e carnaúba. O artesanato de redes e bordados é difundido no município.

Segundo estudos do IPLANCE, o PIB – Produto Interno Bruto, o município atingiu o montante de 21.413,73 R\$ (dezembro / 1996), equivalente a 0,12% do total estadual.

No mesmo ano, a renda média anual por Habitante alcançou 1.237,07 R\$, ocupando a posição de nº 76 no estado.

O setor pecuário destaca-se a bovinocultura, ovino-caprinocultura e a apicultura.

Dentre as principais atividades agrícolas desenvolvidas, podemos destacar as culturas de feijão (546 t) arroz sequeiro (99 t) arroz irrigado (700 t) e caju pedúnculo (98 t). O sistema público do município de Jaguaretama possuiu 1.168 ligações reais residenciais com uma rede de distribuição de 11.240 m, produzindo 297.453 m³ de água por ano.

O setor mineiro está representado na área pela presença de algumas cerâmicas que produzem tijolos, oriundo da exploração da argila.

2.3. Recursos Hídricos

O potencial de recursos hídrico de uma região é condicionado por fatores climáticos e geológicos. Os fatores climáticos relacionam-se à recarga de água para os sistemas superficiais e subterrâneos enquanto que os fatores geológicos indicam o modo de ocorrência e a disponibilidade dos recursos hídricos subterrâneos.

2.3.1. Águas superficiais

O município de Jaguaretama está inserido nas bacias hidrográficas do rio Banabuiú e do médio Jaguaribe. Como principais drenagens superficiais pode-se mencionar os riachos Timbaúba, das Pedras, Fundo e do Sangue, merecendo destaque ainda os riachos do Ferreira, dos Cavalos, da Cruz, Desterro e do Livramento, Santa Rosa e Santana, e o rio Banabuiú que faz divisa com o município de mesmo nome.

As condições hidrográficas do município levaram os fazendeiros a construir açudes e barragens para fins de uso doméstico e agropecuário. Dentre estes, se destacam o açude Boa Esperança, tem-se ainda, na porção nordeste, parte do reservatório do açude Poço do Barro, cujo corpo da barragem fica no município de Morada Nova. O abastecimento da sede municipal é feito pela CAGECE, captando água através de poços localizados nos aluviões do riacho Fundo, que atende cerca de 65% da população, e os 35% restantes recorrem às cacimbas escavadas em leitos de riachos, açudes, poços amazonas, carros-pipas ou se abastece manualmente transportando em animais.

água do riacho Fundo que atende cerca de 65% da população, e os 35% restantes recorrem as cacimbas escavadas em leitos de riachos, açudes, poços amazonas, caminhões pipas ou se abastece manualmente transportando em lombo de animais.

2.3.2. Águas subterrâneas

No município de Jaguaretama pode-se distinguir dois domínios hidrogeológicos distintos: o domínio das rochas cristalinas e os depósitos aluvionares.

As rochas cristalinas predominam totalmente na área e representam o que é denominado comumente de “aquífero fissural”. Como basicamente não existe uma porosidade primária nesse tipo de rocha, a ocorrência da água subterrânea é condicionada por uma porosidade secundária representada por fraturas e fendas, o que se traduz por reservatórios aleatórios, descontínuos e de pequena extensão. Dentro deste contexto, em geral, as vazões produzidas por poços são pequenas e a água, em função da falta de circulação e dos efeitos do clima semi-árido é, na maior parte das vezes, salinizada (foto 03). Essas condições atribuem um potencial hidrogeológico baixo para as rochas cristalinas sem, no entanto, diminuir sua importância como alternativa de abastecimento em casos de pequenas comunidades ou como reserva estratégica em períodos prolongados de estiagem.

Os depósitos aluvionares são representados por sedimentos areno-argilosos recentes, que ocorrem margeando as calhas dos principais rios e riachos que drenam a região, e apresentam, em geral, uma boa alternativa como manancial, tendo uma importância relativamente alta do ponto de vista hidrogeológico, principalmente em regiões semi-áridas com predomínio de rochas cristalinas. Normalmente, a alta permeabilidade destes depósitos arenosos compensa as pequenas espessuras, produzindo vazões que alcançam 500L/h.

3. METODOLOGIA DE TRABALHO

A metodologia adotada para execução desse trabalho constou das etapas abordadas a seguir.

3.1. Levantamento bibliográfico

Para a área de pesquisa foi feito um levantamento bibliográfico onde foram consultadas várias publicações referentes à geologia, hidrogeologia, aspectos socioeconômicos e mapas temáticos.

A pesquisa bibliográfica foi realizada também junto aos órgãos públicos federais (UFC), estaduais (SOHIDRA, IPLANCE, IDACE, FUNCEME, CAGECE, UECE) e municipais (Prefeitura Municipal de Jaguaretama, Posto Municipal da FUNCEME), que serviram para um conhecimento das características da região, propiciando a execução das etapas posteriores do presente trabalho.

3.2. Interpretação fotogeológica

Atividade desenvolvida fazendo-se uso de fotografias convencionais (preto e branco), na escala de 1: 70.000 e finalmente confecção de um mapa base.

3.4. Trabalho de campo

O trabalho de campo teve início no ano 2001 e foi realizado em três etapas: a primeira teve como objetivo o reconhecimento da área e cadastramento dos

pontos d'água: Foram cadastrados 94 poços, com informações sobre profundidade, nível estático, vazão, local, tipo de poço, entre outras. Em todos os pontos d'água, foram feitas medidas de condutividade elétrica.

Cada ponto d'água visitado foi identificado e posicionado através de coordenadas geográficas em UTM, obtidas com GPS – Sistema de Posicionamento Global, portátil, modelo GARMIN.

De posse das informações obtidas na primeira etapa de campo, foi executada a segunda etapa que consistiu da coleta de amostras de água dos pontos d'água selecionados, para a realização de análises físico-químicas no laboratório de Controle de Qualidade da Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE.

As coletas das amostras obedeceram às seguintes orientações dos técnicos do laboratório da CAGECE; cada amostra continha a respectiva ficha de campo indicando local, data, município, interessado, condutividade elétrica e indicação se houvera chovido nas últimas 24 e / ou 48 horas.

Houve uma terceira etapa de campo, orientada por um profissional da SOHIDRA, onde foram realizados estudos geofísicos de eletrorresistividade, para identificação de zonas promissoras para locação de poços, cujos resultados tiveram como objetivo, compor banco de dados, referentes à área de estudo.

3.5. Análises físico- químicas de laboratório

As amostras de água foram enviadas para o laboratório da CAGECE, que utiliza o método padrão do “*Standart Methods*” para realização das análises físico-químicas. No resultado da análise tem-se a turbidez, cor, odor, pH, alcalinidade, dureza, cálcio, magnésio, condutividade, cloretos, cloro residual, sulfatos, ferro, manganês, O₂ consumido, sódio, potássio, nitritos, nitratos, amônia, sólidos totais dissolvidos e alumínio.

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

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

De acordo com a definição de LOGAN (1965); o erro admissível nas análises dos íons maiores deve ser conforme apresentado no Quadro 1.

Tabela 5 - Erro admissível nas análises dos íons maiores.

\sum ânions ou \sum 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 20 análises que foram selecionadas através de tratamento hidroquímico realizado com modelo desenvolvido pela CAGECE.

3.6. Análise e integração de dados

Constou esta etapa da integração dos dados cadastrados, tratamento estatístico e correlação com a base cartográfica.

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

Finalmente, foram gerados tabelas, gráficos, quadros, figuras, mapas e o texto da Dissertação.

4. ASPECTOS GEOLÓGICOS – ESTRUTURAIS

4.1. Comentários preliminares

A região é caracterizada por uma geologia relativamente simples, situando-se em parte dentro da Faixa de Dobramentos Orós, que pertence à província Borborema (ALMEIDA et al. 1977).

A Faixa Orós está localizada na parte sudeste do Estado do Ceará, representada por uma estreita Faixa Crustal de 5 a 7,5 Km de largura, ocupa um espaço de *Trend* em torno de N-S.

4.2. Unidades lito – estratigráficas

As unidades litoestratigráficas da área, segundo CAVALCANTE (1999), são as seguintes; um Embasamento Oriental, a Faixa Orós, ou complexo Jaguaretama; uma seqüência metavulcanossedimentar que faz contato à leste com a unidade metaplutônica granitóide (suíte magmática serra do Deserto); e algumas suítes magmáticas de granitóides básico-intermediários e sedimentos mesozóicos não deformados.

4.2.1. Embasamento

O Embasamento Oriental ou Complexo Jaguaretama (CAVALCANTE, op. cit.), é constituído por ortognaisses cinzentos migmatizados predominantemente granodioríticos; às proximidades da faixa, encontram-se inseridas lentes de anfibolitos e rochas calciossilicáticas. Possuem uma forte foliação, sendo compostas por quartzo, microclínio, plagioclásio e biotita que, algumas vezes, são encontradas em fitas orientadas paralelamente a uma foliação metamórfica.

4.2.2. Unidade Metavulcanossedimentar

A seqüência Metavulcanossedimentar (BRAGA & MENDONÇA, 1984), compõe-se de metassedimentos pelíticos-psamíticos com intercalações de rochas vulcânicas e suas unidades tipos.

A este da Faixa Orós, metagrauvas aluminosas associadas a níveis delgados e descontínuos de quartzitos, compõem a base da seqüência. As rochas vulcânicas são compostas por níveis predominantemente andesíticos recobertos por riolitos de grande espessura cobertos por micaxistos.

A oeste, a seqüência sedimentar começa pela deposição de meta-pelitos, subindo na coluna estratigráfica, aparecem níveis contínuos de meta-arenitos, materiais pelíticos com intercalações de calcários, margas, arenitos e calciossilicáticas, com ou sem francas evidências de mobilização e/ou catáclase. Próximo ao nível de quartzito há um nível descontínuo de rochas anfibolíticas.

4.2.3. Unidade Metaplutônica Granitóide (Suíte Magmática Serra do Deserto)

Esta unidade encontra-se representada pelos augen gnaisses (granito porfírico), que constituem jazimentos sotopostos, situado a este da faixa entre o Embasamento e a Seqüência sedimentar. Seu contato a este é delineado frente a um complexo de ortognaisses cinzentos, predominantemente granodioríticos (secundados por tonalitos e granitos) por vezes ricos em lentes quartzofeldspáticas (Complexo Jaguaretama).

Associados a esta unidade, um veio de composição sienogranítica de baixo índice de cor está intrudido nos bordos do augen gnaisses cinzentos.

4.2.4. Suítes Magmáticas Granitóides e Básico – Intermediárias

Esta unidade é constituída por algumas associações de rochas de projeções variadas de diqueformas a arredondadas, elipsoidais e em gota,

formados de dioritos, quartzo dioritos, diabásios monzodioritos e monzonitos, tendo como encaixantes rochas do Embasamento (Complexo Jaguaretama).

4.2.5. Sedimentos Mesozóicos não deformados

Os sedimentos Mesozóicos não deformados estão no topo da coluna estratigráfica. São representados por arenitos e argilitos, apresentando-se semiconsolidados e incoerentes, ocupando faixas estreitas e sinuosas dos principais cursos fluviais da região.

A leste de Jaguaretama formou algumas lagoas residuais temporárias, geralmente preenchidas por sedimentos mais finos como areia fina, cinzenta, associada com argila, silte e matéria orgânica.

4.3. Aspectos Estruturais

4.3.1. Fases de deformação e estruturas

SÁ (1991) define em seu trabalho três fases principais de deformação (D1, D2, D3), para a Faixa Orós, sincrônicas ao deslocamento dextral. Há também uma fase anterior (Dn) reconhecida apenas nas rochas do Embasamento gnáissico-migmatítico.

4.3.1.1. Fase de Deformação Dn e estruturas

Encontrada somente nas rochas do embasamento, a fase Dn caracteriza uma tectônica anterior à formação da Faixa Orós.

Esta fase apresenta um bandamento matamórfico (Sn) muito desenvolvido, dobras isoclinais transpostas, com um espessamento da charneira, "boudins" e dobras assimétricas com movimento para este, expostos de forma penetrativa. As estruturas ligadas a (Dn) são afetadas e sobrepostas por eventos posteriores (D1, D2, D3), que são paralelos e mascaram as características originais, com a sua disposição espacial, explicando a escassez das lineações de estiramento associados à Dn.

4.3.1.2. Fase D1

D1 é a fase mais antiga do cinturão Orós. As estruturas são observadas principalmente nos metassedimentos e é marcada por uma foliação penetrativa, definida pela orientação da biotita e também por um bandamento metamórfico descontínuo do tipo "Dissolução por pressão". A foliação S1 é composta pelas biotitas crenuladas por S2, ou pelo alinhamento das inclusões helicíticas preservadas em alguns porfiroblastos. S1 tem uma direção NNE-SSW e a lineação de interseção (L1) está sempre com mergulho forte e crenulado por L2.

Segundo (SÁ, 1991), as estruturas ligadas à fase F1 são formadas em condições de esforços relativamente fracos, não marcando os metassedimentos nem as rochas plutônicas.

4.3.1.3. Fase D2

A foliação S2 corresponde à fase deformacional de maior penetratividade no conjunto das metavulcanossedimentares e metaplutônicas. A foliação S2 e os eixos das dobras são paralelas ao cinturão, N – S na parte central e ENE – WSW no sudeste.

As dobras desta fase são de escala mesoscópica, anisópacas e isoclinais, com uma amplitude de poucos centímetros a poucos metros. A geometria destas estruturas, na Faixa Orós, é difícil de ser estudada devido à superposição tardia do cisalhamento que provoca a rotação dos eixos e transpõe localmente estas dobras.

A foliação S2 caracteriza-se por um plano de xistosidade mais antigo totalmente crenulado e transposto por uma nova foliação superimposta e que desviou da principal. O paralelismo entre S0 e S2 desenvolvendo uma foliação de plano axial penetrativa e predominante em todas as unidades e distribuídas regionalmente em toda a Faixa Orós, mostra que os esforços são relativamente elevados nessa Fase.

4.3.1.4. Fase D3

A esta fase são atribuídos os dobramentos da Faixa em estudo. Nesta fase os "Kink bands" afetaram os metapelitos. Os quartzitos possuem uma clivagem de fratura desenvolvendo-se para dobras fechadas à abertas, com ângulo entre 20° e 80°. S3 é marcada por uma foliação fina, biotita e clorita pouco desenvolvidas, tem uma clivagem de crenulação e está sempre associada a veios de quartzo paralelos ao plano axial. A lineação de interseção (L3) entre S2 e S3 é caracterizada por um alinhamento de placas de minerais e se confunde com L2.

Na Faixa Orós, os planos axiais das dobras D3 se encontram em leque assimétrico, com mergulho de cerca de 80° a 90° para este na parte ocidental e na parte oriental para oeste, mostrando ser uma macroestrutura sinforme na Faixa Orós.

4.3.2. Deformação nas zonas de cisalhamento e estruturas

A Faixa Orós é marcada por duas zonas de cisalhamento principais; a primeira Ocidental localizada na porção NW e a segunda Oriental.

A zona de Cisalhamento Oriental é a mais expressiva, possuindo uma tectônica de movimentação Dextral.

As zonas de cisalhamento estão localizadas paralelas a Faixa, são constituídas de rochas miloníticas e mostram uma largura variando de metros a quilômetros.

A foliação milonítica está quase sempre subvertical e de direção N-S, voltando a WSW-ENE na região meridional.

As estruturas que estão associadas às zonas são: a transposição de planos paralelos e fábrica milonítica, "drag folds" e dobras em bainha, superfície S – C, planos C, "micas fishes" e foliação milonítica com finas fitas.

As lineações das rochas são interpretadas como lineações de interseção de duas superfícies.

A movimentação das zonas de cisalhamento, baseada na rotação dos clastos, sobretudo feldspatos, nos augen gnaisses, ortognaisses microporfíricos ou nos porfiroblastos assimétricos determinam um movimento dextral ou horário.

4.4. Metamorfismo

Segundo McREATH (1993), as rochas da Faixa Orós são de baixo a médio grau metamórfico, sendo que algumas apresentam indícios de reações retrógradas. Estas reações são caracterizadas por penetração de fluidos hidrotermais nas falhas e nas fraturas.

SÁ (1991) define, para a Faixa Orós, um metamorfismo progressivo, iniciando na fase D1 e tendo como pico a fase D2, enquanto, D3, segundo este, é caracterizado por condições metamórficas retrógradas.

Na fase D1, a presença da granada juntamente com quartzo+biotita e a falta de minerais que caracterizam a fácies anfíbolito, faz com que o metamorfismo seja colocado na parte superior da fácies xisto verde SÁ (1991).

Para a fase D2, o mesmo autor define como sendo um metamorfismo da fácies anfíbolito, com paragênese de biotita+quartzo+granada+plagioclásio + estaurolita. A estaurolita é um mineral indicativo da fácies anfíbolito.

A passagem da Fase D1 para D2 é caracterizada por um metamorfismo progressivo, saindo da fácies xisto verde superior alcançando até a fácies anfíbolito, com pressões intermediárias. No entanto, na fase D3, SÁ (1991), devido à desestabilização da biotita para formar clorita, micas brancas e minerais opacos, fraturamento das granadas preenchidas por micas brancas e a substituição parcial de andalusita por muscovita, considera que as condições metamórficas são retrogradadas. Com base nas observações de SÁ (1991) e McREATH (1993), alguém pode concluir que a Faixa Orós teve a ocorrência de um metamorfismo progressivo, sendo que o pico deste metamorfismo alcançou condições retro metamórficas da fácies anfíbolito com pressões intermediárias.

4.4. Evolução tectônica

A Faixa Orós apresenta um regime tectônico do tipo compressivo, com três fases de dobramentos associadas às zonas de transcorrência com movimentos dextrais.

A fase D1 é um pouco penetrativa, tendo condições de esforços relativamente fracas. A principal responsável pela foliação é a fase D2 que tem condições de esforços mais elevadas. A fase D3, com dobras mais abertas reflete condições de esforços mais fracas que a fase anterior.

As zonas de cisalhamento têm um regime de transcorrência dextral, ativo pelo menos após sin-D2 até tardia pós-D3. Nestas zonas, há sub-zonas de caráter frágil mostrando um soerguimento crustal durante sua atividade.

Os fenômenos dúcteis-frageis da Faixa Orós são de um mesmo ciclo orogênico (Brasiliano). No entanto a fase Dn tem condições de esforços e PT elevados, sendo restrita ao embasamento, demonstrando uma discordância tectono-metamórfica, dando uma idéia de que esta fase pertence a um ciclo tectônico anterior (Transamazônico).

As zonas de transcorrência são paralelas e localizadas nas laterais da faixa, sugerindo o controle por antigas discontinuidades crustais tal qual falhas normais (rifting?) e "terrain boundaries".

As principais estruturas são superfícies S2 e as dobras D3. A posição atual destas estruturas está controlada pela fase D3, dando à Faixa Orós uma megaestrutura em sinforme assimétrico, com flanco oriental mais espesso.

Correlacionar as litologias dos dois flancos é difícil devido à transposição associada a D2 ou possíveis discordâncias litológicas.

As principais feições estruturais são: estrutura geral em meio leque; na parte extrema oriental, a foliação milonítica espalha-se progressivamente para o embasamento este, com novos flancos de cisalhamento, dando a impressão de Movimento tangencial; os eixos das dobras D2 ou D3 apresentam mergulho para sul e as lineações de estiramento são sempre horizontais ou sub-horizontais.

5. ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

As águas subterrâneas na área em estudo representam a base do desenvolvimento socioeconômico da região e constituem o principal bem mineral explorado pelas comunidades. Dentro do contexto emergencial, como é o caso das secas, esse recurso torna-se significativo no suprimento hídrico da população e dos rebanhos (Foto 04).

5.1. Avaliação das obras de captação

A evolução temporal da atividade de construção de poços tubulares na área em estudo, conforme a Figura 5, reflete o desenvolvimento da região através da demanda de água subterrânea que é exigida pelos setores público e privado.

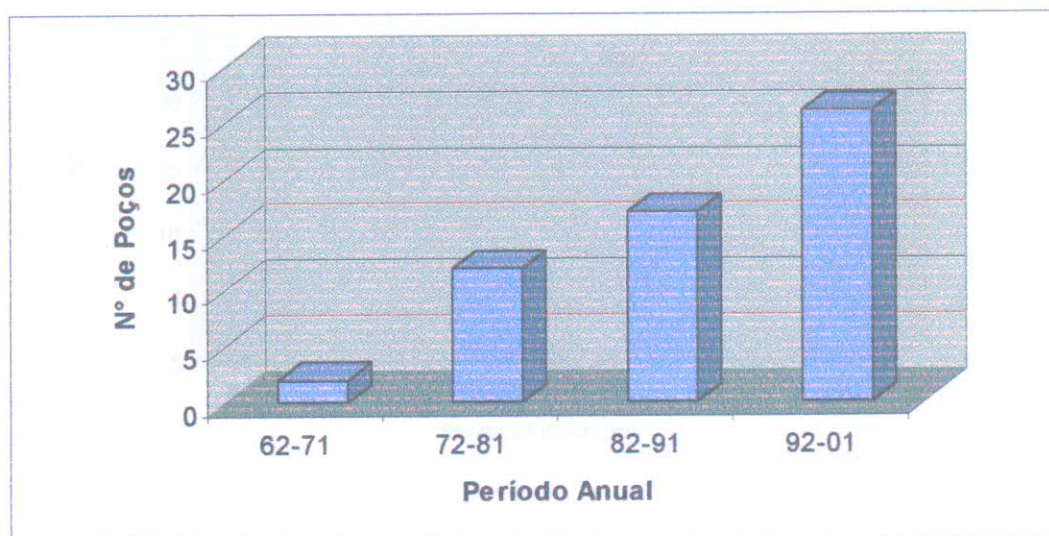


Figura 5 - Poços construídos no período de 1962 a 2001 no município de Jaguaretama-CE.

Foram inventariados neste trabalho 94 poços que constituem o cadastro geral de poços localizados no Município (Anexo 01), os poços 55, 56, 58, 59, 64, 65, atualmente situados fora do município de Jaguaretama, porque estão localizados, em uma área que foi cedida, pelo referido município para que fosse construída a cidade de Nova Jaguaribara.

Os parâmetros utilizados para identificar os poços constaram dos seguintes dados: município, localidade, coordenadas, profundidade, nível estático, vazão, condutividade elétrica, uso dos poços.

Os poços tubulares foram construídos utilizando-se o método rotativo ou percursivo. Já na construção dos poços amazonas foram utilizado o sistema de perfuração manual.

As coordenadas geográficas desses poços foram obtidas com utilização do Sistema de Posicionamento Global – GPS.

A construção dos poços tubulares é realizada indiscriminadamente em todas as unidades litológicas presentes da área e geralmente eles possuem profundidades inferiores a 100 metros (Figura 6).

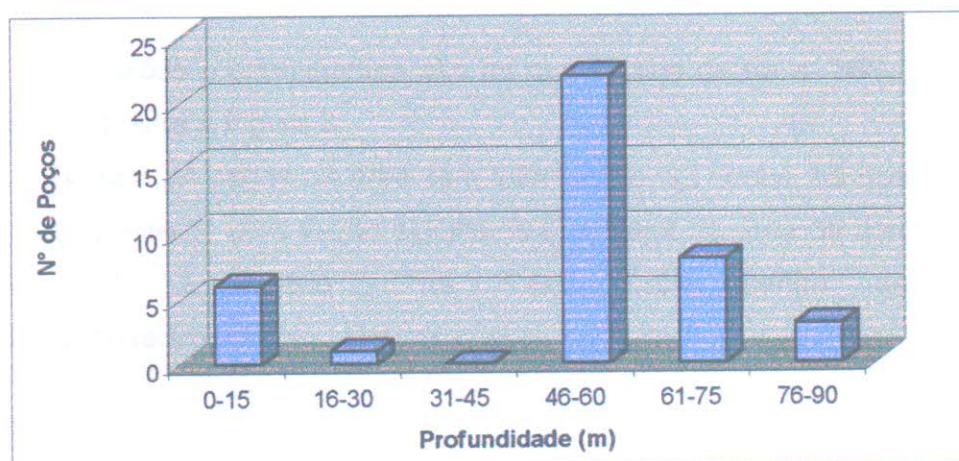


Figura 6 - Histograma para profundidade dos poços tubulares do município de Jaguaretama –CE.

O nível estático assume valores que variam entre 1,5 e 22,3, conforme Figura7.

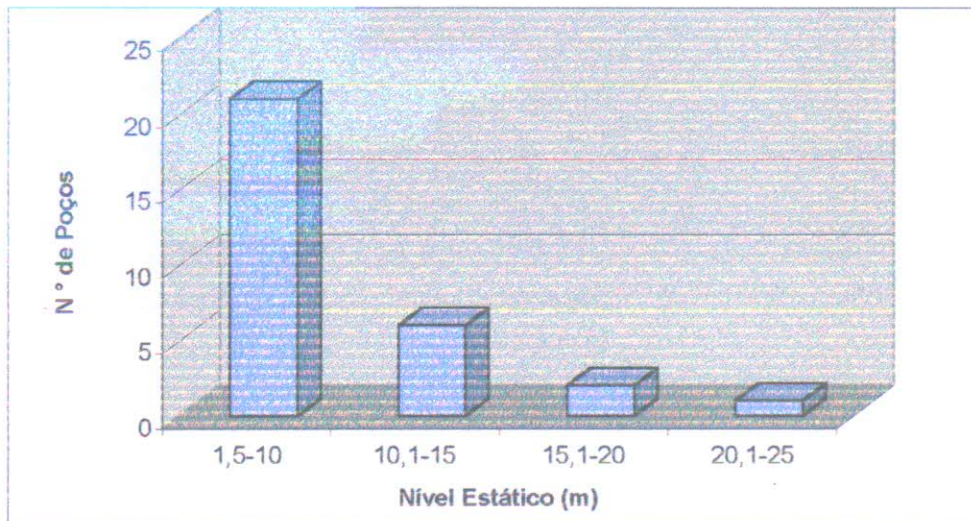


Figura 7 - Níveis estáticos dos poços tubulares de Jaguaratama-CE.

As vazões predominantes são as que variam de 99 a 800 L/h (24,46 %) Conforme mostra a Figura 8.

Existem 34 poços na área sem informação, 12 secos, há apenas um poço (62) que apresenta uma vazão significativa, a maior na área de estudo, que é de 15.840 L/h; Localizado na Faixa Orós, dentro da seqüência metavulcanosedimentar.

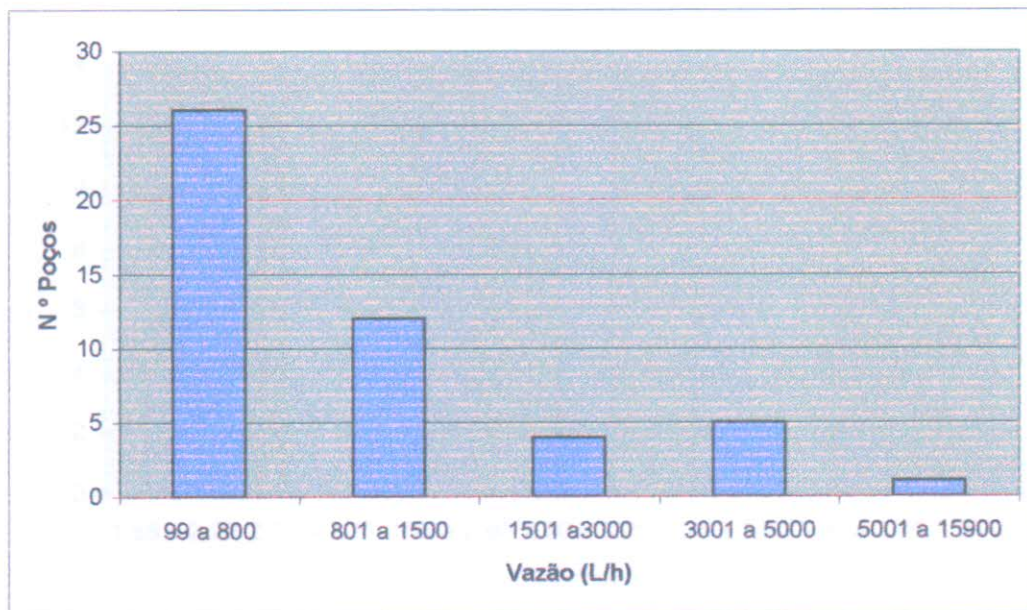


Figura 8 - Vazões dos poços tubulares do município de Jaguaratama-CE.

A vazão é um parâmetro importante na medida em que é largamente utilizada para avaliação da disponibilidade de água subterrânea. Desta forma, optou-se por fazer uma análise estatística criteriosa visando à obtenção de um valor realmente representativo para avaliação do potencial disponível de água subterrânea.

Na análise visual do histograma de vazão já fica bastante claro que esta não é uma variável de comportamento normal. Optou-se, então pela transformação desta variável através da função logarítmica decimal, comprovando-se através do teste de normalidade de qui-quadrado, para um nível de significância de 5%, que a vazão é uma variável que apresenta uma distribuição de probabilidade do tipo log-normal (Figura 9).

Considerando este comportamento, calculou-se a vazão média para os poços do Município de Jaguaratama: 708 L/h, que é um valor mais representativo e inferior ao valor médio normal usualmente utilizado nas estimativas de disponibilidade de água subterrânea.

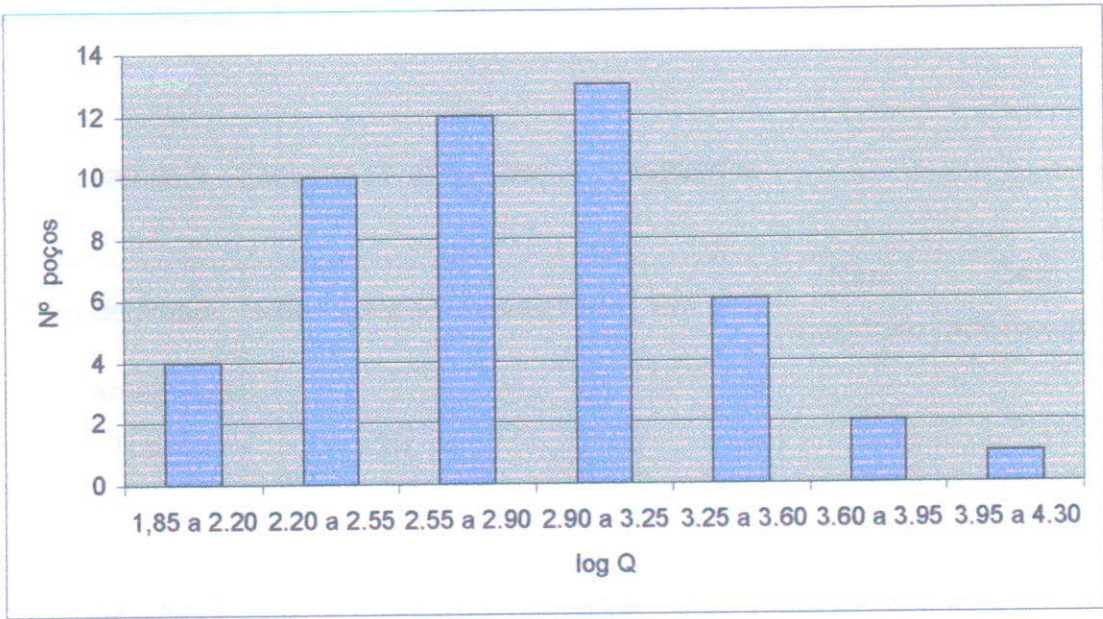


Figura 9 – Histograma para vazão (L/h) transformada pelo logaritmo decimal visando sua normalização.

O cadastramento realizado na área em estudo registrou a presença de 94 poços, dos quais 82 do tipo tubular profundo e 12 do tipo amazonas, como mostra a Figura 10, de forma percentual.

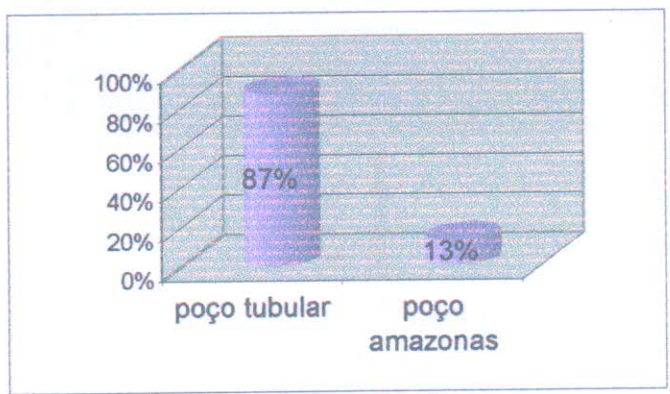


Fig. 10 – Tipos de Poços

As situações atuais dessas obras, levando em conta, ainda, o tipo de poço são apresentadas na tabela 5.

Tabela 6 - Situação atual dos poços cadastrados.

Tipo de Poço	Abandonado	Desativado	Em Uso	Não Instalado	Sem informação	Total
Amazonas	1	3	8	-	-	12
Tubular	20	11	29	11	11	82

As figuras 11 e 12 mostram a relação entre os poços amazonas e tubulares em uso (Foto 05), abandonados, os desativados (Foto 06), não-instalados (Foto 07) (possíveis de entrar em funcionamento), e sem informação.

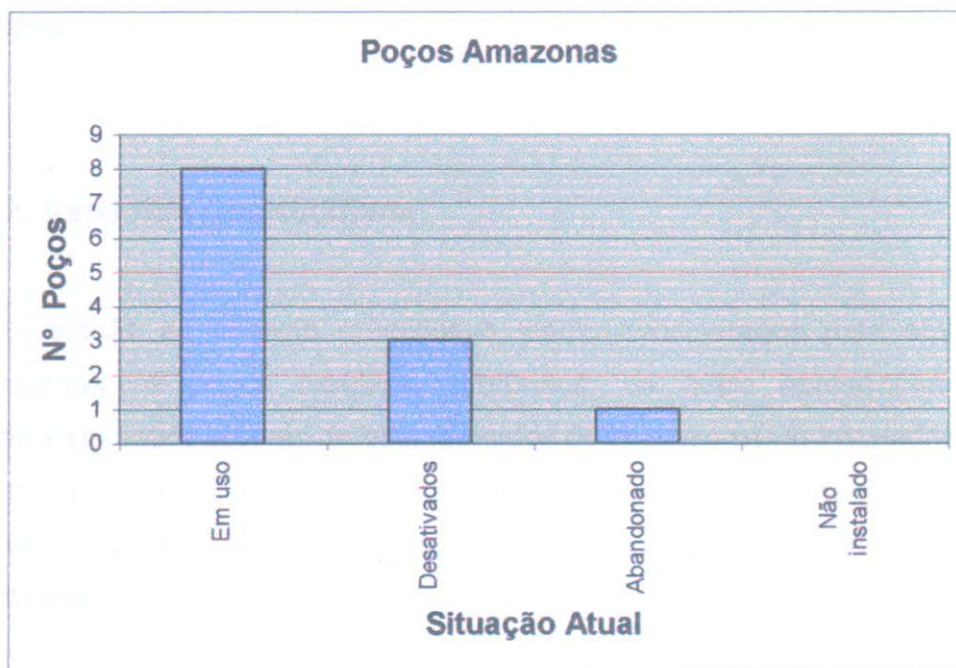


Figura 11 – Situação de uso dos poços amazonas.

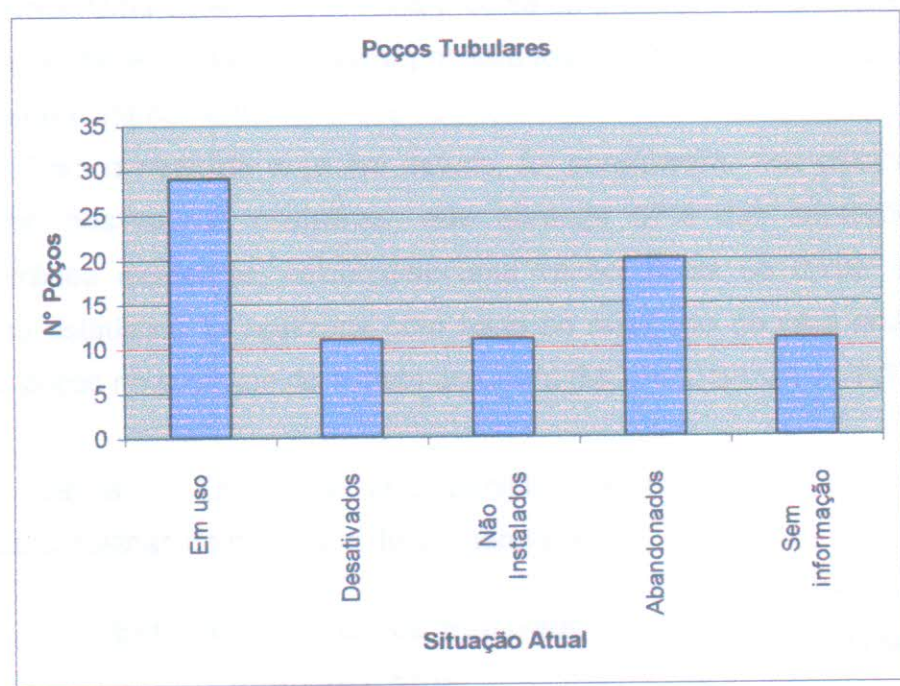


Figura 12 - Situação de uso dos poços tubulares do Município de Jaguaratama-CE.

5.2. Aspectos Quantitativos

Em relação ao aspecto quantitativo, serão considerados para efeito de cálculo apenas os poços tubulares profundos, os quais apresentam uma exploração sistemática através de equipamentos de bombeamento instalados.

O objetivo básico é quantificar de **forma referencial** a produção de água subterrânea na área em estudo e verificar o aumento da oferta de água a partir das unidades de captação existentes não utilizadas (desativadas e não instaladas).

Deve-se ressaltar, entretanto, que os números aqui apresentados apresentam uma estimativa baseada em médias de produtividade de cada

domínio hidrogeológico considerado, obtidas a partir de estudos regionalizados anteriores. Uma determinação mais precisa da produtividade e potencialidade dos poços existentes teria que passar por estudos específicos a partir da execução de testes de bombeamento em todos os poços.

Para o caso da área em estudo, foi considerado nos cálculos apenas o domínio das rochas cristalinas, que abrange 87% das captações de água subterrânea existentes, calculou-se uma vazão média de 0,708 m³/h. Essa análise estatística foi realizada com base no resultado de uma análise mais de 3.000 poços no cristalino do estado do Ceará (MOBUS, SILVA e FEITOSA, 1998).

Tabela 7 - Estimativa da disponibilidade instalada atual e potencial das rochas cristalinas do município de Jaguaratama.

Poços Tubulares	Estimativa da Disponibilidade Instalada Atual			Estimativa da Disponibilidade Instalada Potencial		
	Em Uso	Q _e unit. (m ³ /h)	Q _e Total (m ³ /h)	Desativados/ Não Instalados	Q _e Unit. (m ³ /h)	Q _e Total (m ³ /h)
	29	0,708	20,532	22	0,708	15,576

Q_e = Vazão de exploração

A Tabela 7 mostra que, considerando-se 29 poços tubulares em uso no cristalino, pode-se inferir uma produção atual da ordem de 20,532 m³/h de água para todo o município de Jaguaratama. Caso seja implantada uma política de recuperação e/ ou instalação dos poços que atualmente não estão em uso, estima-se que seria possível atingir um aumento da ordem de 15,576 m³/h em relação à atual oferta d' água subterrânea.

5.3. LEVANTAMENTOS DE ELETRORRESISTIVIDADE PARA LOCAÇÃO DE POÇOS

Os informes de eletrorresistividade utilizados neste capítulo tem como objetivo, em sua maioria apenas de compor banco de dados, referentes à área de estudo, voltado para informações complementares, visando as novas descobertas das potencialidades hídricas e suas relações com as estruturas geológicas.

A Geofísica é uma parte da geologia que se preocupa com investigação da sub-superfície da terra, baseada fundamentalmente em diversas metodologias que permitem a investigação do substrato rochoso.

O método geofísico de sondagem por eletrorresistividade das rochas (com corrente contínua), é bastante conhecido e consagrado no mundo, permitindo boas localizações e caracterizações de aquíferos em bacias sedimentares. Esse método consiste na emissão em superfície de corrente elétrica (I) contínua (para uma dada tensão (V) de saída da fonte) que é introduzida no subsolo através de dois eletrodos de ferro, denominados A e B. A diferença de potencial (ΔV) é medida através de dois eletrodos não polarizáveis denominados de M e N.

O arranjo de eletrodos mais utilizado é o quadripolar de Schlumberger (Figura 13). Os eletrodos de corrente, A e B, com 80 cm, em média, de comprimento e $1/2$ "de diâmetro, são móveis nas Sondagens Elétricas Verticais (SEV) e fixos para Perfis Schlumberger. Os eletrodos não polarizáveis são confeccionados com tubos de PVC de 3" Ø, com fundos de vela de filtro d'água cheios de sulfato de cobre.

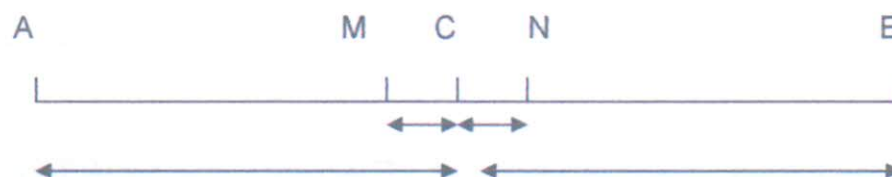


Figura 13 – Representação esquemática do arranjo Schlumberger.

Na área em estudo foram realizados quatro perfis Schlumberger usando um equipamento modelo TDC 12/1000, de corrente contínua, fabricado pela TECTROL, em São Paulo. Nos perfis Schlumberger, os eletrodos de medida de diferença de potencial, M e N, se movem lateralmente, a partir do ponto central entre A e B, em ambos os sentidos.

A resistividade aparente (ρ_a) das rochas, é obtida a partir das medidas de corrente I e da diferença de potencial ΔV , sendo fornecida pela fórmula:

$$\rho_a = K \frac{\Delta V}{I}$$

ρ_a = Resistividade aparente expressa em Ohm.m.

ΔV = Diferença de potencial expressa em mV.

K = Constante geométrica que depende das distâncias entre eletrodos AB e MN.

I = Corrente elétrica expressa em mA.

$$K = \frac{2\pi}{\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} - \frac{1}{AN} + \frac{1}{BN}}$$

No Perfil Elétrico Schlumberger, as distâncias representadas por AM, BM, AN e BN variam gerando uma seqüência de medições de ρ_a , com comprimento AB e MN fixo permitindo fornecer indicações das variações laterais de resistividade. A profundidade de investigação depende da distância AB. Com a abertura entre A e B

de 200 metros avalia-se estar investigando a resistividade das camadas entre 0 e 50 metros de profundidade.

Vantagens:

- ⇒ Versatilidade com o manuseio;
- ⇒ Facilidade na interpretação das curvas de resistividade;
- ⇒ Interpretação dos dados através de programa (software);
- ⇒ Possibilidade de investigar em grandes profundidades, desde que as condições da área permitam.

Limitações:

- ⇒ Dificuldade de Aplicação em relevo ondulado e zona de escarpa.

Tabela 8 – Dados do Perfil 1.

Município:	Jaguaretama - CE	Sondagem Elétrica			
Distrito:	Tanques	Método Schlumberger com AB fixo			
Localidade:	Faz. Não me Deixes	Perfil =	01	Rumo AB	N 82°E
Data:	04. 06.2002	AB =	200m	MN = 20 m	X = 10 m
Coordenadas:	Lat: S 05° 30' 07"	Long: W 38° 37' 30"			
UTM	9391877 S	541538 E	Horário: 8:00		
Técnico Responsável:	Francisco Said Gonçalves				
Observação	Identificação de Zonas Fraturadas em Rochas Cristalinas para locação de poço tubular profundo; Localizado no mapa.				

Orientação	L	K	ΔV	Escala	I	ρ_a
	(m)	(m)	(mV)	(mv)	(mA)	(OHMm)

Orientação	L	K	ΔV	Escala	I	pa
NNE	40	932.2	270	300	100	2517
	30	1172.9	165	300	100	1935
	20	1373.9	78	100	100	1071
	10	1507.9	25	100	100	377
	0	1555.1	14	100	100	218
	10	1507.9	14	100	100	211
	20	1373.9	19	30	100	261
	30	1172.9	27	30	100	317
SSW	40	932.2	46	30	100	429

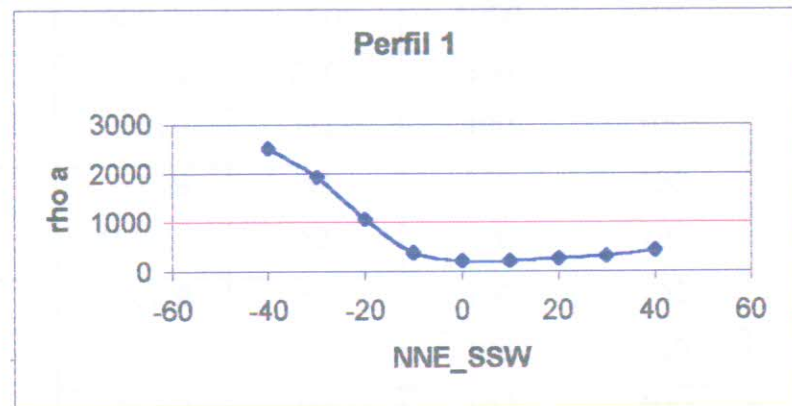


Figura 14 – Representação do perfil 1.

Tabela 9 – Dados do perfil 2.

Município:	Jaguaretama - CE	Sondagem Vertical			
Distrito:	Tanques	Método Schulumberger com AB fixo			
Localidade:	Faz. Não me Deixes	Perfil =	02	Rumo AB	N 42° E
Data:	04/06/2002	AB =	200 m	MN = 20 m	X = 10 m
Coordenadas:	Lat: S 05° 30' 03"	Long: W 38° 37' 26"			
UTM	9391947 S	541677 E		Horário: 10:30	
Técnico Responsável	Francisco Said Gonçalves				
Observação:	Ponto Prospectado, considerado inviável.				

Orientação	L	K	AV	Escala	I	pa
	(m)	(mV)	(mV)	(mV)	(mA)	(OHMm)
NNE	40	932.2	350	1000	100	326
	30	1172.9	230	300	100	2697
	20	1373.9	60	100	100	824
	10	1507.9	52	100	100	784
	0	1555.1	58	100	100	902
	10	1507.9	68	100	100	1025
	20	1373.9	86	100	100	1181
	30	1172.9	92	100	100	1079
SSW	40	932.2	100	300	100	932

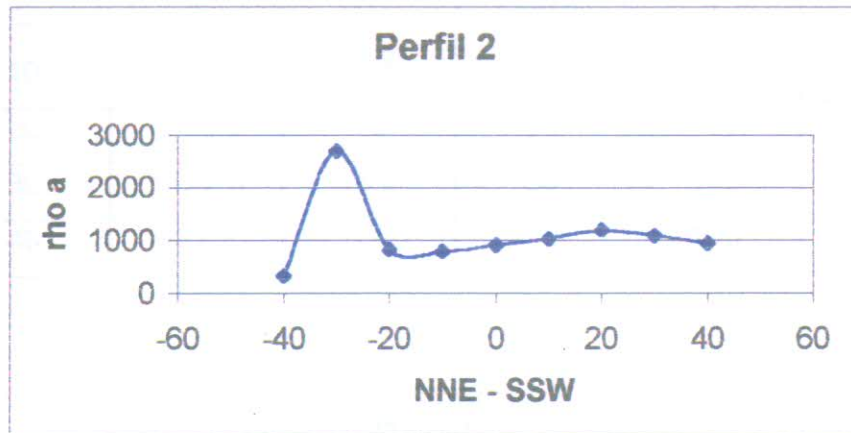


Figura 15 – Representação do perfil 2.

Tabela 10 – Dados do perfil 3.

Município:	Jaguaretama - CE	Sondagem Vertical			
Distrito:	Tanques	Método Schlumberger com AB fixo			
Localidade:	Avenida Xavier	Perfil =	03	Rumo AB	N 65° W
Data:	04 / 06 / 2002	AB =	200 m	MN = 20m	X = 10 m
Coordenadas:	Lat: S 05° 30' 00"	Long: W 38° 37' 52"			
UTM	9392053 S	540852 E		Horário: 14 : 00	
Técnico Responsável:	Francisco Said Gonçalves				
Observação:	Identificação de Zonas Fraturadas em Rochas Cristalinas para locação de poço tubular profundo; Localizado no mapa.				

Orientação	L	K	ΔV	Escala	I	ρ_a
	(m)	(mV)	(mV)	(mV)	(mA)	(OHMm)
SSE	40	932.2	40	100	100	373
	30	1172.9	37	100	100	434
	20	1373.9	32	100	100	439
	10	1507.9	42	100	100	633
	0	1555.1	43	100	100	669

Orientação	L	K	ΔV	Escala	I	pa
	10	1507.9	23,5	30	100	354
	20	1373.9	15	30	100	206
	30	1172.9	15,5	30	100	182
NNW	40	932.2	17	30	100	158

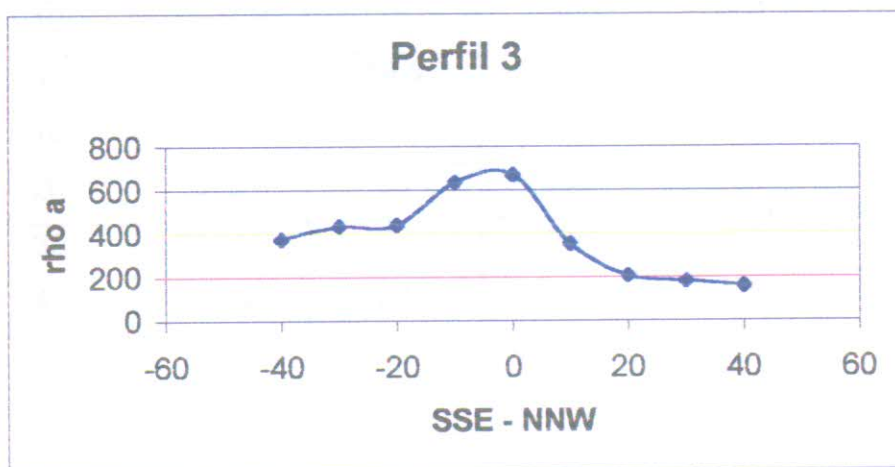


Figura 16 – Representação do perfil 3.

Tabela 11 – Dados do perfil 4.

Município:	Jaguaretama – CE	Sondagem Vertical		
Distrito:	Itaúna	Método Schlumberger com AB fixo		
Localidade:	Sítio Itaúna	Perfil =	04	Rumo AB N 47° W
Data:	05 / 06 / 2002	AB = 200 m	MN = 20m	X = 10 m
Coordenadas:	Lat: S 05° 22' 28"	Long: W 38° 33' 28"		
UTM	9405965 S	548994 E	Horário:	
Técnico Responsável:	Francisco Said Gonçalves			
Observação:				

Orientação	L	K	ΔV	Escala	I	pa
	(m)	(m)	(mV)	(mV)	(mA)	(OHMm)
SSE	40	932.2	66	100	100	615
	30	1172.9	40	100	100	469
	20	1373.9	28	30	100	384
	10	1507.9	18	30	100	271
	0	1555.1	19,5	30	100	303
	10	1507.9	27	30	100	407
	20	1373.9	35	100	100	481
	30	1172.9	32	100	100	375
NNW	40	932.2	24	30	100	224

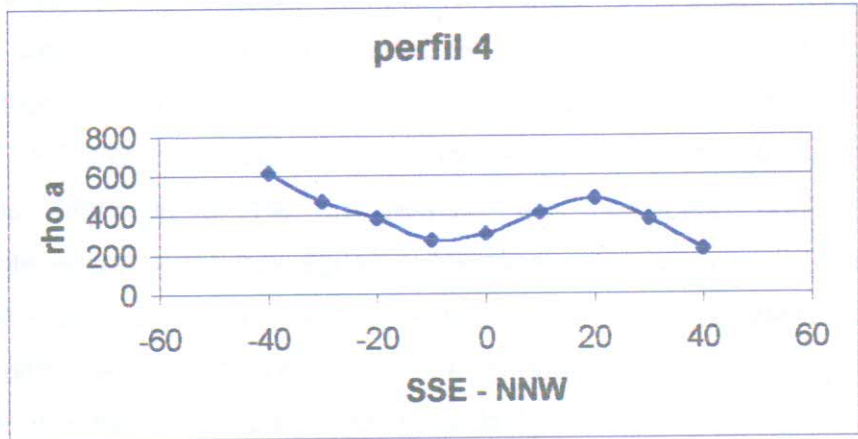


Figura 17 – Representação do perfil 4.

6. ASPECTOS HIDROQUÍMICOS

Do ponto de vista hidrogeológico, a qualidade da água subterrânea é tão importante quanto o aspecto quantitativo.

A disponibilidade dos recursos hídricos subterrâneos para determinados tipos de uso depende fundamentalmente da qualidade físico-química, biológica e radiológica, que tem por finalidade identificar e qualificar as principais propriedades e constituintes das águas subterrâneas e superficiais procurando estabelecer uma relação com o meio físico.

A água subterrânea, ao lixiviar os solos e as rochas, enriquece-se 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 facilidades de dissolver o CO_2 ao percolar o solo não saturado. Por estas razões, as águas subterrâneas têm concentrações de sais superiores as das águas continentais superficiais em geral.

Os principais constituintes iônicos presentes em quase todas as águas subterrâneas, são o sódio (Na^+), o potássio (K^+), cálcio (Ca^{++}) e magnésio (Mg^{++}), no grupo dos cátions; dentre os ânions, têm-se os cloretos (Cl^-), sulfatos (SO_4^{--}) e os bicarbonatos (HCO_3^-). Os constituintes iônicos secundários são inúmeros e em concentrações inferiores a 1% em relação aos principais, porém alguns são freqüentemente encontrados nas águas subterrâneas, como ferro, manganês, nitrato, alumínio, sílica etc., enquanto outros (os traços) são raros e estão presentes em quantidades dificilmente mensuráveis por meios químicos usuais, mas nem por isso, deixam de ser importantes para a potabilidade da água.

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

6.1. Balanço iônico

O balanço iônico de uma análise físico – química completa fica definida quando se estabelece que a concentração total dos íons positivos (cátions) deve ser aproximadamente igual à concentração total dos íons negativos (ânions) em meq/L, resultando num coeficiente de erro máximo permissível de 10% (LOGAN, 1965).

Neste trabalho, foram utilizadas 20 análises realizadas em laboratório especializado. Calculou-se o balanço iônico com o objetivo de quantificar os respectivos coeficientes de erro de cada uma destas análises. Os dados iônicos obtidos nas análises realizadas, expressos em mg/L, são relacionados com os respectivos equivalentes químicos e, em seguida, transformados em meq/L.

A tabela 12 apresenta os valores de condutividade elétrica expressos em $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25°C e as concentrações iônicas expressas em miligramas por litro (mg/L), das amostras coletadas.

Os valores das concentrações dos íons expressos em milequivalente por litro (meq/L), a soma dos cátions a soma dos ânions, além do erro percentual estão expressos na tabela 13.

Do conjunto de 20 análises apenas as análises correspondentes às águas dos poços 04, 16, 23, 24, 35,46 e 85 apresentaram valores acima do coeficiente de erro máximo admitido (10%).

Tabela 12 - Condutividade elétrica e concentração iônica das análises químicas das amostras da área estudada.

Amostra Nº	C.E. µS/cm 25°C	Concentrações (mg/L)							
		Ca	Mg	Na	K	Cl ⁻	CaCO ₃	SO ₄ ⁼	N-NO ₃
03	6.920	209,80	174,50	1152,00	15,00	2118,30	180	105,00	15,70
04	4.770	31,40	71,50	956,00	16,00	1156,80	377,60	0	37,80
12	7.740	312,00	163,20	739,00	33,90	1792,00	131,00	134,70	33,76
13	1.650	192,08	100,43			620,00			9,0
16	5.036	150,00	11,60	640,00	20,50	1118,00	228,00	17,43	3,98
23	3.440	472,90	64,40	480,20	39,80	752,20	277,90	59,00	105,00
24	542	40,00	24,00	55,00	8,10	19,00	229,00	3,19	2,58
27	6.944	264,00	172,80	693,00	28,10	1510,00	257,00	50,63	30,55
34	4.952	204,00	136,80	367,50	19,00	1109,00	525,00	61,60	34,36
35	8.825	416,00	302,40	566,00	191,00	1704,00	153,00	6,75	355,86
45	9.615	316,00	206,40	886,00	39,10	2425,00	133,00	10,22	99,77
46	13.470	12,80	390,70	1134,00	48,00	3960,00		36,97	5,88
49	3.500	232,50	142,20	255,60	19,00	863,80	263,30	18,00	2,90
51	3.080	135,30	49,80	397,80	19,00	883,20	300,50	37,00	1,30
71	9.240	456,90	364,60	988,00	95,20	3023,40	596,60	46,00	30,00
84	11.490	368,00	272,60	1457,00	47,40	3847,00	47,00	136,00	1,71
85	3.430	112,20	77,80	580,90	23,10	509,50	542,30	95,00	230,00
90	7.010	472,90	199,30	874,40	47,60	2004,30	381,90	100,00	3,20
92	13.340	472,90	438,50	1282,00	221,00	4597,80	112,80	100,00	23,30
93	10.670	628,70	402,80	915,00	27,40	3904,00	221,30	8,86	2,45

Tabela 13 – Condutividade Elétrica e Concentrações iônicas em meq/L e erro obtido para as análises químicas das amostras da área estudada.

amostra Nº	Concentrações (meq/L)										Erro %	CE $\mu\text{S/cm}$ 25°C
	Ca	Mg	Na	K	Cl ⁻	CaCO ₃	SO ₄ ²⁻	N-NO ₃ ⁻	cátions	ânions		
03	10,46	14,35	50,11	0,38	59,73	2,95	2,18	0,25	75,31	65,12	7,25	6920
04	1,56	5,88	41,58	0,40	32,62	6,18	-	0,60	49,44	39,42	11,27	4770
12	15,56	13,42	32,14	0,86	50,53	2,14	2,80	0,54	62,00	56,03	5,06	7740
13	9,58	8,25	-	-	17,48	-	-	0,14	17,84	17,62	0,60	1650
16	7,48	9,17	27,84	0,52	31,52	3,73	0,36	0,06	45,02	35,69	11,56	5036
23	23,59	5,29	20,88	1,01	21,21	4,55	1,22	1,69	50,80	28,68	27,81	3440
24	1,99	1,97	2,39	0,20	0,53	3,75	0,06	0,04	6,56	4,39	19,80	542
27	13,17	14,21	30,14	0,71	42,58	4,21	1,05	0,49	58,24	48,34	9,29	6944
34	10,17	11,25	15,98	0,48	31,27	8,60	1,28	0,55	37,90	41,71	4,78	4952
35	20,75	24,86	24,62	4,88	48,05	2,50	0,14	5,74	75,13	56,44	14,20	8825
45	15,76	16,97	38,54	1,00	68,38	2,17	0,21	1,60	72,28	72,37	0,06	9615
46	0,62	32,13	49,32	1,22	111,67	-	36,97	0,09	83,31	148,73	14,92	1347
49	11,60	11,69	11,11	0,48	24,35	4,31	0,37	0,04	34,90	29,09	9,07	3500
51	6,75	4,09	17,30	0,48	24,90	4,89	0,77	0,02	28,63	30,59	3,30	3080
71	22,79	29,98	42,97	2,43	8,25	9,77	0,95	0,48	98,19	96,47	0,88	9240
84	18,36	22,41	63,37	1,21	108,48	0,77	2,83	0,02	105,37	112,11	3,09	1149
85	5,59	6,39	25,26	0,59	14,36	8,88	1,97	3,70	37,85	28,94	13,34	3430
90	23,59	16,39	22,36	1,21	56,52	6,25	2,08	0,05	63,57	64,91	1,04	7010
92	23,59	36,06	55,76	5,65	129,65	1,84	2,08	0,37	121,08	133,96	5,05	1334
93	31,37	33,12	39,80	0,70	110,09	3,62	0,18	0,03	105,00	113,94	4,08	1067

6.2. Caracterização hidroquímica

A água subterrânea adquire suas características físico-químicas à medida que é armazenada ou percola através dos sistemas de armazenamento que possuem diferentes características físico-químicas influenciando sobremaneira na qualidade das águas subterrâneas. No entanto, muitos outros fatores interferem, tais como clima, composição da água de recarga e tempo de contato água/meio físico.

A caracterização hidroquímica das águas subterrâneas foi feita a partir das amostragens e análises físico-químicas das águas dos poços tubulares.

Os parâmetros utilizados para caracterização hidroquímica das águas subterrâneas são; STD, Dureza, Condutividade Elétrica e pH.

6.2.1 - Sólidos Totais Dissolvidos (STD)

Os dados das análises químicas mostram que das concentrações de STD das 20 amostras, apenas cinco estão inseridas nos padrões aceitos para água potável que é de até 1000 mg/L, de acordo com a portaria N° 14/69 da Organização Mundial da Saúde (OMS), podendo ser usada para indústria, irrigação, consumo humano.

Enquanto que as águas dos poços restantes ultrapassaram os padrões recomendados pela OMS, sendo destinadas somente para o consumo animal e uso humano secundário (lavar, banho etc). Do ponto de vista qualitativo, foram considerados para classificação os intervalos de STD apresentados na Tabela 14.

A Figura 18 apresenta o comportamento das águas dos poços tubulares do município de Jaguaretama no que se refere ao STD.

Tabela 14 - Intervalos de STD nas águas subterrâneas dos poços tubulares da área estudada.

Tipo de água (OMS).	STD (mg/L)	Nº de amostras	Frequência Relativa %
Potável (valor máximo permissível)	≤ 1000	05	25
Valores superiores ao máximo permitido.	1001 – 5544	15	75
TOTAL		20	100%

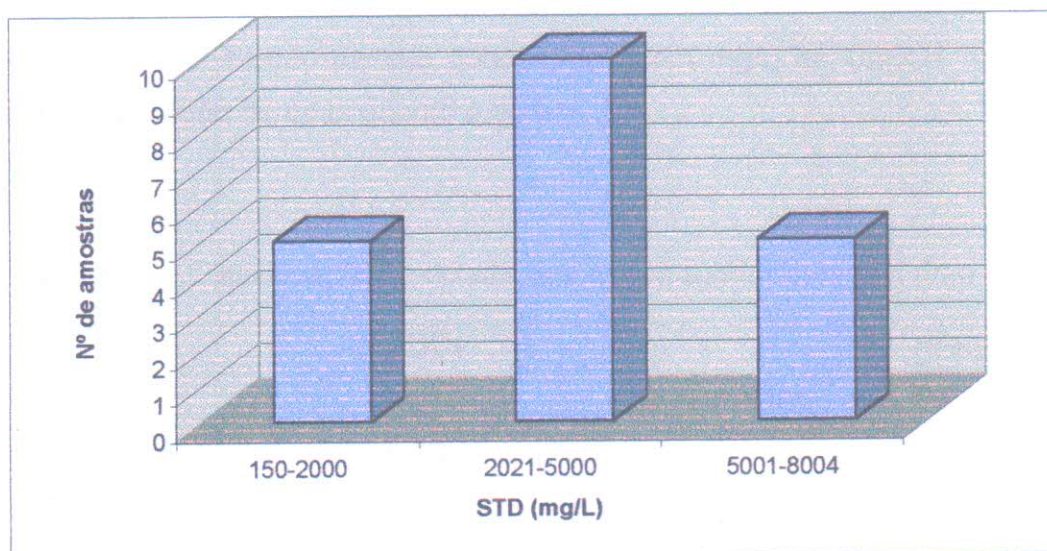


Figura 18 – STD nas águas subterrâneas dos poços tubulares do Município de Jaguaretama.

6.2.2 - Dureza

A dureza da água é uma propriedade definida como a capacidade que a água tem de consumir e/ou neutralizar o sabão em função das presenças dos íons de cálcio e magnésio.

Normalmente a dureza é representada em função dos teores de carbonato de cálcio e magnésio definindo, portanto, a dureza de carbonatos (dureza temporária). Já os não carbonatos constituem a dureza resultante dos cloretos e sulfatos, a qual é produzida pelos íons de cálcio e magnésio que se combinam com os íons de sulfatos, cloretos e outros (dureza permanente).

Segundo CUSTÓDIO & LLAMAS (1983), a somatória das durezas temporárias ou dos carbonatos, e permanentes representam a dureza total. O grau de dureza da água é definido em função da sua concentração em mg/L de CaCO₃. A Tabela 15 mostra a classificação da água quanto à dureza.

Tabela 15 – Classificação da dureza das águas subterrâneas da área de estudo.

Tipo	CaCO₃ (mg/L)	Nºde amostra	Frequência Relativa (%)
Branda	< 50	0	0
Pouco dura	50 - 100	1	5
Dura	100 - 200	1	5
Muito dura	> 200	18	90
Total		20	100%

FONTE: Classificação das águas segundo a dureza em mg/L de CaCO₃ (Custódio & Lamas, 1983)

No município de Jaguaretama, segundo a classificação utilizada, as águas apresentam caráter de “pouco dura” (5%), “duras” (5%) e uma predominância de (90%) de águas “muito duras” (Figura 19); geralmente são incrustantes e requerem grandes consumo de sabão, além de dificultar o cozimento de alimentos.

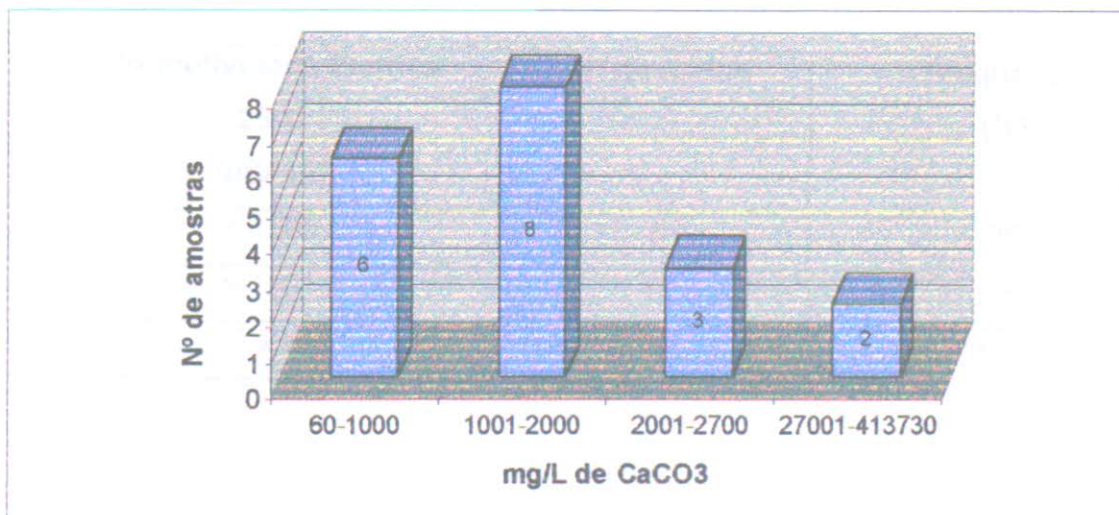


Figura 19 - Dureza nas águas subterrâneas dos poços tubulares do Município de Jaguaretama.

6.2.3 - Condutividade Elétrica

A Condutividade elétrica representa a facilidade que a água tem de conduzir a corrente elétrica através dos sais nela dissolvidos, ou seja, a condutividade aumenta com as concentrações de sais dissolvidos, STD.

Os valores da condutividade elétrica das águas, das 20 amostras da área, indicam que apenas 5(5,4%) situam-se abaixo do valor de $1500\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25°C (Tabela 16)

O valor mais alto da condutividade elétrica é encontrado na amostra de nº 71 que atinge $9240\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25°C .

Na Figura 20 pode-se observar a distribuição dos valores da condutividade elétrica das águas subterrâneas no município de Jaguaretama.

Tabela 16 – Condutividade Elétrica das águas subterrâneas na área de Estudo.

Condutividade Elétrica 25°C (µS/cm)	Nº de dados	Frequência (%)
< 1500	5	25
> 1501	15	75
Total	20	100%

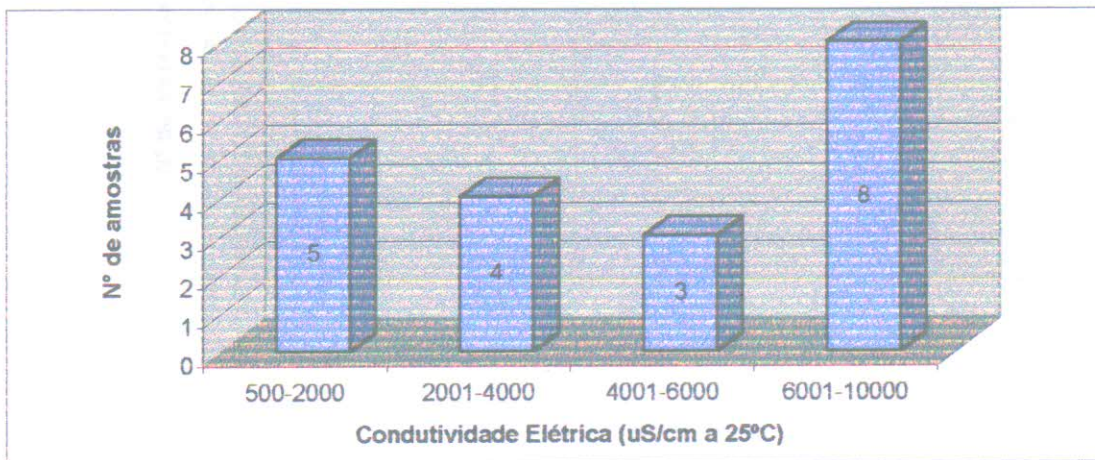


Figura 20 – Condutividade Elétrica das águas subterrâneas dos poços tubulares do município de Jaguaretama.

6.2.4 - pH

O pH reflete a concentração do hidrogênio na água ou solução, sendo controlado pelas reações químicas e pelo equilíbrio entre os íons presentes, e expresso em moles de íons de hidrogênio por litro de solução. Varia de 1 a 14, onde valores inferiores a 7

são denominados de ácidos e os valores superiores a 7 são denominados de básicos ou alcalinos, e neutro o valor 7.

Nas 20 amostras analisadas, os valores de pH oscilam entre 6,09 e 8,33 onde 5 amostras apresentaram um caráter ácido, 1 neutro e as 14 restantes refletem um caráter básico (Figura 21).

O valor médio obtido nas águas subterrâneas na área de estudo é de 7,8 com tendência a um caráter básico, que está dentro dos limites recomendados pela portaria Nº 14/69 da Organização Mundial de Saúde – OMS, que é de 6,0 a 9,5.

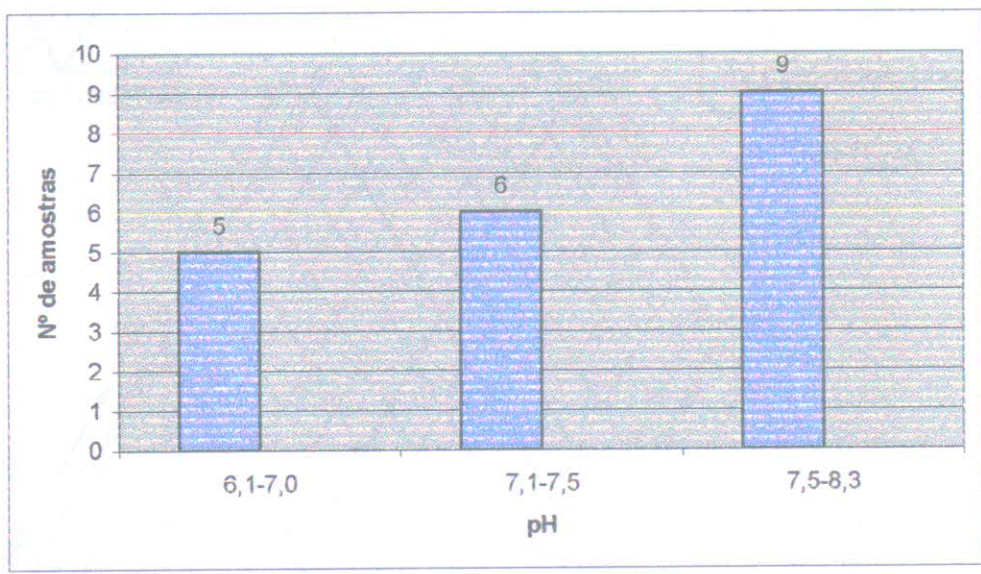


Figura 21 – pH nas águas subterrâneas no município de Jaguaretama.

6.2.5 - Classificação iônica das águas subterrâneas

Para classificação iônica das águas foi utilizado o diagrama de Piper. Os valores dos principais constituintes estão representados em unidades percentuais a partir de meq/L, para os 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 (Figura 22).

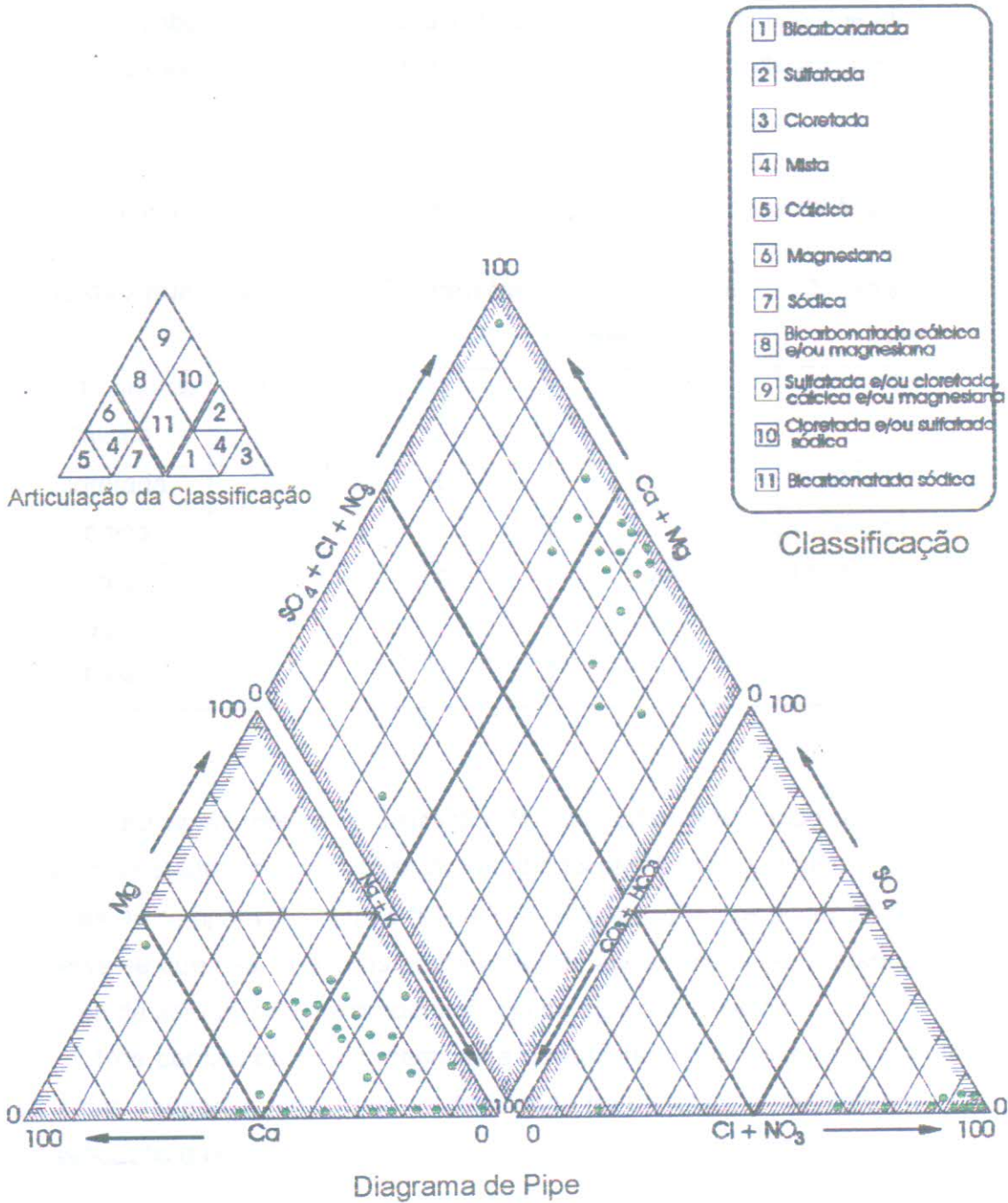


Figura 22 - Fácies Químicas das Águas Subterrâneas do Município de Jaguaretama

Na Tabela 17 observa-se que foram identificados 03 tipos de classes, 5% são águas bicarbonatadas sódicas, 50% cloretadas sódicas e 45% sulfatadas cálcicas.

Tabela 17 - Classificação iônica das águas subterrâneas da área em estudo.

Tipo de Água	Sigla	Nº de Amostras	Frequência Relativa (%)	Nº do ponto de coleta
Bicarbonatada Cálcica	Bc	01	5	24
Cloretada Sódica	Cs	10	50	03, 04, 12, 16, 27, 45, 46, 51, 84,85.
Sulfatada Cálcica	Sc	09	45	13, 23, 34, 35, 49, 71, 90, 92,93.
Total	----	20	100%	----

Para uma melhor visualização do comportamento iônico que reflete a análise das águas subterrâneas na área de estudo, foi utilizado o diagrama de Stiff (Figura 23). Através da comparação entre a figura 23 e a localização dos poços no mapa em anexo, observa-se que nas amostras analisadas das águas dos poços situados na porção NE da área de estudo, há uma predominância de águas cloretadas.

Nos demais domínios, verifica-se que diferentes classes ocorrem em diferentes sistemas aquíferos, mostrando a dificuldade no correlacionamento entre o litotipo e a classificação das águas.

6.3. Uso das Águas Subterrâneas

A agricultura é a principal fonte produtiva na região onde está localizada a área de estudo, uma vez que a implantação de indústrias se restringe principalmente como de transformação.

A conservação e a utilização das águas subterrâneas são de grande importância, devendo ser adequada à necessidade e a capacidade efetiva do aquífero, evitando uma super exploração. As águas subterrâneas são utilizadas na área em estudo para consumo humano, indústrias e agropecuária.

6.3.1. Abastecimento Público

O abastecimento aos órgãos estaduais, é solicitado pela prefeitura municipal é solicitado pela prefeitura municipal , pequenas indústrias, associações rurais, além de inúmeras outras destinações particulares.

O sistema público de abastecimento na sede do município de Jaguaretama é feito pela CAGECE, através de poços, e atende cerca de 65% da população.

Tabela 18 – Características do abastecimento público da área de estudo.

JAGUARETAMA	População (habitante)			
	Urbana	Abastecida	Atendida	Oferta de água (m³/h)
	6.855	4.503	65,6%	297.453

FONTE: CAGECE / FNS, 1997.

O município de Jaguaretama possui 1.168 ligações reais residenciais com uma rede de distribuição de 11.240 metros, com uma oferta de água de 297.453 m³/h durante 20 horas ao dia.

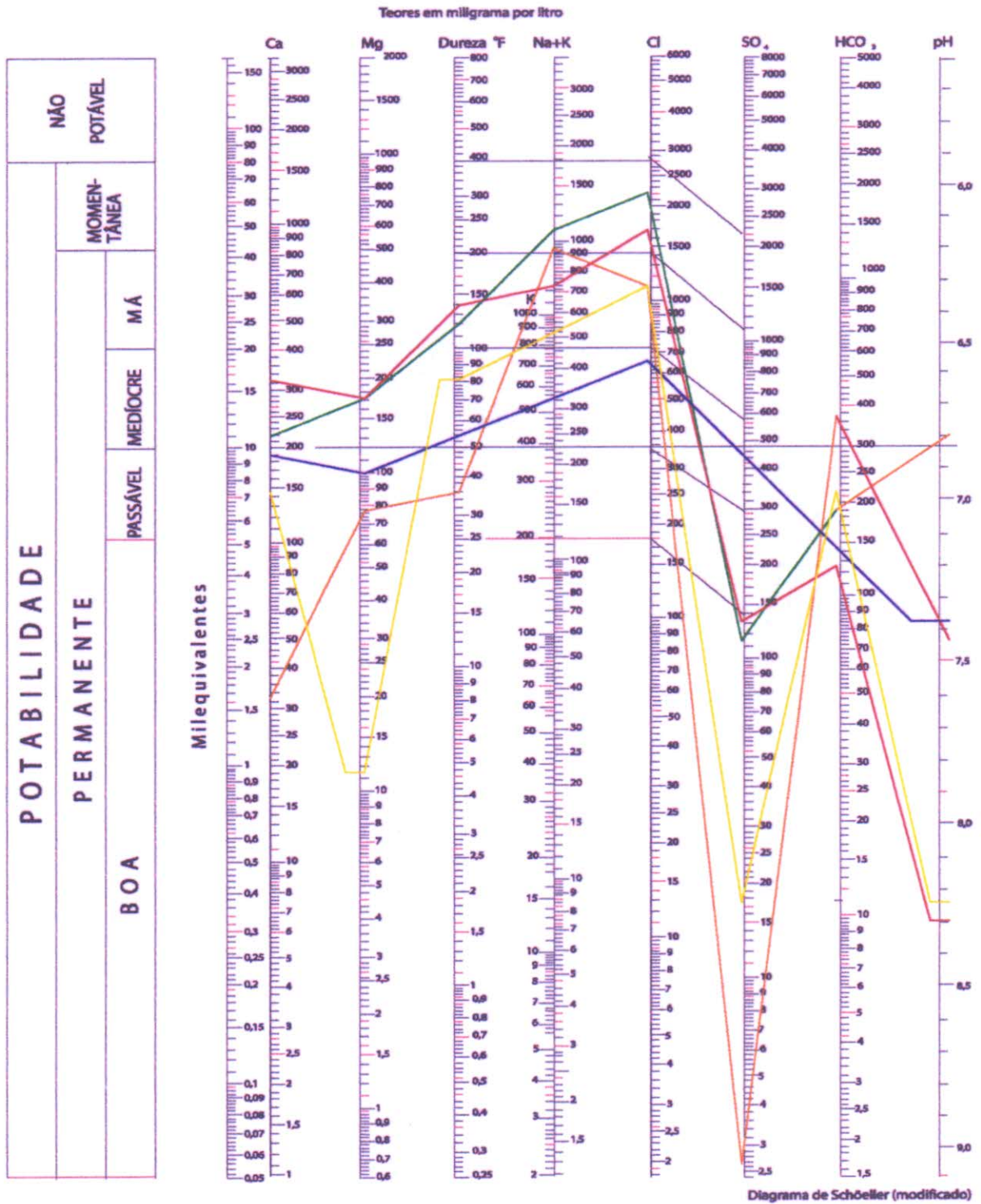
6.3.2. Consumo Humano

A água potável é a que pode ser consumida sem perigo algum para a saúde.

As análises físico-químicas das águas subterrâneas da área de estudo objetivaram a caracterização destas águas no que se refere ao aspecto de sua qualidade. A utilização da água para o consumo humano baseia-se nos padrões de potabilidade cujas normas são estipuladas de forma a atender às características de estética e sabor, e não ser prejudicial à saúde.

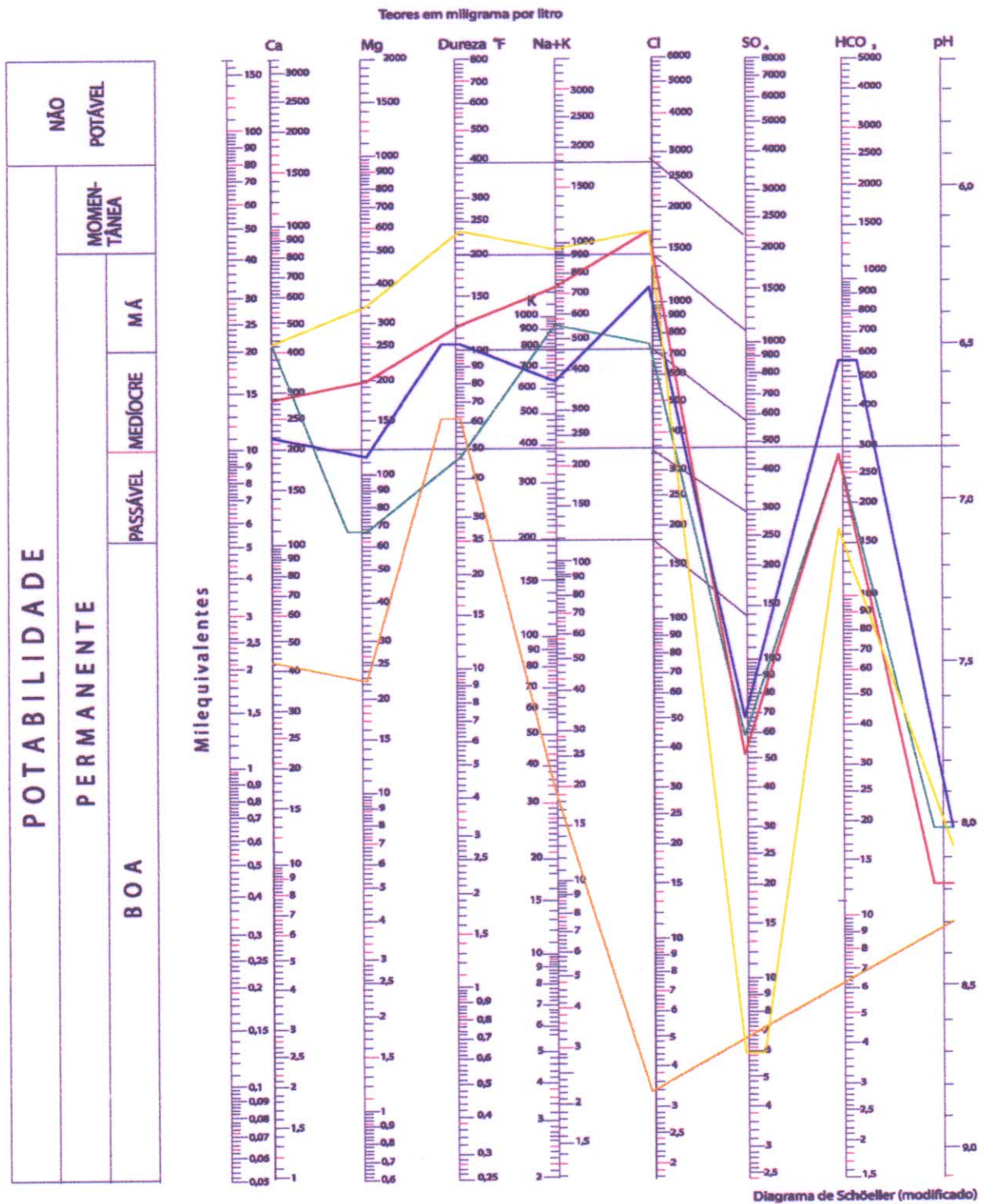
Como avaliação da influência dos elementos químicos na potabilidade são apresentados nas Figuras 24a, 24a, 24c e 24d os diagramas de Schoeller & Berkaloff, através do qual são verificadas as classificações da água na área, que de acordo com as concentrações iônicas máximas, a qualidade da água varia de boa a má, sendo que algumas amostras apresentaram teores enquadrados nas águas não potáveis.

A partir dos padrões de potabilidade recomendados pela Organização Mundial de Saúde – OMS e a portaria 1469/ de 29/12/00 do Ministério da Saúde (Tabela 19), serão analisados as concentrações para ferro, manganês, alumínio, cloreto, sódio, sulfatos, sólidos totais dissolvidos e dureza das águas subterrâneas da área.



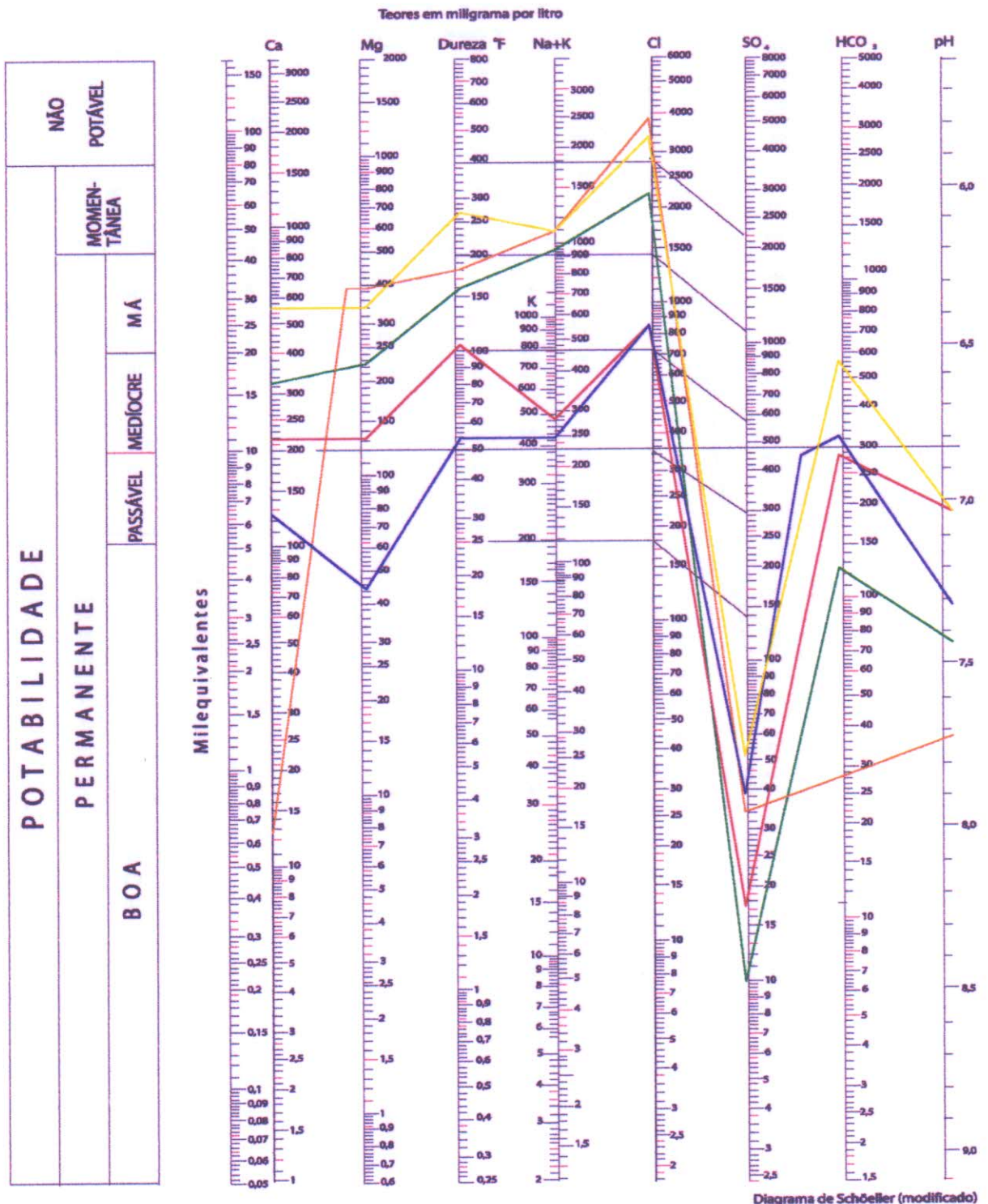
- Amostra 03 — (green line)
- Amostra 04 — (orange line)
- Amostra 12 — (red line)
- Amostra 13 — (blue line)
- Amostra 16 — (yellow line)

Figura 24a – Potabilidade das águas no município de Jaguaretama.



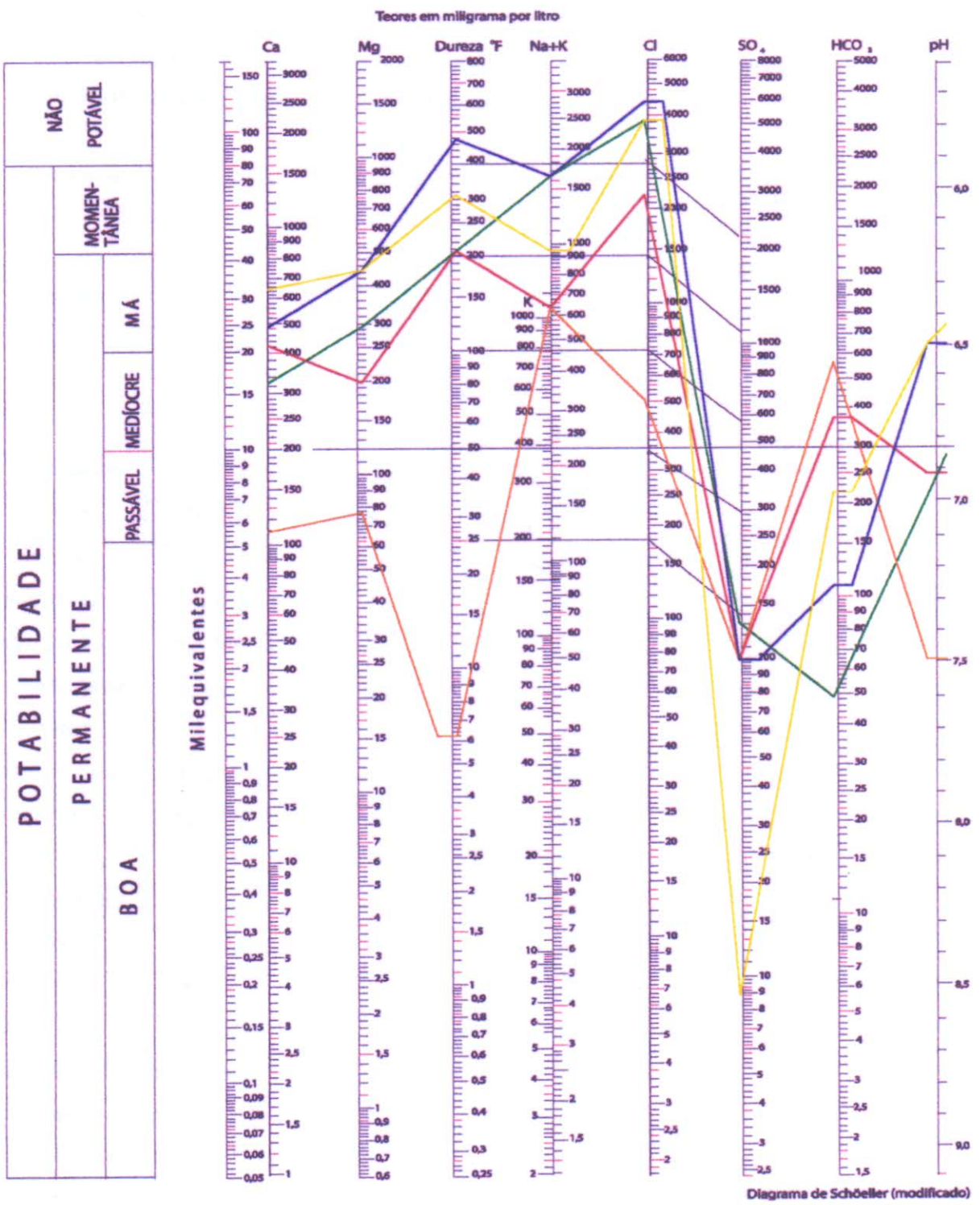
Amostra 23 — Amostra 34 —
 Amostra 24 — Amostra 35 —
 Amostra 27 —

Figura 24b – Potabilidade das águas no município de Jaguaretama.



- Amostra 45 — (green line)
- Amostra 46 — (orange line)
- Amostra 49 — (red line)
- Amostra 51 — (blue line)
- Amostra 71 — (yellow line)

Figura 24c – Potabilidade das águas no município de Jaguaretama.



- Amostra 84 ——— Amostra 92 ———
- Amostra 85 ——— Amostra 93 ———
- Amostra 90 ———

Figura 24d – Potabilidade das águas no município de Jaguaretama.

Tabela 19 - Valores Mínimo e Máximo dos parâmetros analisados das águas da área em estudo em relação a Portaria n° 1469/ de 29/12/00/ MS, e padrões recomendados pela Organização Mundial de Saúde.

Parâmetros	Unidade	Mínimo	Máximo	Portaria n°1469/00 V.M.P	Padrão Recomendado pela OMS
Turbidez	UT	0,44	46,00	5	5
Cor	UH	1,00	138,00	15	15
Odor		Não objetável	Não objetável	Não objetável	Inofensivo
pH		6,50	8,33	6,0 a 9,5	6,5 a 8,5
Alcalinidade	CaCO ₃ / L	72,00	542,30	NE	NE
Dureza	CaCO ₃ / L	60,00	4.137,30	500	500
Cálcio	mg Ca/ L	12,80	935,20	NE	NE
Mágnésio	mg Mg / L	24,00	438,50	NE	NE
Manganês	mg Mn / L	0,02	0,08	0,1	0,1
Condutividade	µ S/ cm	500,00	10.000,00	NE	NE
Cloretos	mg Cl ⁻ / L	19,00	4.597,00	250	250
Cloro residual	mg Cl/ L	Ausência	Ausência	0,2 A 2,0	NE
Sulfatos	mg SO ₄ ⁻ / L	3,19	134,70	250	400
Ferro	mg Fe / L	0,01	1,93	0,3	0,3
O ₂ Consumido	mg O ₂ / L	4,00	14,50	NE	NE
Sódio	mg Na/ L	26,00	1.152,00	200	200
Potássio	mg K /L	8,10	221,00	NE	NE
Nitritos	mg N-NO ₂ ⁻ /L	0,03	2,23	1,0	NE
Nitratos	mg N- NO ₃ ⁻ / L	2,58	355,86	10	10
Amônia	mg N-NH ₃ / L	0,02	1,10	1,5	NE
Sólidos Totais	mg STD / L	282,00	8.004,00	1000	1000
Alumínio	mg Al / L	0,01	0,02	0,2	0,2

Legenda: V.M.P. – Valor Máximo Permissível.

NE - Não especificado.

6.3.2.1. Ferro

A ocorrência de ferro nas amostras analisadas está apresentada na Figura 25. Apenas nas águas dos poços P-24 (0,47 mg/L), P-46 (1,93 mg/L), assume valores acima do recomendável pela Organização Mundial de Saúde que é de 0,3 mg/L. O ferro contido na água causa manchas nas roupas, provoca corrosão dos filtros com conseqüente rompimento dos mesmos e colmatação dos filtros e pré-filtros, proporcionando uma diminuição da vida útil do poço.

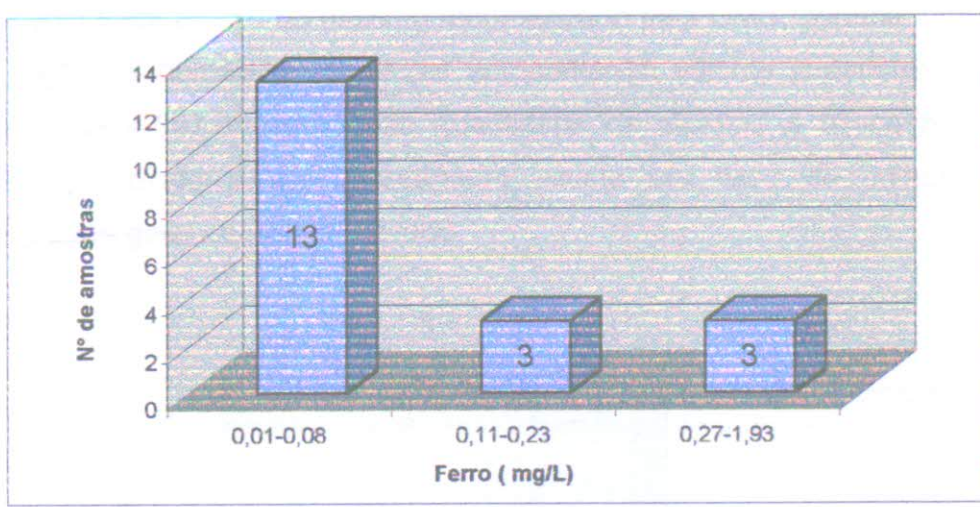


Figura 25 - Distribuição das concentrações de ferro nas águas subterrâneas dos poços tubulares do município de Jaguaretama.

6.3.2.2. Manganês

O manganês está presente em 06 amostras, P-16 (0,03), P-24(0,07), P-34 (0,05) P-35 (0,08), P-45 (0,03), P-46 (0,02), porém todas em abaixo do valor máximo recomendável pela Organização Mundial de Saúde, que é de 0,1mg/L.

6.3.2.3. Alumínio

Foram encontrados nos poços P-24, P-35, P-45, P-46 e P-84, valores abaixo do valor máximo recomendado pela OMS, que é de 0,2 mg/L. O alumínio não está presente nas 15 amostras restantes.

6.3.2.4. Cloretos

Em relação os cloretos (Figura 26), apenas o poço P-24 (19 mg / L), apresenta água com valor abaixo do máximo recomendado pela OMS, portaria 1469/00, que é de 250 mg/L; as demais 19 amostras apresentaram valores superiores, que atingem o máximo de 4.597,80 mg/L. Alta quantidade de cloretos é tóxica para maioria dos vegetais, inibindo o seu crescimento; existe um risco de comprometimento da potabilidade geral na área de estudo.

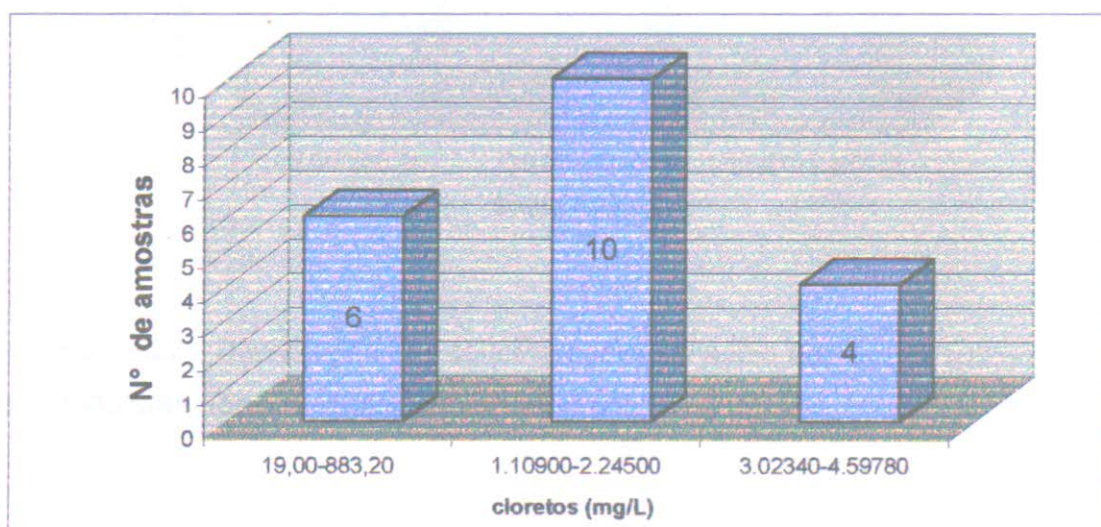


Figura 26 - Distribuição dos valores de cloretos das águas subterrâneas dos poços tubulares do município de Jaguaretama.

6.3.2.5. Sódio

Foram encontrados apenas nos poços P-24 e P-93 valores abaixo do valor máximo recomendável pela Organização Mundial de Saúde, que é de 200mg/L; as demais 18 amostras, apresentaram valores superiores (Figura 27) que alcançam até 1.282,00 mg/L. O sódio é o principal responsável pelo aumento constante da salinidade das águas naturais do ponto de vista catiônico. As águas com concentrações elevadas de sódio são prejudiciais às plantas por reduzir a permeabilidade do solo.

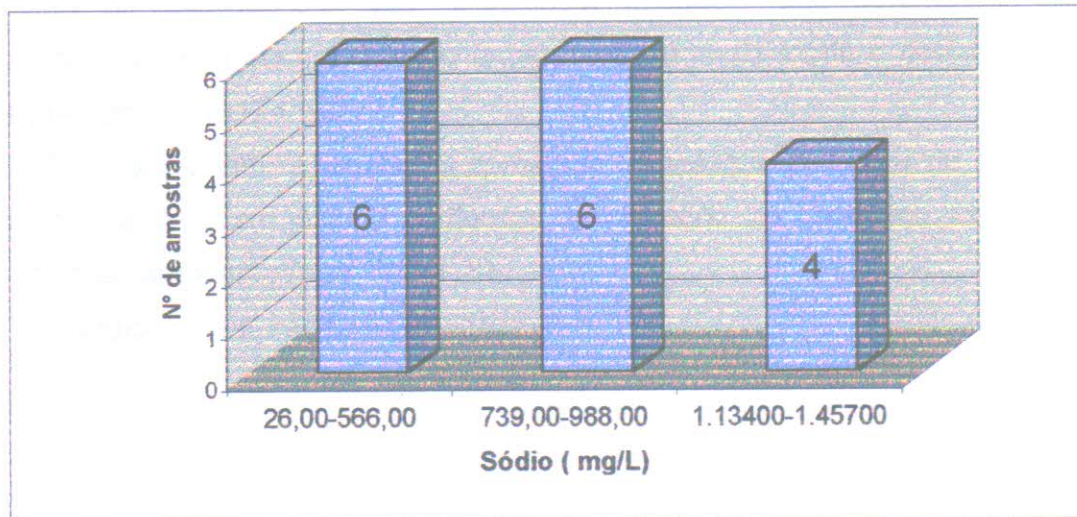


Figura 27 - Distribuição das concentrações de sódio das águas subterrâneas dos poços tubulares dos municípios de Jaguaretama.

6.3.2.6. Sulfato

O sulfato está presente em 17 amostras, porém todas abaixo do valor máximo recomendável pela Organização Mundial de Saúde, Portaria 1469/00/MS, que é de 250mg/L.

6.3.3. Indústria

Os padrões da água para fins industriais são complexos em função da diversidade de uso da água, pois dependem do tipo de indústria e dos processos de industrialização, gerando necessidades diferentes de qualidade de água para cada uso.

Na área de pesquisa, as indústrias se concentram como de transformação por gênero de atividades como: produtos de minerais não metálicos; metalurgia; madeira; mobiliário; química; perfumaria; sabões e velas; artefatos de tecidos; couros, peles e produtos alimentares. A utilização da água subterrânea se faz apenas para consumo humano, levando-se em conta a existência das concentrações significativas de ferro e cloretos. Não existe na área de estudo, indústrias que utilizem água subterrânea em caldeiras ou equivalentes que necessitem obedecer aos parâmetros para fins industriais, sendo o ataque químico (incrustação, agressividade e neutralidade) o que mais prejudica as indústrias.

Sob este ponto, a tabela 21 apresenta os valores de índice de saturação das amostras da área em estudo conforme classificação de Langelier, considerando a classificação apresentada na tabela 20.

O índice de saturação é definido como:

$$I = \text{pH} - \text{pHs}$$

Onde:

I = índice de saturação.

pH = potencial hidrogeniônico da água amostrada.

pHs = potencial hidrogeniônico de saturação teórica (pH de Saturação ou pH de equilíbrio do carbonato de cálcio)

Tabela 20 – Classificação das águas conforme Índice de Langelier (Szikszay, 1993).

<i>I</i>	<i>Classificação</i>
> 0	Incrustante
= 0	Neutra
< 0	Agressiva

Legenda: I – Índice.

Tabela 21 - Índice de saturação e classificação das amostras da área em estudo.

Amostras	I	Classificação
03	1	Incrustante
04	0,5	Incrustante
12	3,11	Incrustante
13	2,2	Incrustante
16	-2,3	Agressiva
23	2,9	Incrustante
24	1,1	Incrustante
27	3,0	Incrustante
34	2,7	Incrustante
35	2,9	Incrustante
45	2,3	Incrustante
46	-0,2	Agressiva
49	1,5	Incrustante
51	1,3	Incrustante
71	2,5	Incrustante
84	1,0	Incrustante

Amostras	I	Classificação
85	1,8	Incrustante
90	2,2	Incrustante
92	1,4	Incrustante
93	2,3	Incrustante

Legenda: I – Índice.

6.3.4. Irrigação

Toda água que possua sua composição química adequada ao consumo humano pode ser utilizada na irrigação.

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

Dois parâmetros 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:

$$SAR = \sqrt{\frac{rNa}{(rCa + rMg) / 2}}$$

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, que gerou a Tabela 22.

Tabela 22 - SAR e Condutividade Elétrica das águas subterrâneas do Município de Jaguaretama.

Nº da Amostra	SAR	Condutividade Elétrica ($\mu\text{S/cm}$)
		25°C
03	0,00	6.920
04	21,65	4.770
12	8,45	7.740
16	6,64	5.036
23	5,49	3.440
24	1,70	542
27	10,69	6.944
34	4,88	4.952
35	5,16	8.825
45	9,53	9.615
46	0,00	13.470
49	3,25	3.500
51	7,45	3.080
71	3,37	9.240
84	0,01	11.490
85	10,35	3.430
90	5,00	7.010
92	0,00	13.340
93	7,01	10.670

Legenda: SAR - Razão de Adsorção de Sódio.

Conforme a classificação das águas pelo diagrama, apresentado na Figura 28, os resultados das análises revelam que 26,31% das amostras se enquadram na classificação C₅ - S₄ e C₅ - S₃, caracterizando águas com risco de salinidade excepcionalmente alto e muito alto risco de sódio, podendo irrigar somente solos bem

drenados e apenas para vegetais de alta tolerância salina. A segunda maior parte, corresponde a 21,05%, pertencente a classificação C₄-S₂, indicando água de risco de salinidade muito alto e risco de sódio médio, irrigar solos de textura grosseira ou ricos em matéria orgânica. A terceira parte, corresponde a 10,52%, pertencente à classificação C₅-S₂, indicando água de risco de salinidade excepcionalmente alto, risco de sódio médio.

Finalmente, a classificação restante 5,26%, identifica água C₂-S₁, C₄-S₄ e C₄-S₃ com média, alta e muito alta salinidade, além do valor do sódio que varia de baixo, a alto e muito alto.

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

Tabela 23 - Classificação das águas subterrâneas para irrigação no município de Jaguaretama.

Classe	Quant. Amostras	Risco de Salinidade	Risco de Sódio	Uso (salinidade)	Uso
C ₂ - S ₁	01	Médio	Baixo	Irigar solos silto-arenosos, siltosos ou areno argilosos e vegetais de fraca tolerância salina.	Irigar quase todos os solos e quase todos os vegetais.(3)
C ₄ - S ₄	01	Muito alto	Muito alto	Irigar somente solos bem drenados e apenas vegetais de alta tolerância salina podem ser cultivados (1)	Águas geralmente imprestáveis para irrigação. (4)
C ₄ - S ₃	01	Muito alto	Alto	Idem (1)	Idem (4)
C ₄ - S ₂	03	Muito alto	Médio	Idem (1)	Irigar solos de textura grosseiros ou ricos em

Classe	Quant. Amostras	Risco de Salinidade	Risco de Sódio	Uso (salinidade)	Uso
					matéria orgânica.
C4 - S1	01	Muito alto	Baixo	Idem (1)	Idem (3)
C5 - S4	05	Excepcionalmente alto	Muito alto	Irigar solos excessivamente permeáveis e muito bem cuidados, salvo exceções, unicamente para palmeiras. (2)	Águas geralmente imprestáveis para irrigação.
C5 - S3	05	Excepcionalmente alto	Alto	Idem (2)	Idem (4)
C5 - S2	02	Excepcionalmente alto	Médio	Idem (2)	Irigar solos de textura grosseira ou ricos em matéria orgânica.

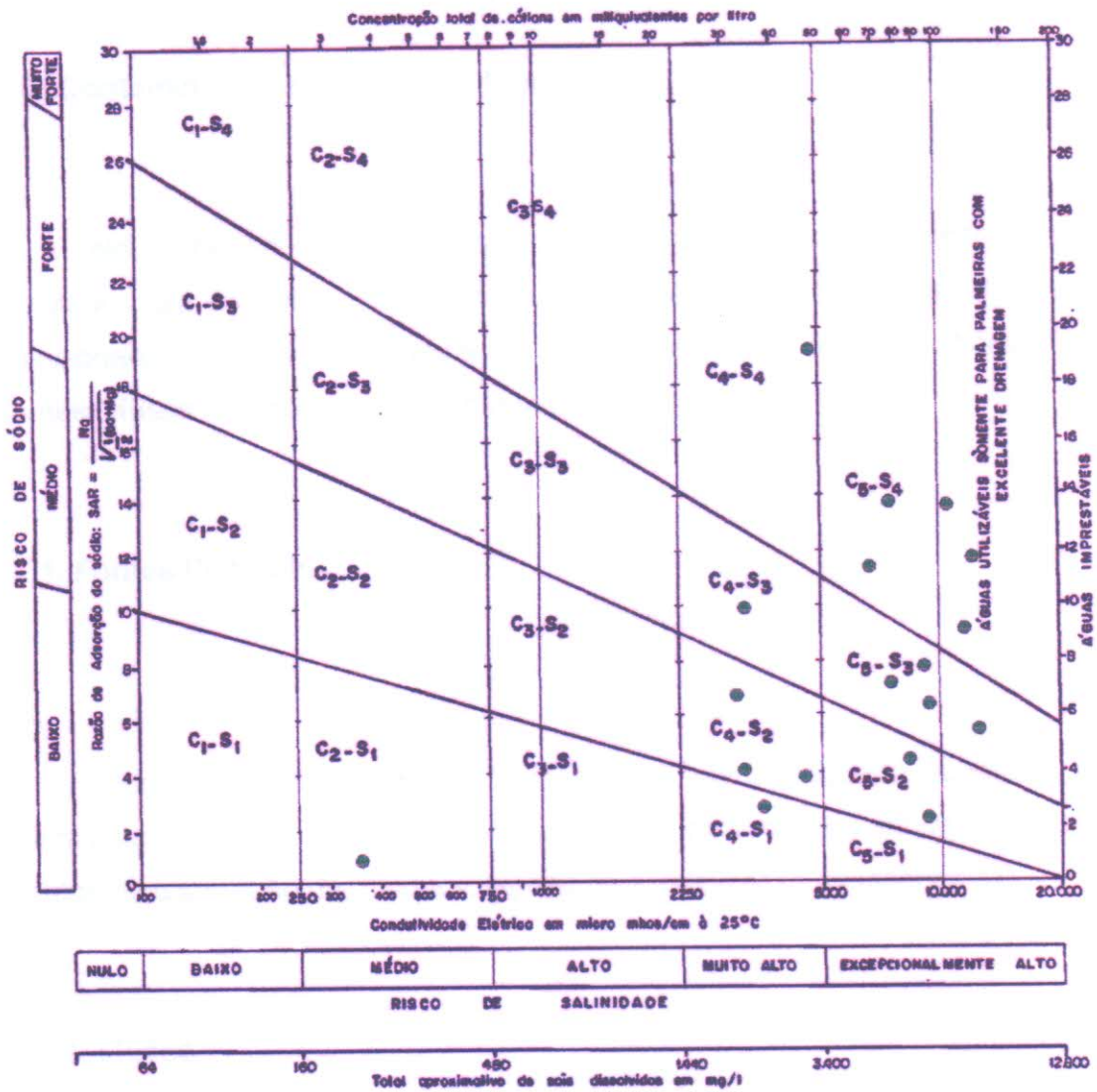


Diagrama do U.S. Salinity Laboratory

Figura 28 - Classificação das águas para irrigação na área de estudo

7. Contaminação das Águas Subterrâneas

No município de Jaguaretama apenas áreas urbanas apresentam riscos de poluição para as águas subterrâneas. As cargas de contaminantes potenciais estão relacionadas com as fontes pontuais (lixões, cemitérios e poços abandonados) e as fontes difusas (saneamento básico e atividades agrícolas).

7.1. Fontes Pontuais

Originadas das atividades concentradas numa pequena superfície e de fácil identificação, como atividades industriais, de mineração, tanques de combustível, pontos de disposição de resíduos, lagoas de estabilização, cemitérios etc.

7.1.1. Lixões

A deposição dos resíduos sólidos gerados pela atividade antrópica e industrial (lixo) gera substâncias prejudiciais à saúde e poluição dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos.

O lixo é formado de uma massa heterogênea, variando em função da comunidade que o produz. Os tipos são: doméstico, comercial, industrial, público, hospitalar e radioativo. O principal poluidor das águas subterrâneas produzido pelo lixo é o chorume, que é um líquido contaminante.

Na área de estudo, a deposição dos resíduos sólidos ocorre em terrenos baldios e em áreas marginais da sede municipal. O volume produzido pela população ainda não é capaz de cobrir grandes áreas, e somente do tipo urbano.

7.1.2. Cemitérios

O risco potencial de contaminação das águas subterrâneas por microorganismos, que proliferam durante a decomposição dos corpos, e elementos químicos diversos, constitui-se em um dos impactos ambientais (PARENTE, 2001).

Os organismos mais susceptíveis a transmitir doenças via meio hídricas são *clostridium* (tétano, *grangrena gasosa*, *toxi -infecção alimentar*), *Mycobacterium* (*tuberculose*) as *entrobactérias salmonela tyhi* (*febre tifóide*), *salmonela paratyphi* (*febre paratifóide*), *shigela* (*desintéria bacilar*) e o *vírus da hepatite A* (PARENTE, op. cit.).

No município que compõe a área de estudo, existem 03 (três) cemitérios, onde um deles, o principal, está localizado na área urbana, próximo ao um açude que serve de abastecimento em tempos de estiagem.

7.1.3. Construção de Poços Tubulares

A locação de um poço deve ser feita com critérios, evitando as proximidades de rios ou riachos poluídos por esgotos domésticos, industriais, fossa e lixões, e ter conhecimento da qualidade da água de poços próximos ao local.

Um erro na construção dos poços colocará as águas subterrâneas sob o risco de poluição. Normalmente, os poços mal construídos não são vistoriados e os poços abandonados não são tamponados (protegidos), (Fotos 08.1, 08.2.).

A construção de poços deve estar associada ao conhecimento da geologia local, da profundidade de poços, níveis já poluídos, se houver, evitando-se assim, maiores custos ao final do projeto e diâmetro de perfuração.

A colocação dos filtros e revestimentos deve ser concretizada de acordo com o projeto técnico, baseando-se no conhecimento do perfil litológico local.

Concluídos os trabalhos de perfuração e completação (revestimento e cimentação), segue-se à operação de limpeza, onde cuidados devem ser tomados com relação à existência de substâncias poluentes, quando em contato com o aquífero. Na área, os poços são perfurados até a profundidade de 60m, com diâmetro das perfurações de 8 e 6 ". O método utilizado na grande maioria é o rotopneumático, com revestimento de PVC, e a duração do desenvolvimento realizado é em torno de 12h.

Os testes de bombeamento são utilizados para determinação dos parâmetros hidrodinâmicos do aquífero.

7.2. Fontes difusas

As fontes difusas são aquelas dispersas numa grande área, de difícil localização e controle, como ausência de saneamento, águas superficiais poluídas, rejeitos da dessalinização e atividades agrícolas.

7.2.1. Saneamento Básico

Com o aumento populacional desordenado e com a ausência de uma rede de coleta de esgoto, a população tende a utilizar-se de fossas sumidouros/negras e sépticas, ou lançar águas servidas nos córregos, rios e lagoas. Isso se constitui em importante fonte poluidora, representada por uma infiltração direta de bactérias e vírus para os aquíferos subjacentes. São várias as doenças que podem ser veiculadas pela água, tanto pela ingestão como pelo contato com a pele. O íon nitrato, indicador de poluição das águas de esgotos, produz doenças como a metahemoglobinemia ou "doença azul", fatal para crianças recém nascidas.

Na sede do município que compõem a área de estudo, a ausência de rede de esgoto é quase total.

7.2.2. Rejeitos da dessalinização

A construção de poços na área em estudo é uma das muitas tentativas de minimizar o problema da escassez de água. Mas esta prática está associada a problemas de salinização das águas subterrâneas. Durante esse trabalho foram cadastrados 94 poços onde se observou que os níveis de sais são superiores ao aceitável para o consumo humano.

Na área de estudo os poços que dispõem de dessalinizadores de águas salobras, que através do processo de osmose reversa, convertem esse tipo de água em água potável, retendo o excesso de sais, os rejeitos são lançados no solo ou em corpos d' água, causando sérios problemas ambientais.

Observa-se que o local que onde são depositados esses rejeitos o solo apresenta um Índice de degradação, tornando-se impróprio para quaisquer tipos de utilização (fotos 09.1 e 09.2), principalmente para o plantio de qualquer cultura.

7.2.3. Atividade agrícola

A atividade agrícola mais extensiva na área de estudo é a cultura de feijão, que ocupa extensas áreas de plantio.

Na atividade agrícola faz-se necessário para a proteção das plantas contra insetos, fungos e ervas daninhas, daí a utilização de pesticidas que podem contaminar as águas subterrâneas, pela migração, através do solo, em direção ao aquífero.

Os pesticidas são substâncias químicas empregadas no combate as pragas, e conforme seu uso biológico podem ser classificadas em inseticidas, formicidas, herbicidas e outros. Os inseticidas mais usados na agricultura, em ordem de magnitude de tempo de persistência nas águas são os componentes orgânicos DDT (*diclorodifenitricloroetano* – 4 anos), BHC (*Hexaclorido Bezeno* – 3 anos), Aldrim (2 a 3 anos) e Paration (1 ano).

8. Conclusões e Recomendações

Apesar da baixa potencialidade apresentada pelo condicionamento geológico, a água subterrânea na zona rural município de Jaguaretama constitui a principal fonte de abastecimento disponível para o suprimento da população e dos rebanhos, durante os períodos de estiagens que são conhecidos popularmente como SECA.

A área de estudo está representada pelas unidades litoestratigráficas da Faixa Orós e são as seguintes; um embasamento oriental a, Faixa Orós ou complexo Jaguaretama, uma seqüência metavulcanossedimentar que faz contato à leste com a unidade metaplutônica granitóide (suíte magmática, serra do Deserto); e algumas suítes magmáticas de granitóides básico-intermediários e sedimentos mesozóicos não deformados. Apresenta dois domínios geológicos distintos: O domínio das rochas cristalinas e os depósitos aluvionares. As rochas cristalinas predominam na área; portanto, a água subterrânea está condicionada a uma porosidade secundária.

Os poços tubulares apresentam profundidades mínimas de 60 m, o método de perfuração mais utilizado é o rotopneumático, possuem vazão média de 708 L/h. Existem 20 poços abandonados, 11 desativados, 29 em uso, 11 não instalados, 11 sem informação, o que gera um total de 82, que somados aos 12 amazonas, dão um total de 94 poços.

A qualidade das águas subterrâneas foi definida em função dos resultados obtidos nas análises químicas. De acordo com os resultados das análises físico-químicas as águas predominantes são as cloretadas sódicas, tendendo para cloretadas cálcicas e bicarbonatadas cálcicas; há uma predominância de águas cloretadas.

As águas apresentam uma tendência à muito duras, com valores oscilando entre 1500 à 4.137,30 mg/L de CaCO_3 ; a condutividade elétrica varia entre 542 a 9240 $\mu\text{S/cm}$ a 25° C e o pH médio de 7,8 com caráter básico, a potabilidade varia de boa a má, e algumas amostras apresentaram padrões não potáveis.

A maioria das águas subterrâneas dos poços tubulares se enquadra na classificação $C_5 - S_4$ e $C_5 - S_3$ (26,31%), caracterizando águas com risco de salinidade

excepcionalmente alto e muito alto risco de sódio, podendo irrigar somente solos bem drenados e apenas para vegetais de alta tolerância salina.

A poluição das águas subterrâneas é um problema que vem chamando atenção, relacionadas com as fontes pontuais e as difusas.

Recomenda-se que a Prefeitura Municipal desenvolva um plano municipal de recursos hídricos, para atualizar o número de poços existentes no município. Cada poço que apresentar águas com um nível de salinidade elevado deve ser analisado considerando suas características, ensaios de bombeamento e análise físico-química da água produzida e número de famílias atendidas para que seja considerada a possibilidade de instalação de dessalinizadores. O dessalinizador de águas salobras, através do processo de osmose reversa converte esse tipo de água em água potável, restando o excesso de sais.

Os problemas são os rejeitos do processo de dessalinização, que contém elevados teores de sais e, quando lançados no solo ou em corpos d'água, causam problemas ambientais. Para solucionar esse problema, sugere-se algumas formas possíveis de aproveitamento dos rejeitos dos dessalinizadores, entre eles destaca-se a irrigação de espécies halófitas, que são plantas com capacidade de suportar altos níveis de salinidade e de acumular significativas quantidades de sais em seus tecidos.

Uma outra alternativa para os rejeitos dos dessalinizadores é o seu aproveitamento em tanques destinados a criação de peixes (principalmente a tilápia) e camarões, passando a constituir mais uma fonte de alimento e de renda para a população. Os poços desativados e não instalados deveriam entrar em programas de recuperação e instalação de poços para aumentar a oferta de água da região.

Todos os poços deveriam sofrer manutenção periódica para assegurar o seu funcionamento, principalmente em tempos de estiagens prolongadas.

Avaliar as potencialidades dos depósitos aluvionares que, aparentemente, são pouco explorados e poderiam constituir uma alternativa para abastecimento de diversas localidades.

Por fim, recomenda-se que a Prefeitura Municipal desenvolva estudos visando à seleção de locais apropriados à disposição de resíduos sólidos e planejamento para a expansão e implementação de saneamento básico nas áreas urbanas do município de

Jaguaretama, e que promovam seminários técnicos visando à discussão sobre a importância das águas subterrâneas para o desenvolvimento do município.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

B S L C M

- AB' SÁBER, A.N. **O Domínio Morfoclimático Semi-árido das Caatingas Brasileiras**, Geomorfologia, São Paulo, n.43, p.37. 1974.
- ALMEIDA, F.F.M. de. **Origem e evolução da Plataforma Brasileira**. B. Div. Geol. Mineral. DNPM, Rio de Janeiro, n. 241,1967.
- ALMEIDA, F.F.M.; HASUY, Y.; BRITO NEVES, B.B.; FUCK, R. **Províncias estruturais brasileiras**. In: SBG/ Núcleo Nordeste, Simpósio de Geologia do Nordeste, 7, Campina Grande, Atas, Sociedade Brasileira de Geologia, 1977. p. 363-391.il.
- ARTHAUD, M.H.; TORQUATO, J.R. **A Tectônica Transcorrente no Estado do Ceará**, In: Atlas do XIII Simpósio de Geologia do Nordeste, Fortaleza, CE, (Bol. 11), p. 277 –278, 1989.
- ASTIER, J.L. **Geofísica aplicada a la hidrogeologia**, Parainfo, Madrid, 339p,1975.
- BEZERRA, E.C.; BEZERRA, J. E. C. ; MENDES, M.F.S. **Precipitações do Estado do Ceará**. In: SUDEC. Atlas do Ceará, Fortaleza – CE , p.1-8-19, 1986.
- BIANCHI, L. **et al. Recursos Hídricos das Regiões do Baixo e Médio Jaguaribe, CE** Secretária de Agricultura de Abastecimento do Ceará / PROMOVALE. Fortaleza, 1982. 61 p. il.
- BRAGA, A.P.F.; MENDONÇA, J.C.G.S **Seqüências vulcânossedimentares de Orós e Jaguaribe**, Folha SB. Z – A – I, Região sudeste do Estado do Ceará. In: SBG, XXXIII Congr. Brasileiro de Geologia, Rio de Janeiro, RJ, Anais, 5, p. 2512 – 2526, 1984.
- CAVALCANTE, I.N. **Fundamentos hidrogeológicos para a Gestão integrada de recursos hídricos na Região Metropolitana de Fortaleza, Estado do Ceará**. 1978. 164p. Tese (Doutorado), Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo,1978.
- CAVALCANTE, J.C. **Limites e evolução geodinâmica do sistema jaguaribeano, província Borborema, Nordeste do Brasil**. 1999, 183 p. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 1999.

- COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS, CEARÁ. **Programa de Recenseamento de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea no Estado do Ceará: Diagnóstico do Município de Jaguaratama. Atlas dos Recursos Hídricos Subterrâneos do Ceará.** 2. ed. Fortaleza, jul. 2000.
- CUSTÓDIO, E.; LLAMAS, M.R. **Hidrogeologia Subterrânea.** Ed. Omega, S.A. v.1, sec.4, cap.4, Barcelona, 1983, p.174 – 213.
- FEITOSA, J.L.; MITRE, C.J.S. **Mapeamento geológico da região à nordeste de Solonópole.** Trabalho de conclusão do curso (graduação), Departamento de geologia, Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 1995.
- FEITOSA, F.A.C.; FILHO, J.M. (coord). **Hidrogeologia conceitos e aplicações.** CPRM, LABHID, UFPE. Fortaleza, 1997. 412 p. il.
- FUNDAÇÃO INSTITUTO DE PLANEJAMENTO DO CEARÁ. **Perfil Básico Municipal Jaguaratama, CE.** Fortaleza, 1998, 42 p.
- FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA. Posto de Observação do Município de Jaguaratama, CE. **Precipitações Mensais Decorrentes do Período de 1986 a 1989.** Jaguaratama, Ce, 2001.
- GOMES, J. R. DE C. ; PEREIRA GATTO, C. M. P. ; SOUZA, G.M.C. ; SILVA da LUZ, B.; PIRES, J. L.; TEIXEIRA, W. **Projeto Radam Brasil, Levantamento de Recursos Naturais, Rio de Janeiro, vol . 23- Folha SB. 25 / 24- Jaguaribe / Natal – Div. Geol. MME / Secretária Geral.** 1981.
- GONÇALVES, F.S., Contribuição dos perfis geoeletricos na locação de poços tubulares. In: 1º Congresso Brasil / Alemanha de Energias Renováveis e Recursos Hídricos. Fortaleza, CE, 28/09 a 2/10/1999.
- IPLANCE. 159. **Atlas do Ceará-** Fortaleza, 64p. Mapas coloridos- Escala 1:1. 50000 – Ceará, ATLAS 1 – Título 1997.
- LAKUBOVSKII, I.U.V.; LIAJOV, L.L. **Exploration eléctrica,** Editorial Reverté, Barcelona, 1980, 413 p.
- LEITE, F. de. A.B.; MARQUES, J. N. **SOLOS.** In: Atlas do Ceará. IPLANCE. Fortaleza, 1995.
- LOGAN, J. **Interpretação de análises químicas d' água.** Recife: US. Agency For International Development, 1975, 67 p.

- McREATH, I. **The Proterozoic Orós Belt, North Brazil: Geochemically Diverse meta-igneous rocks, lithological associations and tectonic implications** *Geocim. Brasil*. 1993, 7(2): 151-157.
- MOBUS, G., SILVA, C.M.S.V.; FEITOSA, F. C. **Perfil estatístico de poços no cristalino cearense**. In: Simpósio de Hidrogeologia do Nordeste, 3, 1998, Recife. Anais do ... ABAS, Recife, 1998. p.184 –192.
- PARENTE, R. C. **Qualidade das Águas Subterrâneas dos Municípios de Iguatú e Quixelô, Ce, Brasil**. 2001. 106 p. Dissertação(Mestrado) Departamento de Geologia, Universidade Federal do Ceará.
- REDE DE INFORMAÇÃO E DOCUMENTAÇÃO EM DESERTIFICAÇÃO. REDESERT. **O que é desertificação**, 1995. Disponível em: <http://www.uol.com.br/ivairr/dirce.htm>. Acesso em: 02 fev.2002, 20:15:30.
- SÁ, J. M. **Evolution geodynamique de la ceinture proterozoïque d' Orós, Nord-Est du Brasil**. 1991. Tese (Doutorado), Université de Nancy I, 1991, 177p.
- SANTOS, E. J. dos.; BRITO NEVES, B. B. de. **Província Borborema**, In: ALMEIDA, F.F.M. DE & HASUI, Y. (coord.). **O Pré Cambriano do Brasil**. Edgard Blücher, São Paulo, 1984. 378 p. p. 123 – 186. il.
- SECRETÁRIA DE RECURSOS HÍDRICOS, PREFEITURA MUNICIPAL DE JAGUARETAMA. **Relatórios Finais de Perfurações**. Jaguarétama, Ce. 1972 a 1985.
- SECRETÁRIA DE RECURSOS HÍDRICOS, **Plano Estadual de Recursos Hídricos**. v.4. Fortaleza, 1992.
- SZIKSZAY, M. **Geoquímica das águas**. Boletim IG, n.5. São Paulo, 1993.
- THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **The water balance**. Publications in climatology. New Jersey, 1955.
- VASCONCELOS, S.M.S. **Estimativa de Recarga Subterrânea a partir Balanço Hídrico. Exemplo de Fortaleza (CE)**. *Revista de Geologia*, 1994. 7 v. p. 27-34.
- VERÍSSIMO, L.S.; MEDEIROS, M de F.; SOUZA, J. F. de.; ANDRADE, F.T.B de. **Avaliação das Potencialidades Hídrica e Mineral do Médio Baixo Jaguaribe , Ce**. Fortaleza, CPRM, (Série Recursos Minerais. Fortaleza, v.4).

"Programa Gestão e Administração Territorial – GATE", 1996. 115 p.

VILLELA, S. V. ; MATTOS, A. **HIDROGEOLOGIA APLICADA**, Mc Graw-hill do Brasil, São Paulo, 1975, 245 p.

ANEXOS

ANEXO 01 - CADASTRO GERAL DOS POÇOS DA
COPASA

ANEXO 01
CADASTRAMENTO DE POÇOS

ANEXO I – CADASTRO GERAL DOS POÇOS DA
ÁREA DE ESTUDO - JAGUARETAMA



Nº	M.	Poço	Análise	Local	Coordenadas		Prof (m)	N.E. (m)	Vazão (l/h)	C.E. µs/cm	Aquífero	Tipo
					N	E						
1	J	Tubular		Água Branca	9403608	544758			SECO	243	Aluvionar	Públ.
2	J	Amazonas		Aroeira (Faz.)	9407686	535088			S/I	1547	Aluvionar	Públ.
3	J	Tubular	*	Aroeira I				3,5	670		Fissural	Públ.
4	J	Tubular	*	Aroeira II				5	150		Fissural	Públ.
5	J	Tubular		Açude do Pereira	9398660	531130	60		1000	4700	Fissural	Públ.
6	J	Tubular		Água Verde	9401269	511893			S/I	4540	Fissural	Priv.
7	J	Tubular		Açude Novo	9395935	529352	60		1000	14390	Fissural	Públ.
8	J	Tubular		Almas	9381835	510826	60	2,7	4400		Fissural	Públ.
9	J	Tubular		Água Branca					S/I		Fissural	Públ.
10	J	Tubular		AgroFátima				24	200		Fissural	Públ.
11	J	Tubular		Açude dos Costas	9395967	529663			200		Aluvionar	Públ.
12	J	Tubular	*	Açude do Pereira	9398882	532741		15	S/I		Fissural	Públ.
13	J	Amazonas	*	Avenida Xavier (Faz. Xavier)	9391260	540467		5	1000	1650	Aluvionar	Priva.
14	J	Tubular		Barra do Cipó (Faz.)	93933764	515832			S/I	6850	Fissural	Priva
15	J	Tubular		Barra do Cipó (Faz.)	9393944	515525			S/I		Fissural	Priva
16	J	Tubular	*	Barbatão	9406095	541804		10	980	7440	Fissural	Públ.
17	J	Tubular		Centro Educacional Bezerra de Melo	9380064	525533			SECO		Fissural	Públ.
18	J	Tubular		Conjunto Habitacional do Frade	9379962	525056			S/I		Fissural	Públ.
19	J	Tubular		Coronel (Faz. Nova)	9399414	522366	60		SECO		Fissural	Públ.
20	J	Tubular		Cumbe (Faz.)	9410715	524307			220		Fissural	Priva
21	J	Tubular		Capoeira (Faz.)	9396799	532395			200	11000	Fissural	Públ.
22	J	Tubular		Cachoeira (Faz.)	9406530	524136			S/I		Fissural	Públ.
23	J	Tubular	*	Campo Novo (Faz. Vila Nova)	9399261	528986			1000	3440	Fissural	Públ.
24	J	Tubular	*	Caçara	9402012	547911	60	4,6	400	700	Fissural	Públ.
25	J	Tubular		Conjunto Habitacional (COHAB)	9379972	524979		13,3	1131		Fissural	Públ.
26	J	Amazonas		Cacimba da Pedra	9399772	550280	6		S/I	680	Aluvionar	Públ.
27	J	Tubular	*	Cachoeira (Faz.)					500		Fissural	Públ.
28	J	Tubular		Cacimba da Onça	9390806	534984	67		1000	10350	Fissural	Públ.
29	J	Tubular		Distrito de Mato Alto				18	800		Fissural	Priva
30	J	Tubular		Eseuninha (Assentamento)	9395499	515789			1200	1515	Fissural	Públ.
31	J	Tubular		Escola Gonzaga Mota (conj. Habitacional)	9379861	525125	78		S/I	1207	Fissural	Públ.
32	J	Tubular		Faz. Lagoa da Boa Vista I				14	160		Fissural	Públ.
33	J	Tubular		Faz. Lagoa da Boa Vista II				10	400		Fissural	Públ.
34	J	Tubular	*	Faz. Lagoa das Portas	9393688	548285		16,5	2550	6660	Fissural	Públ.

Convenções: Município; Prof: profundidade; NE: nível estático; CE: condutividade elétrica; S/I: sem informação.

ANEXO 1 – CADASTRO GERAL DOS POÇOS
DA ÁREA DE ESTUDO - JAGUARETAMA

Nº	M.	Tipo de Poço	Análise	Local	Coordenadas	Prof. (m)	N.E. (m)	Vazão. (l/h)	C.E. µS/cm	Aqüífero	Condição
35	J	Amazonas	*	Faz. Lagoa das Portas	9392366 547908	8		S/I		Aluvionar	Públ.
36	J	Tubular		Faz. Lagoa do Mato	9399849 543692	85		SECO		Fissural	Públ.
37	J	Tubular		Faz. Monte Ararat	9366980 533002		1,5	950		Fissural	Públ.
38	J	Tubular		Faz. Campo Verde	9402843 525888			1200	19500	Fissural	Priva
39	J	Tubular		Faz. Ideal	9404096 509334	60		250	3440	Fissural	Priva
40	J	Tubular		Faz. Cacimba da Onça	9391730 536580	60		SECO		Fissural	Públ.
41	J	Tubular		Faz. Sítio Alegre			22,3	220		Fissural	Públ.
42	J	Tubular		Faz. Torrões	9373903 529537		8	150		Fissural	Públ.
43	J	Tubular		Faz. Feticheiro	9388414 534490			600	7370	Fissural	Públ.
44	J	Tubular		Faz. Nova Empresa	9402103 527820	70		S/I		Fissural	Priva
45	J	Tubular	*	Faz. Santa Luzia (marmick)	9394772 547474	60	10,4	260	7690	Fissural	Públ.
46	J	Tubular	*	Faz. Boa Esperança	9396366 542424			S/I	5320	Fissural	Priva
47	J	Tubular		Faz. Santa Luzia	9395510 548432	60	11,1	480	3200	Fissural	Públ.
48	J	Tubular		Faz. Esperança Nova (Aç. dos Pereira)	9396738 530166	70		S/I		Fissural	Públ.
49	J	Tubular	*	Faz. Kilómetro	9397967 515296	50	2	2828	3520	Fissural	Públ.
50	J	Tubular		Faz. Papagaio	9397518 544013	60		250	13360	Fissural	Públ.
51	J	Tubular	*	Grupo Escolar Ipeirais	9367502 530632	60	8,30	440		Fissural	Públ.
52	J	Tubular		Hospital Bezerra de Menezes	9379967 525925	80	10	800		Fissural	Públ.
53	J	Tubular		Lagoa do Mato (Assentamento)	9395692 523834		14,5	500		Fissural	Públ.
54	J	Tubular		Logradouro (Faz.)	9402459 516867	60		SECO	6580	Fissural	Priva
55	J	Tubular		Lagoa da Onça	9395689 551455	50		S/I	1910	Fissural	Priva
56	J	Tubular		Lagoa da Onça	9395512 550800	60		S/I	3920	Fissural	Públ.
57	J	Amazonas		Lagoa da Onça	9395534 550818		2,2	S/I	3920	Fissural	Priva
58	J	Tubular		Lagoa dos Canudos	9393163 553463	60	14	3168	3570	Fissural	Públ.
59	J	Tubular		Lagoa da Boa Vista	9396596 551845	60		S/I		Fissural	Públ.
60	J	Tubular		Lagoa Cavada	9393640 548245	60		S/I	6880	Fissural	Públ.
61	J	Tubular		Luis Ferreira (Assentamento)	9387598 511102	62	12	400	2570	Fissural	Públ.
62	J	Tubular		Mata (sitio)	9378152 512164	60	7,7	15840	2290	Fissural	Priva
63	J	Tubular		Manoel Lopes	9349671 510270		5,7	1460		Fissural	Públ.
64	J	Tubular		Maçaroca	9396502 553495			S/I	3930	Fissural	Públ.
65	J	Tubular		Maçaroca	9397412 554151			S/I	6350	Fissural	Priva
66	J	Tubular		Olho d' água	9396639 527095			S/I	2880	Fissural	Públ.
67	J	Tubular		Olho d' água (Assentamento Pedra e Cal)	9396972 527046			S/I		Fissural	Públ.
68	J	Tubular		Possinhos (sitio)	9403915 531043	25		S/I		Fissural	Públ.

Convenções: Município; Prof: profundidade; NE: nível estático; CE: condutividade elétrica; S/I: sem informação.

ANEXO 1 - CADASTRO GERAL DOS POÇOS
DA ÁREA DE ESTUDO - JAGUARETAMA

69	J	Tubular		Possinhos (sitio)	9403660	531164	70		3550		Fissural	Públ.
70	J	Amazonas		Pedra e Cal (Assentamento)	9394462	526720		6,5	S/I	1186	Aluvionar	Públ.
71	J	Tubular	*	Pedra e Cal (Comunidade INCRA)	9394638	528011			S/I		Fissural	Públ.
72	J	Tubular		Rudado (Faz.)	9392297	526018	61	16,4	700	26600	Fissural	Priva
73	J	Amazonas		Riacho Fundo (CAGECE)					1500		Aluvionar	Públ.
74	J	Amazonas		Riacho da Salvação (Faz. Clesislândia)	9367757	518334		4	S/I	1970	Aluvionar	Priva
75	J	Amazonas		Riacho da Salvação	9367922	518601		6	SECO	3270	Aluvionar	Priva
76	J	Amazonas		Riacho da Salvação	9366717	518601		3	S/I	581	Aluvionar	Priva
77	J	Tubular		Retiro (Faz. Boa Vista do Retiro)	9404825	518965	60		S/I		Fissural	Priva
78	J	Tubular		Serrote Branco (Faz.)	9393665	512080	70		200	1360	Fissural	Públ.
79	J	Tubular		Serrote Branco (assentamento)	9393706	512095	65		S/I		Fissural	Públ.
80	J	Tubular		Serrote do Mato	9397719	513058			S/I		Fissural	Públ.
81	J	Tubular		Sítio Caxias	9371950	534474	78		SECO	640	Fissural	Priva
82	J	Tubular		Sítio Junco	9366645	532929			S/I		Fissural	Priva
83	J	Tubular		Sítio Santa Cruz	9391238	526686			100		Fissural	Públ.
84	J	Tubular	*	Sossego (Faz.)	9391948	516609	60		250	8400	Fissural	Públ.
85	J	Tubular	*	Sítio Arvoredo	9375196	532049	62		S/I		Fissural	Públ.
86	J	Tubular		Santa Luzia	9397464	547603	60		SECO		Fissural	Públ.
87	J	Tubular		Sítio Frade	9379910	526795			SECO		Fissural	Públ.
88	J	Tubular		Sítio Jurema	9380618	522796			SECO		Fissural	Públ.
89	J	Tubular		São Francisco	9398055	541804			SECO		Fissural	Públ.
90	J	Tubular	*	Trapiá (Assentamento)	9383009	516393	60	1,7	1816	7820	Fissural	Públ.
91	J	Amazonas		Trapiá	9371886	517088		6,5	1659		Aluvionar	Públ.
92	J	Tubular	*	Torrões	9376009	529223	70	4	3500		Fissural	Públ.
93	J	Tubular	*	Tabuleiro Grande				5,5	4500		Fissural	Públ.
94	J	Tubular		Vila Eudes (Faz. Jurema)	9379970	520968			S/I		Fissural	Priva

Convenções: Município; Prof: profundidade; NE: nível estático; CE: condutividade elétrica; S/I: sem informação.

BSLCM

ANEXO 02
FOTOS



FOTO 01 - DEPRESSÃO SERTANEJA.
Local: FAZENDA NÃO ME DEIXES; JAGUARETAMA /CE.



FOTO 02 - CAATINGA RESSECADA.

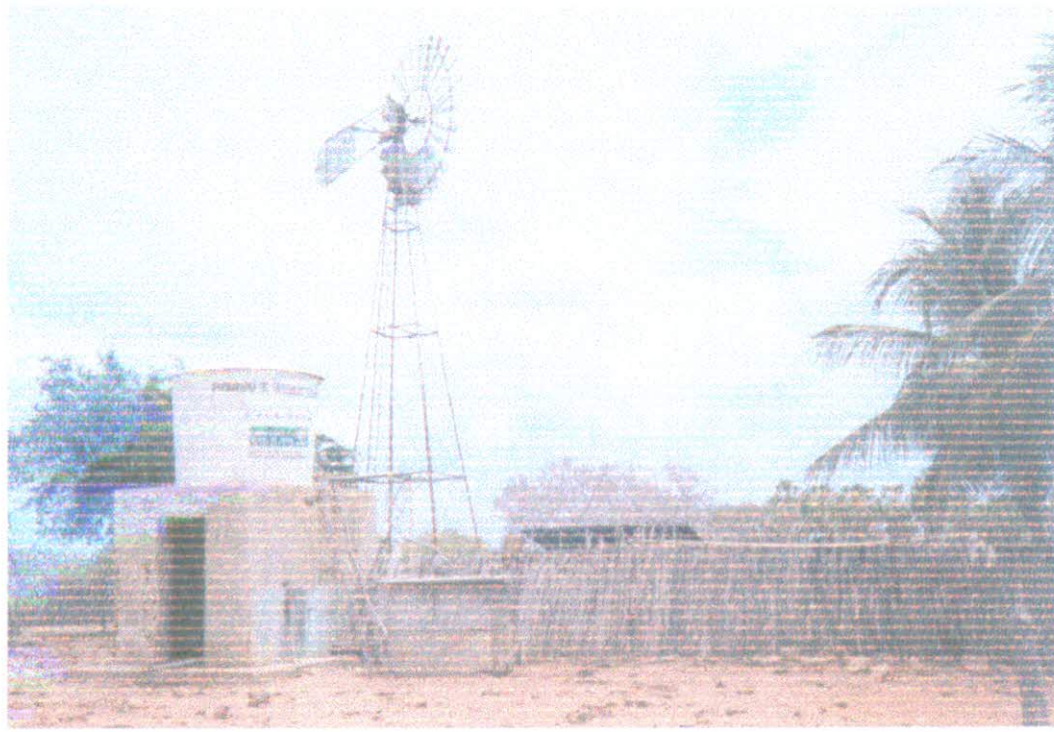


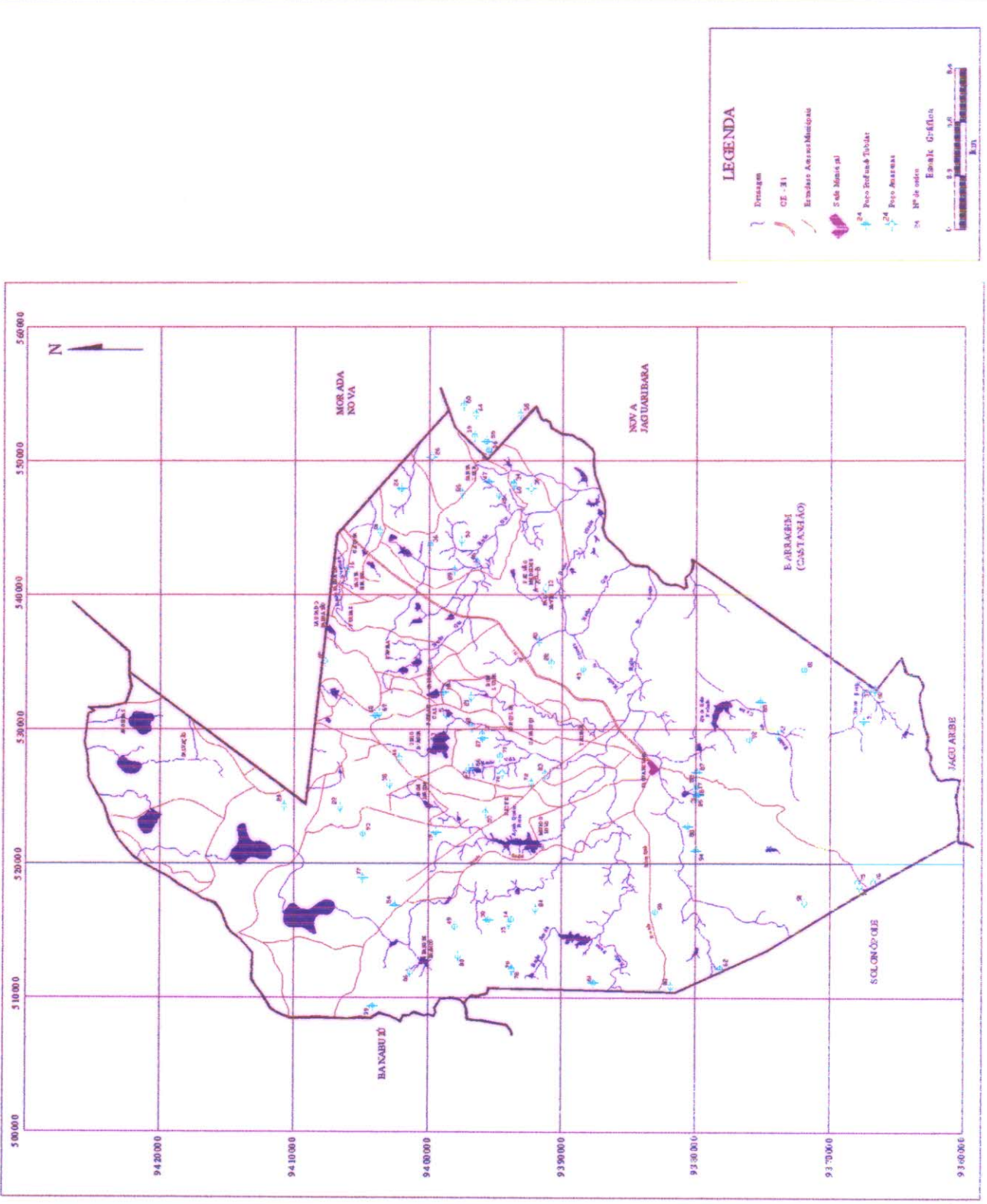
FOTO 03 - POÇO TUBULAR COM ÁGUA SALINIZADA (UNIDADE DE DESSALINIZAÇÃO OPERADA COM ENERGIA SOLAR).



FOTO 04 - ALTERNATIVA DE ABASTESCIMENTO EM PERÍODOS PROLONGADOS DE ESTIAGEM. Local: FAZENDA NÃO ME DEIXES; JAGUARETAMA / CE

ANEXO 03
MAPA

MAPA DE PONTOS DE ÁGUA
MUNICÍPIO DE JAGUARETAMA - CEARÁ



LEGENDA

- Estrada
- CE-31
- Estrada Anonimizada
- Sede Municipal
- Povoado
- Povoado
- Povoado
- Povoado
- Estrada

