



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO HÍDRICA E AMBIENTAL**

**MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO**

**A QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO  
MUNICÍPIO DE FORTALEZA – CE.**

**EDIU CARLOS LOPES LEMOS**

**ORIENTADOR: PROF. DR. ITABARACI N. CAVALCANTE – DEGEO/CC/UFC**

**BELÉM - PARÁ**

**OUTUBRO/2010**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO HÍDRICA E AMBIENTAL**

**MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO**

**EDIU CARLOS LOPES LEMOS**

**A QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO  
MUNICÍPIO DE FORTALEZA – CE.**

**ORIENTADOR**

**DR. ITABARACI NAZARENO CAVALCANTE – UFC**

Outubro de 2010.

**EDIU CARLOS LOPES LEMOS**

Geólogo, Universidade Federal do Ceará, 2006.

Mestre em Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, 2009.

**A QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO  
MUNICÍPIO DE FORTALEZA – CE.**

Monografia que apresenta à Pós-Graduação em Gestão Hídrica e Ambiental do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará, orientada pelo Professor Dr. Itabaraci Nazareno Cavalcante como preenchimento parcial dos requisitos para obtenção do grau de Especialista em Gestão Hídrica e Ambiental, aprovada em XX/11/2010.

# **A QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO MUNICÍPIO DE FORTALEZA – CE.**

Esta Monografia representa um dos requisitos necessários à obtenção do título de Especialista do curso de Pós-Graduação em Gestão Hídrica e Ambiental, outorgado pela Universidade Federal do Pará.

A citação de qualquer trecho deste relatório é permitida desde que se faça de acordo com as normas da ética científica.

Monografia de Especialização aprovada em /11/2010, Comissão formada por:

---

Prof. Dr. Itabaraci Nazareno Cavalcante  
Universidade Federal do Ceará

---

---

“Ter problemas na vida é inevitável, ser derrotado por eles é opcional”. (Roger Crawford)

## DEDICATÓRIA

*A Deus por ser o primeiro a acreditar em mim. Aquele que me levanta ao cair, que me dá forças para continuar e me dá garra para lutar.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao amigo e Professor Dr. Itabaraci Nazareno Cavalcante - UFC, coordenador do LABHI/CC/UFC, pela bolsa integral a mim ofertada para que eu pudesse me qualificar ainda mais dentro da área dos recursos hídricos e pela sua participação direta na elaboração deste trabalho como meu orientador.

A amiga MSc. Maria da Conceição Rabelo e ao amigo Geólogo Magno Régis pela ajuda na confecção dos mapas de pontos e zoneamento de alguns parâmetros físico-químicos, bem como pela amizade desde a graduação e ainda hoje nas atividades desenvolvidas no Laboratório de Hidrogeologia/CC/UFC.

A amiga Larissa Silva e Silva e seus familiares, que me receberam com muito carinho durante minha estadia no Pará, bem como, ao Prof. Dr. Francisco de Assis Matos Abreu - UFPA, coordenador do Curso de Especialização e que sempre procurou mostrar soluções para que eu pudesse concluir com êxito o curso de Especialização em Gestão Hídrica e Ambiental.

## RESUMO

Esta pesquisa teve por objetivo avaliar a qualidade das águas subterrâneas do município de Fortaleza, capital do Estado do Ceará, Nordeste do Brasil, com área de 313,8 km<sup>2</sup> com 2.416.920 habitantes, e densidade demográfica de 6.855 hab/km<sup>2</sup>. O acesso ao município é feito através das rodovias principais que integram o município as demais regiões estaduais ou interestaduais, sendo elas; a BR 116 (sul), a BR 222 (oeste) e a CE 020 (leste). As etapas de trabalho constaram de revisão bibliográfica e documental, compilação de dados cadastrais de 99 poços e 99 análises físico-químicas, sendo gerados mapas de localização, hidrogeológico, de pontos e mapas de isovalores de pH, STD, C.E, cloretos e nitrato. Os dados das análises físico-químicas foram plotados nos digrama de Piper para classificação iônica, no diagrama de Schöller & Berkaloff para se verificar a potabilidade destas águas e no diagrama do *U.S Salinity Laboratory* para avaliar o uso na irrigação. A temperatura média de Fortaleza se situa na faixa de 28°C a 26°C, sendo mais elevada nos meses de novembro e dezembro. Geologicamente o município é caracterizado pela ocorrência de sedimentos cenozóicos e rochas pré-cambrianas. Geomorfológicamente, o município é constituído basicamente pela Planície Litorânea e Glacis Pré-Litorâneos. As unidades vegetacionais da área de estudo são caracterizadas em vegetação pioneira, mata a retaguarda de dunas, vegetação de tabuleiro litorâneo, vegetação de mangue, vegetação ribeirinha, vegetação aquática, vegetação antrópica. As variáveis climatológicas e de balanço hídrico da área, definem dois períodos bem distintos, uma quadra chuvosa que vai de fevereiro a maio e uma quadra de estiagem que se estende de agosto a dezembro. No município de Fortaleza são encontrados 2 (dois) domínios aquíferos: o sedimentar (constituído por Dunas/Paleodunas, Barreiras, Aluviões), e o Meio Cristalino, que diferem amplamente quanto à vocação aquífera de armazenar e transmitir água. Quanto às características químicas das águas de 99 poços analisados, a condutividade elétrica apresentou média geral de 623 µS/cm a 25°C, onde 8% das amostras tiveram valores superiores a 1.000 µS/cm, chegando ao máximo de 2050 µS/cm, já para STD 76% das amostras foram classificadas como de baixa a média salinidade, 24% apresentam valores de STD superior a 500 mg/L, sendo classificadas como águas de média a alta salinidade. Com relação à dureza 50% das águas possuem características de “dura” a “muito dura”, 18% característica de “pouco dura” e 32% são classificadas como do tipo “branda”, todas apresentaram valores dentro do limite estabelecido pela Portaria n°518 do Ministério da Saúde de até 500 mg/L de CaCO<sub>3</sub>. As águas subterrâneas da área encontram-se com valores, muitas vezes, elevados de nitrato, sendo que, 25,5% das amostras analisadas apresentam valores acima do recomendável para N-NO<sub>3</sub>, chegando a ultrapassar em até 460%, o limite máximo recomendado pelo Ministério da Saúde. Segundo o Diagrama de Piper, as águas subterrâneas foram classificadas cloretadas sódicas, seguidas de águas bicarbonatadas sódicas. Há uma predominância para as águas dessa região, em função da relação iônica entre ânions e cátions, de Cl<sup>-</sup> > HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> > SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> e Na<sup>+</sup> > Mg<sup>2+</sup> > Ca<sup>2+</sup>. O diagrama de Schöller & Berkaloff demonstra que as águas subterrâneas da área apresentam índices aceitáveis de potabilidade. De acordo com a classificação do diagrama *U.S Salinity Laboratory*, as águas subterrâneas da área de estudo estão inseridas preponderantemente na classe S<sub>3</sub> e S<sub>4</sub> que denota um forte risco de sódio, e nas classes C<sub>2</sub> e C<sub>3</sub> denotando um risco médio a alto de salinidade (52% nas classes C<sub>2</sub>-S<sub>3</sub> e C<sub>2</sub>-S<sub>4</sub>), apresentando certas restrições no uso para irrigação, para o uso industrial, a grande maioria destas águas encontram-se fora dos limites, com ressaltos para valores de pH, dureza, STD, magnésio, nitrato e cloretos, bem acima dos valores de referência, em mais de 85% das análises.



## ABSTRACT

This study aimed to evaluate the quality of groundwater in the city of Fortaleza, capital of Ceará, Northeast Brazil, with 313.8 km<sup>2</sup> with a total of 2,416,920 inhabitants with a density of 6,855 inhabitants. Access to town is via the main roads that comprise the municipality other state or interstate regions, they being BR 116 (south), BR 222 (west) and the CE 020 (east). The stages of work consisted of a literature review and documentary compilation of registration data from 99 wells and 99 sheets of physico-chemical properties were generated location maps, hydrogeological maps and points of isovalue pH, TDS, C.E, chlorides and nitrate, the data of physical-chemical analysis were plotted on Piper diagram for classification ionic diagram Schöller & Berkloff to check the potability of groundwater and the *U.S. Salinity Laboratory* diagram to evaluate the use in irrigation. The average temperature in Fortaleza is located in the range of 28°C to 26°C, being higher in the months of November and December. Geologically the county is characterized by occurrence of Cenozoic sediments and Precambrian rocks. Geomorphologically, the city is basically constituted by the Coastal Plain and Pre-Littoral Glacis. The vegetation units of the study area are characterized in pioneer vegetation, kills the rear of dunes, coastal tableland vegetation, swamp vegetation, riparian vegetation, aquatic vegetation, manmade vegetation. The climatic variables and water balance of the area, define two very different periods, a rainy season that runs from February to May and a block of drought that stretches from August to December. In Fortaleza are found two (2) aquifers: the sedimentary (made up of Dunes/Paleodunes, Barreiras, Alluvial), and the Middle Crystalline, these two units differ widely as to the vocation aquifer to store and transmit water. On the chemical characteristics of water of 99 wells tested, the electrical conductivity showed overall average of 623 µS/cm at 25 ° C, where 8% of samples had values greater than 1,000 µS/cm, reaching a maximum of 2050 µS/cm, while for TDS 76% of samples were classified as low to medium salinity, 24% had values exceeding 500 mg TDS/L, being classified as medium to high water salinity. With respect to the hardness of water 50% have features of "hard" to "very hard", 18% feature little stiff and 32% are classified as type "soft", all had values within the limit established by Ordinance n°518 Ministry of Health up to 500 mg/L CaCO<sub>3</sub>. the groundwaters in the area are nitrate, whereas, 25.5% of samples showed values higher than recommended for N-NO<sub>3</sub>, surpassing by up to 460%, the maximum recommended by the Ministry of Health. According to the Piper diagram, groundwater was classified chlorinated sodium, sodium bicarbonate followed by water. There is a predominance for the waters of this region, according to the relationship between ion anions and cations, Cl<sup>-</sup> > HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> > SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> and Na<sup>+</sup> > Mg<sup>2+</sup> > Ca<sup>2+</sup>. The diagram Schöller & Berkloff shows that the groundwater of the area have acceptable levels of drinking. According to the classification of the *U.S. Salinity Laboratory* diagram, the groundwater of the study area are located mainly in S<sub>3</sub> and S<sub>4</sub> class that denotes a high risk of sodium, and the C<sub>2</sub> and C<sub>3</sub> denote a medium to high risk of salinity (52% in classes C<sub>2</sub>-S<sub>3</sub> and C<sub>2</sub> - S<sub>4</sub>), presenting certain restrictions on use for irrigation, industrial use, most of these waters are off limits, with ledge for pH, hardness, TDS, magnesium, nitrate and chloride, well above the benchmarks in more than 85% of the tests.

Dedicatória	
Agradecimentos	
Resumo.....	iv
Abstrac.....	v
Índice.....	vi
Lista de Tabelas.....	viii
Lista de Figuras.....	ix
Lista de Siglas.....	x
1 – INTRODUÇÃO.....	02
1.1 Localização e Acesso.....	03
1.2 Objetivos.....	03
2 – METODOLOGIA DE TRABALHO.....	06
2.1 Revisão bibliográfica e documental.....	06
2.2 Compilação dos dados dos poços e análises físico-químicas.....	09
2.3 Elaboração das bases temáticas.....	09
2.4 Tratamento dos dados.....	09
2.5 Elaboração da Monografia.....	10
3 – A ÁREA DE ESTUDO.....	12
3.1 Aspectos sócio-econômicos.....	12
3.2 Aspectos geoambientais.....	13
3.2.1 Aspectos geológicos.....	13
3.2.2 Complexo gnáissico-migmatítico.....	14
3.2.3 Vulcânicas alcalinas.....	15
3.2.4 Coberturas colúvio-eluviais.....	15
3.2.5 Formação barreiras.....	16
3.2.6 Paleodunas.....	16
3.2.7 Depósitos flúvio-aluvionares e de mangues.....	17
3.2.8 Dunas recentes ou móveis e areias de praia.....	17
3.3 Geomorfologia.....	18
3.4 Solos.....	19
3.5 Vegetação.....	20
3.6 Clima.....	22
3.6.1 Balanço hídrico.....	22
3.7 Hidrografia.....	25
4 – ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS.....	28
4.1 Sistemas Hidrogeológicos.....	28
4.1.1 Sistema aquífero sedimentar.....	28
4.1.1.1 Dunas/Paleodunas.....	29
4.1.1.2 Barreiras.....	29
4.1.1.3 Aluviões.....	30
4.1.2 Meio Cristalino.....	31
5 – QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS.....	33
5.1 Composição físico-química.....	34
5.1.1 Condutividade Elétrica.....	34

5.1.2 Sólidos Totais Dissolvidos.....	35
5.1.3 Dureza.....	36
5.1.4 pH.....	37
5.1.5 Nitrato.....	38
5.2 Classificação Iônica.....	40
5.3 Uso das águas subterrâneas.....	41
5.3.1 Consumo Humano.....	41
5.3.2 Uso Industrial.....	44
5.3.3 Uso na Irrigação.....	45
6 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	48
7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	51

APÊNDICE I – MAPA DOS SISTEMAS HIDROGEOLÓGICOS E DE POÇOS AMOSTRADOS

APÊNDICE II – FICHAS COM DADOS DOS POÇOS CADASTRADOS

APÊNDICE III – FICHA COM DADOS DAS ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

APÊNDICE IV – DIAGRAMAS DE SCHÖLLER & BERKALOFF

## LISTA DE TABELAS

1. Caracterização geológica do município de Fortaleza - CE.....	14
2. Valores para balanço hídrico de Fortaleza – CE no período de 1966 a 2009, calculado pelo método de Thornthwait.....	24
3. Classificação das águas segundo a dureza(CUSTÓDIO & LLAMAS, 1963).....	37
4. Padrões de Potabilidade Nacional e Internacional das águas para consumo humano.....	42
5. Padrões de Qualidade de água para Indústria.....	44

## LISTA DE FIGURAS

1 – Localização do município de Fortaleza.....	04
2 – Mapa político administrativo do município de Fortaleza.....	13
3 – Médias mensais de precipitação pluviométrica no município de Fortaleza no período de 1966 a 2009.....	21
4 – Médias mensais de temperatura no município de Fortaleza no período de 1966 a 2009.....	22
5 – Representação gráfica do balanço hídrico do município de Fortaleza, no período de 1966 a 2009.....	25
6 – Distribuição dos valores de Condutividade Elétrica (C.E) na área de estudo.....	35
7 – Distribuição de Sólidos Totais Dissolvidos (STD) na área de estudo.....	36
8 – Variação de CaCO <sub>3</sub> nas águas subterrâneas da área de estudo.....	37
9 – Distribuição das medidas de pH nas águas subterrâneas da área de estudo.....	38
10 – Distribuição do nitrato nas águas subterrâneas na área de estudo.....	39
11 – Diagrama de Piper mostrando os fácies químicos das águas subterrâneas na área de estudo.....	40
12 – Classificação das águas subterrâneas na área de estudo para irrigação segundo diagrama do <i>U.S Salinity Laboratory</i> .....	46

## LISTA DE SIGLAS

CAGECE – Companhia de Águas e Esgotos do Estado do Ceará

C. E – Condutividade Elétrica

COGERH – Companhia de Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará

CPRM – Serviço Geológico do Brasil

DNOCS – Departamento Nacional de Obras Contra as Secas

DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral

FUNCEME – Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos

GPS – *Global Position System*

IBGE – Instituto Brasileiro de Geociências e Estatística

IDH – Índice de Desenvolvimento Humano

IDM – Índice de desenvolvimento Municipal

IPLANCE – Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará

CC/UFC – Centro de Ciências/Universidade Federal do Ceará

IPECE – Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará

pH – Potencial Hidrogeniônico

PIB – Produto Interno Bruto

RMF – Região Metropolitana de Fortaleza

SAR – Razão de Adsorção de Sódio

SEMACE – Secretária do Meio Ambiente do Estado do Ceará

SIGERH – Sistema Integrado de Gestão de Recursos Hídricos

SOHIDRA – Superintendência de Obras Hidráulicas do Estado do Ceará

STD – Sólidos Totais Dissolvidos

RMF – Região Metropolitana de Fortaleza

## INTRODUÇÃO

---

## 1 – INTRODUÇÃO

Quando o assunto é água, infelizmente, no ensino brasileiro, a água subterrânea não ocupa, na escala de valores, o lugar que lhe é devido, dando-se mais destaque as águas superficiais.

Só o conhecimento científico pode nos capacitar a formar uma imagem de sua existência real e de suas características físicas e químicas. Grandes cidades brasileiras como Natal - RN, São Luís – MA, Belém – PA e 72% dos municípios de São Paulo – SP, dentre outros, são abastecidas, total ou parcialmente, por águas subterrâneas.

A importância das águas subterrâneas vem despertando maior interesse, particularmente por apresentarem característica qualitativa, com algumas propriedades tornando o seu uso mais vantajoso em relação ao das águas superficiais, a exemplo: são filtradas e purificadas naturalmente através da percolação, determinando excelente qualidade e dispensando tratamentos prévios; não ocupam espaço em superfície; sofrem menor influência das variações climáticas; estão mais próximas em relação à demanda; possuem temperatura constante; têm maior quantidade de reservas; necessitam de custos menores com tratamento e adução; as suas reservas e captações não ocupam área superficial; apresentam grande proteção contra agentes poluidores. Em geral, o uso do recurso aumenta a reserva e melhora a qualidade e possibilita a implantação de projetos de abastecimento à medida da necessidade (GOMES, 2006).

O Ceará é reconhecido no Brasil como um dos estados mais avançados em termos de legislação e aparato institucional de recursos hídricos, possuindo o Sistema Integrado de Gestão de Recursos Hídricos (SIGERH), Secretaria de Recursos Hídricos (SRH), Companhia de Gestão de Recursos Hídricos (COGERH), Superintendência de Obras Hidráulicas (SOHIDRA), Superintendência do Meio Ambiente (SEMACE), Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME) e organismos colegiados, tais como o Comitê de Bacias e outros.

Como em outras regiões metropolitanas ou capitais do Brasil, Fortaleza caracteriza-se por um conjunto de problemas decorrentes da concentração populacional e do acelerado desenvolvimento econômico/industrial, sendo hoje considerada a quarta cidade mais populosa do país, contando com um parque industrial significativo e uma economia que se fortalece a cada ano.

As águas subterrâneas do município de Fortaleza desempenham um papel importante como recurso complementar e estratégico de reconhecido valor sócio-econômico, pois metade



da população se utiliza de água captada destes mananciais face ao baixo custo em relação à água da rede de distribuição e ao valor estratégico nos períodos de estiagem (TAJRA, 2001).

Sabe-se, que aproximadamente 80% do município de Fortaleza encontram-se assentados sobre formações geológicas sedimentares (Formação Barreiras, Dunas/Paleodunas e Aluviões) que constituem as unidades mais importantes em termos hidrogeológicos (QUESADO JUNIOR, 2008). Nos períodos de estiagem, a água de poços é usada como uma alternativa para suprir a demanda da população. Porém, a falta de critérios na construção destes poços, associada ao desconhecimento da geologia local, poderá aumentar o risco à contaminação bacteriológica nos aquíferos captados.

A finalidade desta pesquisa é uma avaliação da qualidade das águas subterrâneas do município de Fortaleza, buscando destacar as características hidroquímicas e de potabilidade em conformidade com as normas e padrões estabelecidos pelos diferentes órgãos regulamentadores tais como CONAMA, Ministério da Saúde (MS) e outros.

## 1.1. LOCALIZAÇÃO E ACESSO A ÁREA DE ESTUDO

O município de Fortaleza está situado na zona litorânea da porção nordeste do estado do Ceará, Região Nordeste do Brasil, sendo delimitado pelas coordenadas UTM 9565000 a 9595000 Norte e 540000 a 567000 Leste, incluso na folha AS-24-Z-C-IV (SUDENE), possuindo 313,8 km<sup>2</sup> e limitando-se ao norte pelo Oceano Atlântico e Caucaia; ao sul pelos municípios de Maracanaú, Pacatuba, Itaitinga e Eusébio; a leste por Eusébio, Aquiraz e Oceano Atlântico; a oeste por Caucaia e Maracanaú (Figura 1).

O acesso pode ser realizado pela extensa malha viária do Estado, contudo, existem rodovias principais que integram o município as demais regiões estaduais ou interestaduais, sendo elas; a BR 116 (sul), a BR 222 (oeste) e a CE 020 (leste), além de contar com acesso aéreo do Aeroporto Internacional Pinto Martins e o Porto do Mucuripe.

## 1.2. OBJETIVOS

O objetivo geral desta pesquisa é avaliar a qualidade das águas subterrâneas do município de Fortaleza, Ceará.

Dentre os objetivos específicos tem-se:

- ❖ Classificar as águas subterrâneas através da composição química por íons dominantes;
- ❖ Analisar e representar os parâmetros físicos e químicos considerados mais representativos das amostras de água em mapas de isovalores;
- ❖ Identificar anomalias nos parâmetros físico-químicos que possam significar a degradação da qualidade da água;

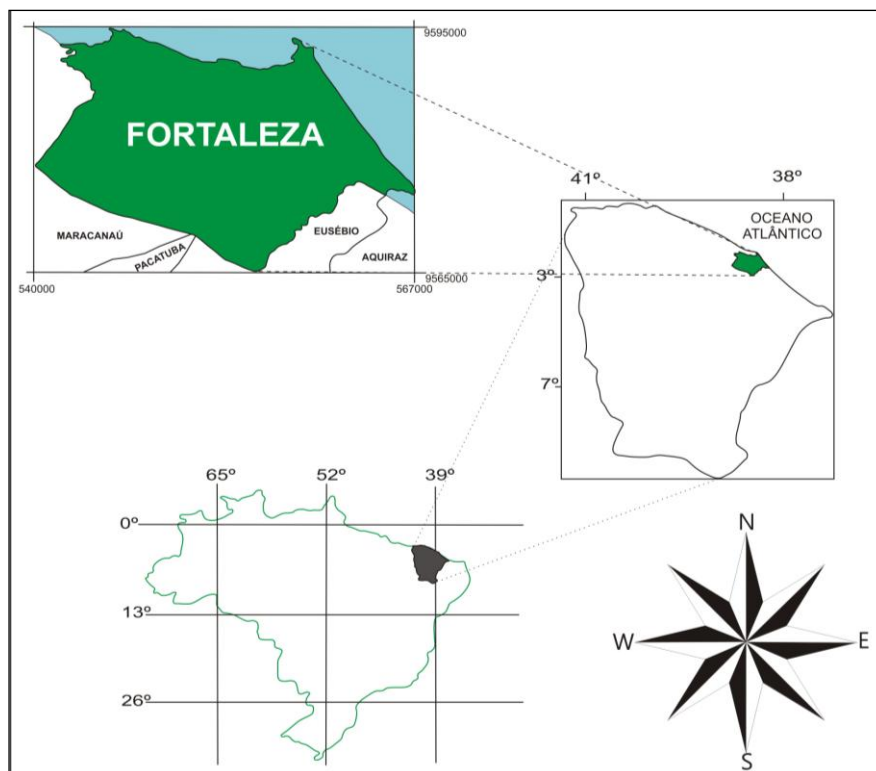


Figura 1 – Localização do município de Fortaleza

# METODOLOGIA DE TRABALHO

---

## 2. METODOLOGIA DE TRABALHO

A metodologia adotada na elaboração deste trabalho segue um conjunto de atividades distintas, porém inter-relacionadas seguindo uma seqüência lógica de conhecimentos, resultando, assim, na melhor interpretação de dados.

### 2.1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E DOCUMENTAL

A revisão bibliográfica sobre a área de estudo constou da obtenção de dados referentes à geologia, hidrogeologia, aspectos socioeconômicos e geoambientais, além de mapas temáticos. Esta pesquisa foi realizada junto aos órgãos públicos como CPRM, FUNCEME, SOHIDRA, COGERH, CAGECE e IBGE, servindo esses dados para um melhor conhecimento das características da região e ajudando na elaboração de base preliminar de trabalho. Posteriormente, foi realizada uma revisão documental de trabalhos já realizados no município, dentre os quais foram utilizadas informações e dados dos mesmos, destacam-se alguns de caráter hidrogeológico e de qualidade das águas subterrâneas, como veremos a seguir.

ARAÚJO & LEAL (1990) analisaram a qualidade das águas subterrâneas de Fortaleza, sua correlação com os aquíferos e sua aplicabilidade para consumo humano, industrial e irrigação. Os dados hidrogeológicos caracterizaram o Barreiras como aquífero de baixo potencial hidrogeológico, e os dados hidroquímicos indicaram águas de boa potabilidade. O Sistema Dunas/Paleodunas constituiu o melhor aquífero, tanto em vazão quanto em qualidade. As águas do cristalino, no geral, apresentam potabilidade passável e tendência corrosiva.

BRANDÃO *et al.* (1995) elaboraram um diagnóstico geoambiental com os principais problemas da ocupação do meio físico no município de Fortaleza. Como exemplos citam-se, a favelização das dunas, erosão da linha de costa, degradação das áreas de acumulação inundáveis, movimentos ou deslizamentos de massas e enchentes, que são processos naturais fazendo parte da evolução da paisagem, mas que muitas vezes são provocados ou acelerados pela atividade antrópica.

MARINHO (1998) estudou os impactos ambientais causados pela instalação inadequada de cemitérios em Fortaleza, destacando os impactos físicos, dentre os quais o mais importante é o risco de contaminação das águas subterrâneas por microorganismos.

Realizou também estudos hidroquímicos e microbiológicos na área de influência destas necrópoles, relacionada à contaminação das águas subterrâneas e risco à saúde pública quando do uso das águas pela população. A pesquisa concluiu que, segundo as análises texturais e ensaios de permeabilidade, o solo é classificado como areia média, com alta permeabilidade, fato que propicia a passagem do líquido, gerada pela decomposição dos corpos, para as águas subterrâneas.

CAVALCANTE (1998) traçou diretrizes para otimizar o manejo integrado dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, apresentando fundamentos hidrogeológicos integrados ao uso e ocupação do meio físico. Trabalhou com mais de 1.400 análises físico-químicas e bacteriológicas, concluindo que a qualidade físico-química das águas subterrâneas é boa, não tendo problemas maiores em nível regional. Porém, localmente, existem elevadas concentrações de nitratos, cloretos e ferro, derivadas do ambiente hidrogeológico ou do uso inadequado e ocupação do meio físico. Em termos bacteriológicos existem problemas em função do uso e ocupação, associado aos problemas de falta de saneamento básico e não aplicação de cuidados quando na construção de poços, permitindo algumas vezes, a conexão com níveis superficiais poluídos.

BIASOLI (2000) relata a qualidade da água do município de Fortaleza relacionando a contaminação do lençol freático com a geração e perpetuação de muitas doenças de veiculação hídrica. Face a isto, trabalhou com 909 análises de água subterrânea no ano de 2000 e constatou que 21% não eram poluídas, 26% apresentaram poluição não fecal e 53% apresentava poluição fecal.

QUESADO JUNIOR (2001) analisou a qualidade das águas subterrâneas do município de Fortaleza-Ceará, relacionando-a com os problemas das doenças de veiculação hídrica acometidas pela população. Trabalhou dados de 416 análises bacteriológicas de águas de poços tubulares e cacimbas de Fortaleza no período de 1990 a 2000, onde se demonstra que 34% das águas são potáveis e 66% não potáveis, apresentando contaminação por coliformes fecais, predominando as bactérias *Escherichia coli* (62%), *Pseudomonas sp* (16%) e *Klebsiella* (13%). Constatou que 50% das doenças que acometem a população do município de Fortaleza são oriundas de águas poluídas, resultado direto de atividades antrópicas sobre o meio físico.

TAJRA (2001) levantou o registro de 1.178 captações de água subterrânea no município de Fortaleza, onde foram analisados arquivos, fichas e perfis técnicos de 371 poços tubulares distribuídos nos cinco distritos que compõem a área. Com isso avaliou os aspectos técnico-construtivos dos poços tubulares, através um diagnóstico da atual situação

destas obras cadastradas, relacionando-o às normas vigentes de construção nos diferentes âmbitos da abrangência legal e normativa. Os poços mal locados, construídos ou utilizados de forma pouco adequada podem se transformar em focos de contaminação do manancial explorado. Com vistas a garantir a proteção das captações por poços tubulares e dos próprios aquíferos da região de Fortaleza, a exigência e aplicação das normas da ABNT devem ser melhores apreciadas pelas entidades competentes.

GOMES (2006) estudou as águas subterrâneas do Campus Universitário do Pici - Fortaleza, procurando caracterizar o ambiente hidrogeológico e a qualidade das águas, culminando com o cálculo de reservas e disponibilidades deste recurso como possível fonte de abastecimento.

LEMOS & MEDEIROS (2006) estudaram as águas subterrâneas de dois bairros de Fortaleza (Granja Portugal e Bom Jardim) integrando hidrogeologia e doenças de veiculação hídrica, mostrando que as águas mais superficiais da área estão com valores para nitrato ultrapassando em até 250% o valor de referência do Ministério da Saúde na sua Portaria nº518/2004 além, de se encontrarem poluídas por coliformes fecais.

PEREIRA (2008) estudou as águas subterrâneas dos bairros Cristo Redentor, Pirambu e Nossa senhora das Graças, resultando numa integração dos dados de análises físico-químicas e doenças de veiculação hídrica, em que, ficou determinado que as águas mais superficiais encontram-se com valores para nitrato superam em até 560% o estabelecido pela portaria nº518 do Ministério da Saúde de março de 2004, bem como, as mesmas estão poluídas por coliformes fecais, acarretando em prejuízos a saúde da população que se utiliza deste recurso como fonte alternativa de abastecimento público.

MAIA (2008) estudou a qualidade das águas subterrâneas e seus impactos na saúde pública no bairro de Messejana, Fortaleza-Ceará, resultando numa integração dos conhecimentos da hidrogeologia com os problemas de saúde relacionados às doenças associadas à água subterrânea no bairro, corroborando o observado por Lemos & Medeiros (2006).

MELO (2008) analisou as características hidrogeológicas e hidroquímicas das águas subterrâneas nos bairros Bairros Joaquim Távora, Dionísio Torres e São João do Tauape localizados na porção nordeste do município de Fortaleza. A partir, da análise das águas de 15 poços, os resultados físico-químicos, mostraram que todas as águas apresentam pelo menos uma concentração iônica acima dos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria nº518 de 25 de Março de 2004, principalmente, quanto aos valores de Nitrato, Ferro e pH,

sendo que os valores para nitrato chegam a ultrapassar em até 460%, do valor máximo permitido; ressalta-se que a população da área utiliza-se destas águas para consumo humano.

NETO (2010) avaliou as características físico-químicas das águas subterrâneas nos bairros Engenheiro Luciano Cavalcante, Jardim das Oliveiras, Cidade dos Funcionários e Aerolândia, localizados em Fortaleza, que estão inseridos nos Sistemas Hidrogeológico Dunas/Paleodunas, Aluvião e Barreiras, constatando que algumas destas águas têm concentrações iônicas acima dos padrões de potabilidade estabelecidos pela portaria N° 518 de 25 de março de 2004, principalmente, quanto aos valores de Nitrato (42%) e Ferro (36%).

## 2.2. COMPILAÇÃO DOS DADOS DOS POÇOS E ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

Esta etapa teve por finalidade a obtenção de informações sobre os dados técnicos construtivos, litológicos e hidrogeológicos dos poços, bem como, ter subsídios para uma análise quanto à constituição físico-química das águas subterrâneas no município.

A partir de uma compilação dos dados de relatórios de graduação do curso de geologia desenvolvidos no período de 2002 a 2008, foram elaborados dois arquivos em planilha eletrônica no *Excel (Microsoft Office 2007 for Windows)*, contendo informações técnicas, hidrogeológicas, litológicas e principalmente, com dados de 99 análises físico-químicas dos poços cadastrados no município pelos trabalhos citados anteriormente (Apêndices 2 e 3).

## 2.3. ELABORAÇÃO DAS BASES TEMÁTICAS

Foram obtidas bases planialtimétricas na escala 1:2.000 e 1:10.000, fundamentais para locação dos poços e base hidrogeológica na escala 1:15.000.

Com o objetivo de dispor de bases técnicas integradas ao estudo, os mapas compilados foram modificados, atualizados e convertidos para escala de trabalho (1:100.000), adequada à finalidade. As bases foram geradas pelos programas computacionais, CorelDraw e ArcGis 9.3.

## 2.4. TRATAMENTO DOS DADOS

Os dados das análises físico-químicas foram avaliados estatisticamente e, em seguida, submetidas ao cálculo de balanço iônico para verificação da validade das mesmas,

considerando-se um erro máximo individual de 10%, compatível com o STD das amostras analisadas.

A partir daí, e com os resultados das análises físico-químicas, foram elaborados gráficos hidroquímicos de PIPER, SCHÖLLER & BERKALOFF e USS. SALINITY com a utilização do programa computacional QualiGraf de Möbus (2003) disponível no site da Fundação Cearense de Meteorologia (FUNCEME), bem como, a elaboração de mapas de zoneamento para os seguintes parâmetros: C.E, pH, STD, Cloretos e Amônia com a utilização do programa Surfer 8.

#### 2.4. ELABORAÇÃO DA MONOGRAFIA

Ao término do tratamento dos dados, foi realizada a redação da monografia, que constitui o requisito básico para receber o título de Especialista do Curso de Especialização em Gestão Hídrica e Ambiental da Universidade Federal do Pará.



## A ÁREA DE ESTUDO

---

### 3. A ÁREA DE ESTUDO

Fortaleza é a capital do estado brasileiro do Ceará, pertence à mesorregião Metropolitana de Fortaleza e à microrregião de Fortaleza, está localizada no litoral Atlântico, com 34 km de praias, a uma altitude média de 21 metros e é centro de um município. É a cidade mais populosa do Ceará, a quinta do Brasil e a 91ª mais populosa do mundo.

#### 3.1 ASPECTOS SÓCIOECONÔMICOS

De acordo com o censo demográfico de 2006 realizado pelo IBGE o município de Fortaleza, instalado em 1725, apresenta uma área de 313,8 km<sup>2</sup> com o total de 2.416.920 habitantes, com uma densidade demográfica de 8.001 hab/km<sup>2</sup>, a uma taxa de crescimento anual de 2,15% representando uma taxa de urbanização de 100%.

A cidade de Fortaleza concentra 55,97 % do PIB (Produto Interno Bruto) do estado do Ceará, que conta com um parque industrial dos setores da construção civil, extrativismo mineral, transformação e utilidade pública (IPLANCE, 2000).

A renda *per capita* média do município cresceu 30,08%, passando de R\$ 235,77 em 1991 para R\$ 306,70 em 2000. A pobreza (medida pela proporção de pessoas com renda domiciliar *per capita* inferior a R\$ 75,50, equivalente à metade do salário mínimo vigente em agosto de 2000) diminuiu 19,53%, passando de 41,4% em 1991 para 33,3% em 2000.

As principais atividades econômicas do município de Fortaleza são a indústria (setor secundário) e os serviços (setor terciário); nestes ressalta-se os de infra-estrutura básica e turismo. O setor primário praticamente não existe no município, exceto pela pequena produção de hortaliças para atender o mercado local.

No período 1991-2000, a taxa de mortalidade infantil do município diminuiu 26,62%, passando de 47,11 (por mil nascidos vivos) em 1991 para 34,57 (por mil nascidos vivos) em 2000, e a esperança de vida ao nascer cresceu 3,68 anos, passando de 65,95 anos em 1991 para 69,63 anos em 2000 (IBGE, 2000).

Os principais indicadores da educação são taxa de analfabetismo de 16,8% e taxas de escolaridade, evasão e repetência, no ensino fundamental que é de 74,5%, 9,5% 10%, respectivamente (IBGE, 2000).

O abastecimento de água para população de Fortaleza, tanto residencial quanto comercial, é realizado pela Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará (CAGECE)

através da captação das águas do açude Acarape do Meio, do sistema Pacoti-Riachão-Gavião e do Açude Pacajus, que juntos tem a capacidade de armazenar 693,1 milhões de m<sup>3</sup>, beneficiando 559.911 famílias, e o índice de cobertura com serviços de coleta de esgoto é de 60%.

Em 1996, neste município, foram criadas 06 (seis) Secretarias Executivas Regionais, com o objetivo de tornar o Poder Público mais acessível e próximo da população (Figura 2).

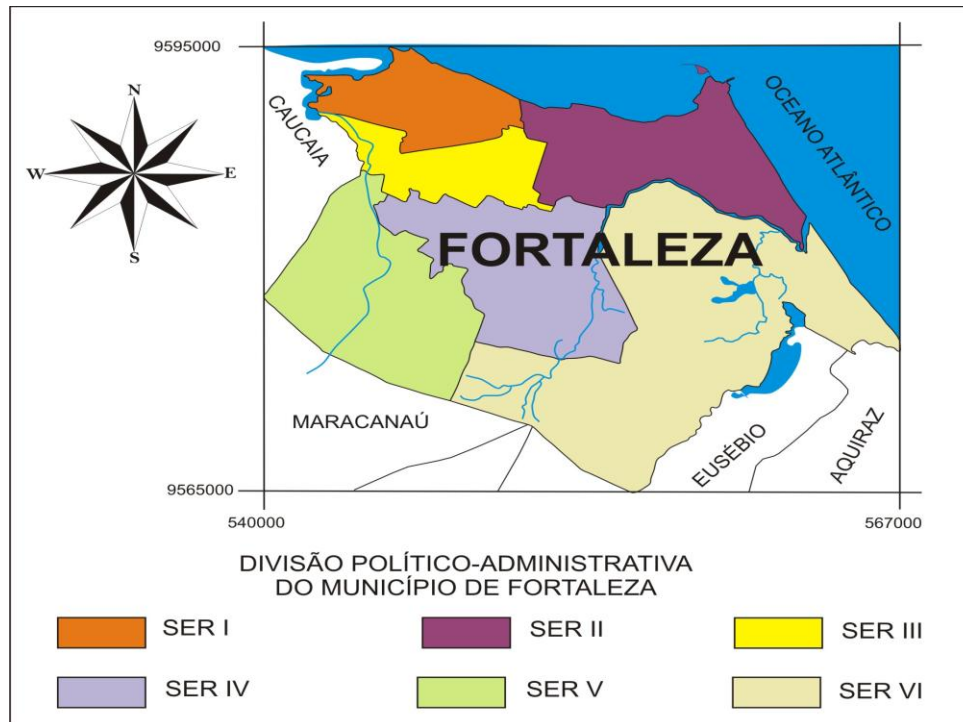


Figura 2 – Mapa político administrativo do município de Fortaleza.

### 3.2 ASPECTOS GEOAMBIENTAIS

Neste capítulo são abordados os aspectos geoambientais da área de estudo, que envolvem clima, solos, vegetação, geomorfologia e hidrografia, itens de grande importância para a compreensão dos fenômenos e processos geomorfológicos atuais.

#### 3.2.1. ASPECTOS GEOLÓGICOS

A caracterização geológica regional do município de Fortaleza é dada principalmente por expressões de sedimentos cenozóicos (Terciário, Tércio-Quaternário e Quaternário) e rochas pré-cambrianas (Tabela 1). A distribuição espacial das unidades geológicas na área

pode ser considerada 80% para as unidades sedimentares e o restante para as unidades cristalinas, com cerca de 55 km<sup>2</sup>.

Tabela 1 - Caracterização geológica do município de Fortaleza - Ceará

Era	Período	Unidade Lito-estratigráfica	Símbolo	Litologia
Cenozóica	Quaternário	Areias de praia	Qd	Areias de praia com granulação média predominante quartzo-feldspáticas, arenitos.
		Dunas móveis ou recentes		As dunas são compostas por areias finas, quartzosas bem classificadas. De cores claras comumente esbranquiçadas.
		Depósitos Flúvio-Aluvionares e de Mangue	Qa	Cascalhos, areias grossas, siltes e argilas.
		Paleodunas	Qpd	Areias de grão fino a médio, raramente siltosas, coloração variando entre cinza claro e vermelho suave.
	Terciário quaternário	Coberturas Colúvio-Eluviais	TQc	Areias silte-argilosas, localmente lateritizadas.
		Formação Barreiras	TQb	Argilas, arenitos, cascalhos, conglomerados, todos diversos.
Terciário	Vulcânicas Alcalinas	Tal	Fonolitos traquitóides, sodalita-fonolito-traquitóides e tufos.	
Pré-Cambriana	Proterozóico	Complexo Gnáissico-Migmatítico.	ρEgn-mgp	Domínio de biotita-gnaisses para e ortoderivados, anfibolitos, granadas e silimanita. Predominância de migmatitos.

Fonte: Elaborada com base em BRANDÃO (1995).

### 3.2.2. COMPLEXO GNÁISSICO-MIGMATÍTICO

Na parte sul e sudeste do município, são encontradas rochas paraderivadas de natureza gnaiss-migmatítica, representadas por manifestações com provável posicionamento estratigráfico relacionado ao final do Proterozóico Inferior (BRANDÃO, 1995). Este conjunto de rochas foi originalmente individualizado por distintos autores, segundo o ponto de vista lito-estratigráfico, juntamente com expressões de granitóides, como unidades pertencentes ao Complexo Tamboril/Santa Quitéria e Complexo Caicó, respectivamente por MORAIS (1984) e BRANDÃO (1995). No entanto, neste trabalho adota-se a designação mais recente, fazendo-se ressalva que não ocorre na área estudada a unidade de base formadora do Complexo Granitóide-Migmatítico.

### 3.2.3. VULCÂNICAS ALCALINAS

Na parte centro-leste à sudeste da área, próximo à foz do Rio Pacoti, foi cartografado um corpo circular sob a forma de *neck* ou *plug*, de composição rochosa vulcânica alcalina, sendo denominado na literatura por morrote Caruru. ALMEIDA, (1958 *in* BRANDÃO, *op. cit.*) associou-o, pela primeira vez, a grandes lineamentos estruturais relacionados ao vulcanismo terciário do arquipélago de Fernando de Noronha. Identificou-se ainda, a suíte rochosa do referido corpo, cuja datação marcou  $28,6 \pm 9$  m.a, como fonolitos e traquitos de coloração cinza-esverdeado, com pórfiros feldspáticos de dimensões milimétricas numa matriz afanítica.

Associado a este evento ocorrem, ainda, os diques alcalinos que, com restrita representatividade ao sul do município, são constituídos por veios de sílica, pegmatitos e microgranitos filoneanos. BRANDÃO (1995) observou que estes diques ocorrem encaixados em biotita-gnaisses e granitóides, permitindo deduzir a associação entre os citados litótipos.

### 3.2.4. COBERTURAS COLÚVIO-ELUVIAIS

Ocorrem no extremo sul e sudoeste da área como depósitos de material residual do intemperismo *in situ* das rochas pré-cambrianas, podendo também apresentar localmente um pequeno deslocamento gravitacional. Estes depósitos estão representados nas áreas “entre rios” da faixa sul.

Recebendo a denominação de coberturas, essa unidade caracteriza-se por formar pequenos tabuleiros aplainados com suaves ondulações e, apesar da restrita representação na área, ocorrem distinguindo a zona de transição crono-estratigráfica do cristalino para os sedimentos costeiros.

Aos sedimentos formadores desta unidade é conferida uma natureza imatura por não apresentarem estratificação, ter caráter arcoseano e possuírem grãos de quartzo mosqueados.

### 3.2.5. FORMAÇÃO BARREIRAS

Durante os trabalhos do Projeto Fortaleza, MORAIS (1984) utilizou a denominação de Grupo Barreiras Indiviso para uma seqüência de leitos e lentes de sedimentos clásticos pouco consolidados, desde conglomerados a arenitos de todas as granulométricas, sobrepondo a superfície de erosão das rochas pré-cambrianas de maneira discordante e sotopondo-se, também discordantemente, as coberturas formadas por dunas e sedimentos aluvionares.

Utilizando a denominação encontrada em BRANDÃO (1995), empregamos o termo Formação Barreiras para seqüência de sedimentos cenozóicos que ocorrem numa ampla faixa de largura variável acompanhando a linha de costa, atrás dos sedimentos eólicos antigos e atuais, e que penetra em direção ao interior da área estudada.

Essa seqüência, de espessura variável entre 20 e 50 metros, é constituída litologicamente por sedimentos areno-argilosos, pouco ou não litificados, de coloração avermelhadas, creme ou amarelada, muitas vezes com aspecto mosqueado horizontes conglomeráticos e níveis lateríticos. Tais níveis não apresentam cota definida e podem estar associados à percolação da água subterrânea que lixívia o elemento ferro, concentrando-o em determinados níveis (CAVALCANTE, 1998).

### 3.2.6. PALEODUNAS

Na área ocorrem corpos de sedimentos inconsolidados que repousam discordantemente sobre os sedimentos da Formação Barreiras, e representam depósitos eólicos antigos e mais oxidados que as dunas recentes. Estão localmente encobertos por aluviões, quando o nível de erosão provocado pelas drenagens assim permitem.

As paleodunas ocorrem distribuídas de forma quase contínua ao longo da linha costeira e por atrás do cordão de dunas móveis na direção praia-interior, sendo recortadas por rios e riachos que drenam a faixa do município.

Através da interpretação aerofotogrametria realizada pelo Projeto Fortaleza (MORAIS, 1984) nos setores leste, nordeste e extremo nordeste do município, os sedimentos denotam feições típicas de dunas parabólicas com eixos segundo a direção SE-NW, refletindo a predominância dos ventos que sopram de sudeste.

A espessura varia entre 10 a 15 metros, podendo atingir 30 metros, mostrando uma gradual redução em direção ao interior. Mostram boas exposições próximas a foz do rio Pacoti e nas salinas do rio Cocó.

### 3.2.7. DEPÓSITOS FLÚVIO-ALUVIONARES E DE MANGUES

Estão representados na área de pesquisa por depósitos sedimentares, compostos por areias, cascalhos, siltes e argilas, com ou sem matéria orgânica e compreendem os sedimentos fluviais, lacustres e estuarinos recentes.

Ao longo dos trechos onde a drenagem parece ser controlada por fraturas e falhas, com destaque aos trechos do rio Maranguapinho, os depósitos constituem estreitas faixas formadas por sedimentos de granulometria grosseira. Nas planícies de inundação os sedimentos apresentam uma constituição mais fina.

Ao cortarem as coberturas sedimentares, as drenagens locais propiciam a acumulação de maiores depósitos de areias finas, siltes e argilas, oriundos do retrabalhamento da Formação Barreiras e das dunas. Com relevância, cita-se as aluviões do rio Cocó que chegam a alcançar 1,3 km de largura e espessura entre 5 a 15 metros, que podem ser observados no quadrante nordeste da área.

Nos estuários ou nos ambientes de planície flúvio-marinhas formam-se depósitos de silte-argiloso, ricos em matéria orgânica que sustentam uma vegetação de mangue, destacando-se as áreas de mangues associados aos rios Cocó e Pacoti.

### 3.2.8. DUNAS RECENTES OU MÓVEIS E AS AREIAS DE PRAIA

As dunas recentes estão dispostas como cordões contínuos que ocorrem paralelamente a linha de costa, assemelhando-se a espigões longitudinais na porção NE da área e de contorno irregular do tipo “*seif*” na foz do rio Cocó. Estas feições são, no entanto, em alguns

locais controladas pelas estruturas sotopostas formadas pelas dunas antigas (MORAIS, 1984). Possuem uma largura média de 1 km e espessuras variando entre 8 a 15 metros, podendo chegar até 30 metros. O cordão de dunas atinge 1,6 km de largura na porção oeste da área, faixa compreendida entre a Ponta do Mucuripe e a foz do rio Pacoti.

Os contatos com a geração de duna mais antigas da unidade sotoposta se dá de maneira abrupta, embora, por vezes, os sedimentos eólicos recentes podem ser encontrados capeando diretamente os sedimentos do Barreiras. Localmente, o processo natural de dinâmica eólica para a mineração das dunas móveis é atenuado, senão pela presença de vegetação e/ou fixação de um revestimento pioneiro, e pelo intenso processo de urbanização da cidade, normalmente nos setores nordeste, norte e leste da área.

As dunas recentes são constituídas litologicamente por areias esbranquiçadas, bem selecionados, de granulação fina a média, quartzosas, com grãos de quartzo fosco e arredondado. Apresentam, algumas vezes, raras concentrações ou leitos de minerais pesados principalmente a ilmenita.

As areias de praias são formadas pelos depósitos de areias, contínuos e alongados por toda a extensão da costa, entre os limites de baixa maré e o início das dunas móveis. Nesta faixa é observado o fenômeno do aumento do nível estático das águas subterrâneas e a secagem das areias devido o constante trabalho eólico.

Neste contexto, são enquadrados os cordões de arenitos ou “*beach rocks*” de praia encontrados ao longo das praias de Sabiaguaba, Abreulândia e foz do rio Pacoti (MORAIS, 1984).

### 3.3. GEOMORFOLOGIA

O município de Fortaleza é constituído basicamente por Planície Litorânea e Glacis Pré-Litorâneos, cujos limites sofrem influência da homogeneidade das formas de relevo, altimetria, estrutura geológica e das características do solo e vegetação.

A planície litorânea se caracteriza por altitudes inferiores a 200 metros, e compreende os campos dunares (Praia do Futuro, Cidade 2000 e Barra do Ceará), praias (em toda a orla costeira do município) e as planícies flúvio-marinhas (associada aos estuários dos rios Cocó, Ceará e Pacoti/Precabura). As dunas constituem-se por cordões quase contínuos paralelos à linha de costa, sendo, em alguns locais, interrompidos por cursos d'água, planícies fluviais (associada aos rios Cocó, Ceará e Pacoti), flúvio-marinha e pela Formação Barreiras (ponta do Mucuripe).



Os Glacis Pré-litorâneos são formados por sedimentos pré-litorâneos da Formação Barreiras e distribuídas com uma faixa de largura variável que acompanha a linha de costa.

De acordo com CAJAZEIRAS & OLIVEIRA (2004), as condições favoráveis à percolação da água imprimem uma drenagem interna excessiva, que acentua os efeitos da lixiviação e limita o trabalho erosivo da pluviação. Na área de trabalho tem-se as planícies fluviais dos rios Cocó, Ceará e uma planície fluvial situada no limite leste do município, no lugar denominado Lagoa Redonda (Precabura) e os tabuleiros pré-litorâneos que dispõem-se a retaguarda do cordão de dunas contactando, sem ruptura topográfica, com a depressão sertaneja.

### 3.4. SOLOS

Os solos originais de Fortaleza encontram-se substancialmente degradados devido à expansão urbana. Apesar disto, estão representados na região os tipos de solo: podzólico; planossolo solódico; salonetz salodizado; solonchak solonétzico; aluvial eutrófico; litólico eutrófico e areias quartzosas marinhas distróficas (TAJRA, 2001).

O solo podzólico vermelho apresenta ocupação superficial bastante avançada, com predominância de argila de baixa atividade, bem desenvolvida e mediamente profunda, abrangendo 70% do território municipal.

O solo do tipo salonetz salodizado é originado pela associação do saprólito de gnaisse e apresenta-se raso, mal drenado e susceptível a erosão e pedregosidade. Usado localmente na exploração da argila para indústria de cerâmica.

Os solos halomórficos solonchak solonétzico são originados pela associação de depósitos fluviais com influência marinha dos rios Ceará, Cocó e Pacoti, sendo caracterizados por horizontes sálicos e camadas finas de sais cristalizados na superfície, com uma condutividade bastante elevada. É comum a ocorrência de campos de várzeas e florestas ribeirinhas de mangue com presença de carnaúba, apesar do avançado estágio da atividade extrativista madeireira.

O solo do tipo aluvial eutrófico engloba áreas de formação recente, como nas várzeas dos rios Maranguapinho, e parte dos rios Ceará e Cocó. Esse solo apresenta características morfotexturais variadas (areia até a argila) e profundidade de 0,8 a 2,0 metros. Neste solo ocorre o plantio de cana de açúcar e cultura frutífera, ao sul e sudeste da área.

O solo do tipo litólico eutrófico repousa sobre as rochas vulcânicas alcalinas e é recoberto com vegetação caatinga hipoxerófila. Ocorre ao sul do Serrote Ancuri, a sudoeste do município, e representa os materiais coluvionais do Complexo Gnaisse-Migmatítico.

As areias quartzosas marinhas distróficas estão distribuídas no litoral em forma de relevo variável, indo do plano ao fortemente ondulado e escarpado, e estão relacionadas a Formação Barreiras e aos sedimentos arenosos não consolidados das Dunas e Paleodunas. Sua cobertura vegetal é escassa e, quando presente é formada por espécies do estrato herbáceo e pela vegetação de encosta das Dunas.

### 3.5. VEGETAÇÃO

De acordo com a Síntese Diagnóstica do Município da Prefeitura de Fortaleza *in* TAJRA (2001), as unidades vegetacionais são caracterizadas e classificadas, conforme o Complexo Vegetacional Litorâneo do Município em: vegetação pioneira, mata a retaguarda de dunas, vegetação de tabuleiro litorâneo, vegetação de mangue, vegetação ribeirinha, vegetação aquática, vegetação antrópica.

A vegetação pioneira é encontrada no declive suave das dunas como espécies heliófitas herbáceas. Sua faixa de ocorrência vai da Praia das Goiabeiras, do Futuro até próximo ao rio Cocó e Sabiaguaba. Os principais representantes são: capim-barba-de-bode (*Remireae Marítima Aubi*); oró (*Phaseolus Panduratus Mart*) e salsa-praia (*Ipomoea péscaprae Roth*).

A mata a retaguarda de dunas ocorre por trás das cristas de dunas distribuídas na faixa paralela ao mar no litoral leste da área (Praia do Futuro e Sabiaguaba). Os principais representantes são: quina-quina (*Coutarea Hexandra Schum*); João-mole (*Pisonia sp*); jucá (*Caesalpina ferrea Mart*); juazeiro (*Zizyphus Joazene Mart*) e jurema-preta (*Mimosa Acutistipula Benth*).

Vegetação de tabuleiro litorâneo: a ocupação urbana provocou a descaracterização da fisionomia vegetal desta subunidade, sendo encontradas somente algumas manchas em áreas do Campus do Pici, Mondubim, Água Fria e parte leste e sul do município de Fortaleza. Os principais representantes são: cajueiro (*Anarcadium Occidentale*); Angelim-da-praia (*Guettard Platypoda DC*) e caraíba (*Tabebuia Caraíba Bur*).

Vegetação de mangue: existem três grandes áreas de mangue no município e ocorrem relacionados aos rios Ceará, Cocó e Pacoti. Os principais representantes são: mangue ratinho

(*Conocarpus Erecta Linn*); mangue vermelho (*Rhizophora Mangle Linn*) e mangue canoé (*Avicennia Nítida Jacq*).

Vegetação ribeirinha: ocorre no baixo curso dos rios Ceará e Cocó ocorrem o substrato arbóreo, dominado pela carnaúba (*Copernicia Cerifera Mart*); mulungu (*Erythrina Velutine Wild*); juazeiro (*Zizyphus Joazene Mart*) e oiticica (*Licania Rígida Benth*).

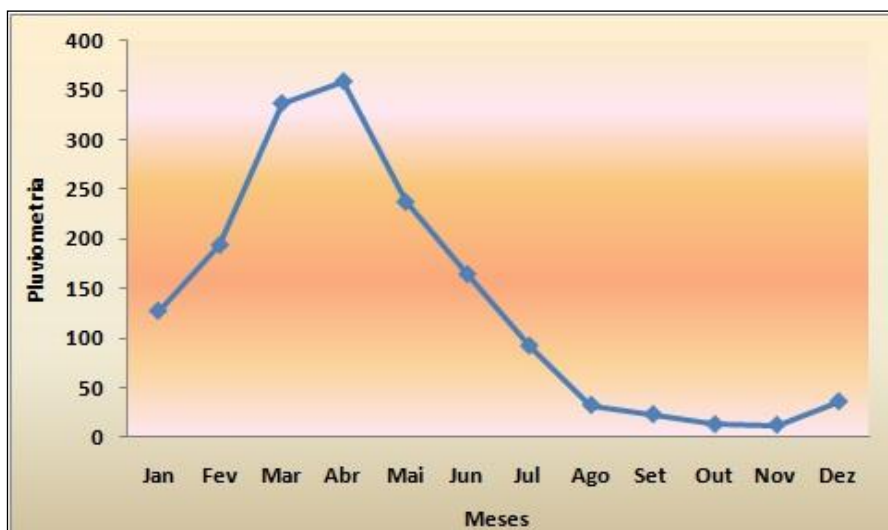
Vegetação aquática: ocorre na maioria das lagoas da área assumindo um papel fundamental no equilíbrio ecológico do ambiente lacustre. Os principais representantes são: aguapé (*Eichhornia Azurea Kunt*), bistorna (*polygonum Acre*) e canudo (*Ipomea Clarinicaubir Robinson*).

Vegetação antrópica: representa a cobertura vegetal do município que teve o homem como vetor de origem, constituindo extensos mangueirais, coqueiros e cajueiros.

### 3.6. CLIMA

O município de Fortaleza apresenta clima classificado como “Macroclima da faixa costeira” do tipo AW’, segundo a classificação climática de KOPPEN (1948) *in* TAJRA (2001) e por estar situado na faixa costeira é influenciado pelas águas oceânicas. O clima é definido como quente e apresenta regime de chuvas tropicais com alternância de episódios secos ao longo do ano.

Segundo dados fornecidos pela FUNCEME - Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos, nos últimos 43 anos (1966 a 2009) os índices pluviométricos variaram, em média, entre o mínimo de 12mm em novembro e o máximo de 359mm em abril, comprovando que os meses de maiores precipitações são fevereiro, março, abril, maio e junho. Nos demais meses, as precipitações são escassas, com chuvas irregulares durante o resto do ano, de acordo com as características do clima semi-árido predominante na área (Figura 3).



Fonte: FUNCEME, 1966 a 2009 (Posto Central)

Figura 3 - Médias mensais de precipitação pluviométrica no município de Fortaleza no período de 1966 a 2009.

De acordo com os dados da FUNCEME (2009), a temperatura média de Fortaleza se situa no faixa de 28°C (máxima) a 26,0°C (mínimo), onde a temperatura na região tende a aumentar no segundo semestre do ano (setembro a dezembro), sendo mais elevada nos meses de novembro e dezembro. No primeiro semestre, as temperaturas aumentam principalmente em janeiro e fevereiro e decrescem em março e abril, ocorrendo um aumento de temperatura em maio (Figura 4).



Fonte: FUNCEME, 1966 a 2009 (Posto Central)

Figura 4 - Médias mensais de temperatura no município de Fortaleza no período de 1966 a 2009.

### 3.6.1. BALANÇO HÍDRICO

Balanço Hídrico é a operação que quantifica a diferença numérica entre as alimentações e as descargas de um sistema hídrico, numa região e num intervalo de tempo específico; é a soma das entradas (alimentações), das saídas (descargas) e das variações de armazenamento de um aquífero num intervalo de tempo definido.

Para a determinação do balanço hídrico na área de estudo foi utilizado o conhecimento de dados pluviométricos e temperaturas no período de 1966 a 2009, fornecidos pela FUNCEME; com estes dados foi possível fazer uma estimativa preliminar das reservas subterrâneas, determinando a parcela de precipitação que infiltra no subsolo, dando, assim, uma avaliação do processo de renovação das reservas de água subterrânea.

O cálculo do balanço hídrico foi realizado com a aplicação da fórmula de Thornthwaite, que considera as médias mensais de pluviometria (PPT) e temperatura (T), fornecendo a evapotranspiração potencial (ETP) e avaliação de evapotranspiração real (ETR) permitindo a obtenção da infiltração potencial ( I ).

A Fórmula de Thornthwaite para calcular a ETP é a seguinte:

$$ETP = 16 (10T / I)^a \times K$$

Onde:

ETP = Evapotranspiração Potencial (mm);

T = Temperatura média mensal em °C (referente ao período considerado);

I = Índice térmico anual;

K = fator de correção que depende da latitude do lugar e da insolação média mensal;

O índice térmico anual ( I ) é calculado pela expressão:

$$I = \sum_{i=1}^{12} I_i$$

Onde:  $I_i = ( T_i / 5 )^{1,5}$

T = temperatura média de cada mês do ano;

i = índices térmicos mensais, que variam de 1 a 12 e somados dão o índice térmico anual ( I ).

a = constante obtida em função do índice térmico, sendo dado por:

$$a = 0,49239 + (1792 \times 10^{-5} I) - (771 \times 10^{-7} + I^2) + (675 \times 10^{-9} I^3);$$

Segundo VASCONCELOS (1999), o método proposto por Thornthwaite é considerado o mais adequado para áreas como Fortaleza, que apresenta alternância de estações secas e chuvosas bem distintas, permitindo uma correlação entre a precipitação e a evapotranspiração real, a partir de médias mensais de uma série histórica de dados.

Os valores da Evapotranspiração Potencial (ETP), de acordo com os cálculos obtidos, variaram de 126,6mm em junho a 164,3 mm em dezembro. O valor obtido para o Índice térmico ( I ) foi de 149,21 e para o fator (a) foi de 3,68; dados utilizados para os cálculos de ETP.

A evapotranspiração real (ETR) é calculada a partir da comparação entre evapotranspiração potencial (ETP) e a precipitação (PPT), considerando que o município tem uma capacidade de armazenamento (CA) de 100 mm, onde este valor é arbitrado como uma média, que podem variar com a natureza do terreno; 50 mm em solos arenosos e 200 mm em solos argilosos (VASCONCELOS, 1994) (Tabela 2 e Figura 5).

A evapotranspiração real anual média corresponde ao somatório das evapotranspirações médias mensais, de acordo com a Tabela 01, onde a Infiltração potencial média mensal é calculada pela seguinte equação:

$I_c = P - ETR$	Onde: Ie = Infiltração potencial (ou efetiva); P = Precipitação; ETR = Evapotranspiração real.
-----------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------

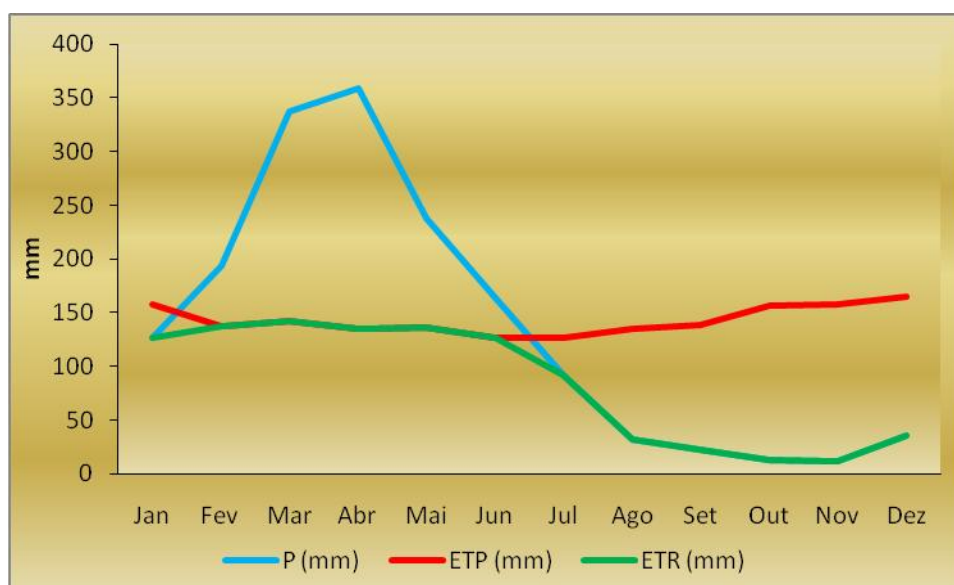
A partir desses cálculos, pode-se verificar que a infiltração potencial (Ie) anual é de 557,4mm, representando 34% do total da média anual da precipitação pluviométrica, correspondendo assim a parcela de precipitação que contribui para a recarga subterrânea nos litótipos de porosidade primária. Para o sistema cristalino, essa parcela de precipitação contribui para uma recarga efetiva, pois nele a infiltração depende das fraturas abertas e do manto intempérico.

Tabela 2 - Valores para o balanço hídrico de Fortaleza-CE no período de 1966 a 2009, calculado pelo método de Thornthwaite.

Mês	P (mm)	T °C	I	K	ETP (mm)	PPT - ETP	C	ETR (mm)	Ic (mm)
Jan	127	27	12,76	1,06	157,8	-30,69	0,0	127,1	0,0
Fev	194	27	12,62	0,95	137,6	56,07	56,07	137,6	0,0
Mar	337	27	12,34	1,04	142,6	194,58	100,0	142,6	194,6
Abr	359	27	12,27	1,00	135,2	223,95	100,0	135,2	224,0
Mai	237	27	12,20	1,02	136,0	101,25	100,0	136,0	101,3
Jun	164	26	11,99	0,99	126,6	37,59	100,0	126,6	37,6
Jul	92	26	11,86	1,02	126,8	-34,91	65,1	91,9	0,0
Ago	32	26	12,13	1,03	135,5	-103,58	0,0	31,9	0,0
Set	23	27	12,41	1,00	139,0	-116,54	0,0	22,5	0,0
Out	12	27	12,76	1,05	156,3	-143,90	0,0	12,4	0,0
Nov	12	28	12,90	1,03	157,5	-145,71	0,0	11,8	0,0
Dez	36	28	12,97	1,06	164,3	-128,79	0,0	35,5	0,0
<b>Total</b>	<b>1625</b>		<b>149,21</b>		<b>1715,4</b>			<b>1011,3</b>	<b>557,4</b>

Legenda: P = Precipitação; T = Temperatura; I = Índice térmico anual; K = fator de correção que depende da latitude do lugar; ETP = Evapotranspiração potencial; C = Capacidade de armazenamento; ETR = evapotranspiração real e Ie = Infiltração potencial.

A partir dos dados obtidos da Tabela 2, foi elaborado o gráfico do balanço hídrico (Figura 5) com três variáveis: precipitação, evapotranspiração potencial e evapotranspiração real, onde temos uma precipitação superior a evapotranspiração real somente durante o primeiro semestre do ano na quadra chuvosa que vai de fevereiro a maio, destacando bem o clima semi-árido predominante na região, que apresenta duas estações bem distintas: uma chuvosa no 1º semestre e outra seca no 2º semestre. No segundo semestre, ocorre um acréscimo das temperaturas onde a evapotranspiração potencial é pouco superior a evapotranspiração real que está relacionada com a precipitação e assim, toda a água precipitada é evaporada.



Fonte: Dados da FUNCEME, 1966 a 2006 (Posto Central)

Figura 5 - Representação gráfica do balanço hídrico do município de Fortaleza, no período de 1966 a 2009.

### 3.7. HIDROGRAFIA

A rede hidrográfica do município de Fortaleza é caracterizada por cursos fluviais de pequeno porte e intermitentes, mas que representam uma importância relevante no abastecimento das populações ribeirinhas, salvo aquelas que moram já próximas ao mar.

As principais bacias hidrográficas que atravessam o município de Fortaleza são as Bacias da Vertente Marítima, a do Rio Cocó e a do Rio Maranguapinho, que juntas correspondem a uma área de 336 km<sup>2</sup> e os seus rios de maior porte são Cocó, Ceará, Maranguapinho, Pacoti e Coaçu.

Bacia da Vertente Marítima: compreende a faixa localizada entre as desembocaduras dos rios Cocó e Ceará, com topografia favorável ao escoamento das águas para o mar, cujos principais mananciais são: lagoa do Mel; riacho Jacarecanga; riacho Pajeú e riacho Maceió-Papicu.

Bacia do Rio Cocó: o elemento principal é o rio Cocó que nasce na Serra da Pacatuba, no município homônimo, tendo um percurso total de cerca de 45 km, dos quais 25 km cortam todo o município de Fortaleza. Esta bacia é o principal recurso hídrico superficial da área e tem como elementos macrodrenantes secundários principais: lagoa da Parangaba; lagoa do Opaia; riacho do Açude Jangurussu; riacho Fernando Macedo; lagoa e riacho da Lagoa Grande; rio Coaçu; Açude Osmani Machado; riacho da Lagoa da Maraponga; riacho da Lagoa Itaoca; Açude Uirapuru; lagoa do Coité; riacho da Lagoa Redonda; riacho da Sapiranga; riacho da Lagoa de Ancuri; riacho do Açude Traíra; riacho do Açude Guarani I e Açude Precabura (PDD, 1998 *in* Tajra, 2001). No rio Cocó está contido um dos principais reservatórios do Sistema de Abastecimento de Água Bruta da Região Metropolitana de Fortaleza, açude Gavião, cuja bacia hidrográfica tem uma área de 99,35 km<sup>2</sup>, correspondente a 33% da área total da bacia, e é responsável pelo abastecimento da ETA Gavião.

Bacia do Rio Maranguapinho: corresponde a uma faixa norte-sul do município que vai de um local próximo à foz do rio Ceará até o bairro Siqueira. O elemento principal é o rio Maranguapinho que nasce na Serra de Maranguape e percorre uma extensão de 42 km, dos quais 15 km em Fortaleza, e possui 9 afluentes, 5 açudes e 9 lagoas, além de alguns mananciais menos expressivos e sem denominação oficial. Dentre os principais elementos drenantes desta bacia, estão: riacho Correntes; riacho da Lagoa da Parangaba; riacho do



Açude João Lopes, riacho da Lagoa do Mondubim e o açude da Agronomia ou Santo Anastácio. Este rio conflui com o Rio Ceará pouco antes do encontro com o mar, compartilhando, portanto, da mesma foz. Apresenta suas nascentes em região serrana, o que implica em declividades acentuadas, ocasionando altas velocidades do rio e seus afluentes, nos altos cursos. Estas características do rio acentuam-se na estação chuvosa, época em que ocorrem deslizamentos da serra, os quais provocam assoreamento do seu leito natural e, conseqüentemente, transbordamentos e alagamentos de grandes proporções.

# ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS

---

## 4. ASPECTOS HIDROGEOLOGICOS

Neste capítulo adotaram-se os conceitos estabelecidos por CAVALCANTE (1998), quando foram analisadas as características dos dois sistemas aquíferos que integram a RMF o Sistema Aquífero Sedimentar e o Meio Cristalino (Figura 6), destacando-se principalmente os tipos, ocorrências, espessuras, recargas/descargas, propriedades hidrodinâmicas e qualidade das águas subterrâneas do contexto hidrogeológico regional.

### 4.1. SISTEMAS HIDROGEOLÓGICOS

No município de Fortaleza são encontrados 2 (dois) sistemas aquíferos: o sedimentar (constituído por Dunas/Paleodunas (99,4 km<sup>2</sup>), Barreiras (120,4 km<sup>2</sup>), Aluviões (38,55 km<sup>2</sup>)), e o Meio Cristalino (55,45 km<sup>2</sup>) (Apêndice 1), estas duas unidades que diferem amplamente quanto à vocação aquífera de armazenar e transmitir água e que estão associadas às características geológicas da região, principalmente aos litotipos dominantes (Pedrosa, 2004). Dos aquíferos sedimentares, os mantos de intemperismo ou sedimentos da cobertura colúvio-eluvial podem armazenar volumes de água úteis para captações pontuais, isto é, dependendo da espessura local. Sua maior importância reside no fato de que esta unidade recobre grande parte do meio fraturado das rochas cristalinas e funciona como áreas de recarga para as mesmas (TAJRA, 2001).

#### 4.1.1. SISTEMA AQUÍFERO SEDIMENTAR

O Sistema Aquífero Sedimentar corresponde aos sedimentos clásticos do meio sedimentar, estando o aquífero representado pela porosidade intergranular primária, com possibilidade hidrogeológicas muito variáveis e na dependência da litologia, espessura, morfologia e posicionamento estratigráfico das camadas. Esse sistema engloba três unidades aquíferas: Dunas/Paleodunas, Barreiras e Aluviões.

##### 4.1.1.1. DUNAS/PALEODUNAS

Esse conjunto foi considerado, para efeito de estudo, como um sistema aquífero único, em função das características litológicas e hidrodinâmicas serem similares. Ocorre bordejando

a orla da área do município, sendo que, localmente, observa-se que adentram ao continente na porção leste e oeste, mais precisamente na Praia do Futuro e Barra do Ceará.

Esse aquífero é constituído por campo dunares homogêneos, recortados, ocasionalmente pela rede de drenagem (Rios Cocó e Ceará) que, quando anastomosada, favorece o surgimento de lagoas interdunares.

Esse sistema constitui o melhor potencial hidrogeológico do município (CAVALCANTE, 1998), tendo características de aquífero livre, com espessura saturada oscilando de 3 a 10 metros, e que pode funcionar como uma unidade aquífera principal e/ou de transferência, quando conduz água para os aquíferos sotopostos, Barreiras e aluviões.

A recarga de todo esse pacote de sedimentos se dá por infiltração pluvial direta e, embora a pluviometria média sobre a área aflorante seja considerável, parte desta água facilmente os efeitos da evapotranspiração, já que o nível das águas subterrâneas neste sistema é subaflorante, especialmente nas zonas de menores cotas altimétricas. De acordo com CAVALCANTE (1998), o nível estático regional é, em média, de 6 metros e a vazão média obtida a partir de poços tubulares rasos é de 6,0 m<sup>3</sup>/h.

Os exutórios principais são as drenagens dos rios Cocó, Pacoti e Ceará, as lagoas interdunares, o mar e a evapotranspiração.

#### 4.1.1.2. BARREIRAS

O Barreiras, no contexto regional, não é considerado por muitos autores como um aquífero, e sim aquítarde, já que possui porosidade e permeabilidade baixas e condutividade hidráulica estimada em  $1,8 \times 10^{-6}$  m/s. Possui uma grande variação de fácies, com espessura oscilando de 20 a 60 metros. Esta formação apresenta intercalações diferenciadas de níveis síltico-argilo-arenosos, que condicionam esta formação a ter diferentes parâmetros hidrodinâmicos (permeabilidade, porosidade e transmissividade), tanto vertical quanto horizontalmente.

CAVALCANTE (1998) encontrou, a partir de poços analisados da RMF, valores para o rebaixamento do nível d'água em torno de 5 a 30 metros, com mínima de 1,2 metros e a máxima de 47 metros. No município de Fortaleza esta tendência de distribuição pode ser confirmada, considerando-se 20 metros para o rebaixamento médio nos poços que captam o aquífero Barreiras. O nível estático d'água na área ocorre com valores inferiores a 15 metros.

A vazão chega até 12 m<sup>3</sup>/h, com predominância para o intervalo entre 1,2 a 3,5 m<sup>3</sup>/h, sendo que as maiores vazões foram encontradas nos bairros de Fortaleza, tais como Conjunto Palmeiras (porção sul), Pirambu e Álvaro Weyne (porção noroeste).

O maior armazenamento neste depósito está localizado nas fácies arenosas e a recarga é feita por infiltração das águas das chuvas, das drenagens influentes, através do sistema Dunas/Paleodunas e aluviões (TAJRA, 2001).

Como exutórios naturais, as águas subterrâneas das Barreiras tem, de maneira geral, a rede de drenagem e as lagoas. Em locais de contato com o meio cristalino sotoposto, o escoamento destas águas se faz através das fraturas, desde que existam as características propícias à circulação e o armazenamento.

Para efeito de caracterização da qualidade das águas no Barreiras, CAVALCANTE (1998) demonstrou que os padrões de portabilidade variam de boa a medíocre, e as águas são predominantemente bicarbonatadas sódicas a cloretadas sódicas.

#### 4.1.1.3. ALUVIÕES

As aluviões constituem aquíferos livres que ocorrem ao longo dos principais rios de Fortaleza (Cocó, Ceará e Maranguapinho). Os sedimentos aluvionares são geralmente porosos, permeáveis, de pequenas e médias espessuras, com nível estático em torno de 2 metros e profundidade moderada, onde a máxima é de 15 metros.

Segundo CAVALCANTE (1998), as águas subterrâneas das aluviões dos rios Cocó e Maranguapinho estão comprometidas com a poluição derivada de esgotos domésticos e industriais, considerando como impróprias para consumo e uso humano ou animal.

A recarga se faz por infiltração das águas de chuvas e pela drenagem influente que, no período de estiagem, passam a funcionar como o exutório, além da evapotranspiração. Conhecidos como “riachos fendas”, ou linhas de drenagem encaixadas em fraturas do embasamento, juntamente com as aluviões e a eles associados, estes elementos constituem importantes condutos de recarga para a alimentação do aquífero cristalino servindo de guias na prospecção de água subterrânea, sendo as águas subterrâneas nas aluviões predominantemente cloretadas sódicas.

#### 4.1.2. MEIO CRISTALINO

Esse contexto engloba os litótipos ígneos, metamórficos e as vulcânicas alcalinas. No município de Fortaleza o embasamento cristalino não é aflorante, mas localmente, nos bairros Bom Jardim e Granja Portugal, situa-se a alguns metros abaixo da superfície do terreno (Apêndice A).

No contexto regional é constatada pouca, ou praticamente nenhuma, vocação para armazenamento e captação nesse sistema cristalino, comparativamente ao meio sedimentar; mas, considerando que em situações de *déficit* hídrico nos períodos de estiagem a que é submetido o município em apreço, o abastecimento domiciliar e industrial é, muitas vezes, a fonte alternativa, reconhecendo sua importância hidrogeológica (TAJRA, 2001).

Considerando que as condições de infiltração, armazenamento e circulação das águas nos aquíferos fissurais estão limitadas às zonas de fraturas, na medida em que estas estejam intrinsecamente relacionadas às aberturas e a interconecção com as áreas de recarga, admite-se então o enquadramento desta unidade litológica como aquífero.

A recarga dos aquíferos fissurais de Fortaleza é realizada pela infiltração direta da água de chuva ou indiretamente através dos depósitos aluvionares dos rios Ceará, Cocó, Maranguapinho e Pacoti. O armazenamento pode estar restrito ao pacote de rochas alteradas ao longo das fraturas e/ou fendas.

O comportamento hidráulico do meio fissural é diferente dos meios porosos. Ressalta-se o caráter primário dos parâmetros de porosidade e condutividade hidráulica, distinto das rochas sedimentares, facilitando-lhes melhores condições de armazenamento e fluxo d'água. No meio cristalino, o armazenamento e fluxo ocorrem associados às fraturas, interconectadas e abertas e, portanto, de maneira indireta ou secundária (CAVALCANTE, *op.cit.*).

A classificação da água no cristalino, utilizando-se o diagrama de Scholler & Berkaloff, mostra termos passáveis a não passáveis refletindo elevadas concentrações de cloretos, variando de 80 a 4.500 mg/L.

# QUALIDADE DAS ÁGUAS

---

## 5. QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Do ponto de vista no que diz respeito ao aproveitamento das águas, a qualidade torna-se tão importante quanto seu aspecto quantitativo. Assim sendo, o estudo hidroquímico busca identificar e quantificar as principais propriedades e constituintes químicos das águas subterrâneas.

Torna-se extremamente importante o conhecimento da qualidade das águas de uma região através de análises físico-químicas, uma vez que, se constitui num mecanismo para caracterizá-las quanto à composição química, potabilidade e direcionamento de usos (doméstico industrial e agropecuário).

Consta neste trabalho, um arquivo de dados cadastrados de 99 análises físico-químicas (Apêndice 3), as análises foram realizadas pelo Laboratório de Geologia Marinha e Aplicadas do Departamento de Geologia/CC/UFC. Ressalta-se que neste cadastro não foram incluídas análises bacteriológicas, primeiro em função de não existirem disponíveis, em caráter público, no contexto da área estudada e, segundo, por não fazer parte do escopo traçado para o presente trabalho.

Para verificação da acuracidade das análises físico-químicas foi utilizada a fórmula apresentada por LOGAN (1965) para cálculo do balanço iônico, onde os valores dos íons dados em mg/L são convertidos em meq/L. Os valores obtidos são utilizados na expressão aritmética abaixo que define o coeficiente individual de erro das análises. Admitiu-se um percentual menor ou igual a 10% para as análises aproveitáveis, compatíveis ao valor médio de STD.

$$Ep(\%) = \left| \frac{r\mathcal{E}ânions - r\mathcal{E}cátions}{r\mathcal{E}ânions + r\mathcal{E}cátions} \right| \times 100$$

As análises físico-químicas da área estudada, cujos valores são apresentados no Apêndice 02, apresentam coeficientes de erro toleráveis iguais ou inferiores a 10%.



## 5.1 - COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA

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

Em áreas muito povoadas e industrializadas há forte influência das atividades humanas sobre a qualidade química das águas. Nos grandes centros urbanos ocorrem problemas associados às descargas de poluentes, como efluentes líquidos industriais e domésticos, vazamentos de depósitos em combustíveis e chorumes provenientes de lixões e aterros sanitários.

As mudanças na composição química das águas subterrâneas são caracterizadas por dois tipos de reações químicas: dissolução da superfície das rochas e precipitação das substâncias dissolvidas nas águas, ambas sendo importantes no intemperismo químico, ou seja, na decomposição da rocha por ação química.

Como referências para avaliar a qualidade da água subterrânea foram considerados limites de potabilidade apresentados pela Portaria nº 518, de 2004, do Ministério da Saúde (BRASIL, 2004) juntamente, com o uso do diagrama de Schöller & Berkaloff. Foi feita uma classificação química das águas em relação aos íons maiores apresentada corresponde àquela do diagrama de Piper.

### 5.1.1 - CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

A Condutividade Elétrica (CE) é a medida da facilidade que um fluido possui de conduzir corrente elétrica, estando diretamente associada com a concentração de sais dissolvidos sob a forma de íons. Na área de estudo os valores obtidos apresentam média geral de 623  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a 25°C, sendo que, de 99 dados, 8 (8%) encontram-se com valores superiores a 1.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , chegando ao máximo de 2050  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Figura 6). A partir da análise da figura, observa-se que os maiores valores de condutividade elétrica encontram-se na porção noroeste do município onde está localizada a Bacia do rio Maranguapinho, onde o solo é do tipo Neossolo Flúvico em predomina a vegetação de carnaubeiras, típica de solos salinos.

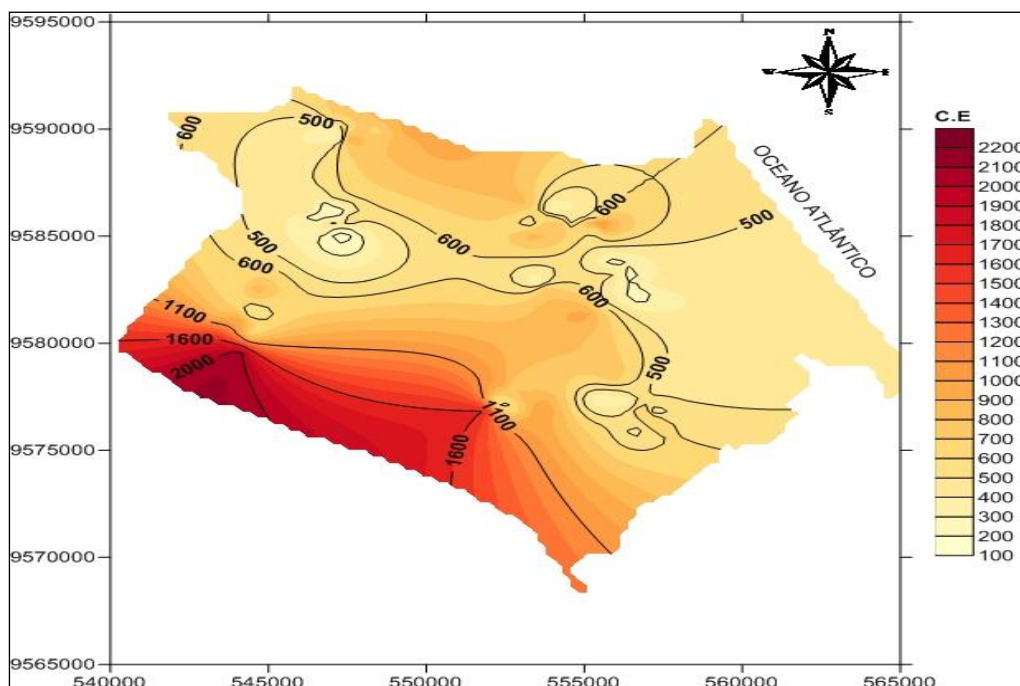


Figura 6 – Distribuição dos valores de Condutividade Elétrica (C.E) na área de estudo.

### 5.1.2 – SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS

Os Sólidos Totais Dissolvidos são definidos como o peso total dos constituintes minerais presentes na água, por unidade de volume. Representam a concentração de todo o material dissolvido na água, seja ou não volátil e possuem uma estreita relação com a condutividade elétrica.

O valor médio do STD nas águas subterrâneas da área estudada é de 384,76 mg/L, com valores que variam de 88 a 1508 mg/L. Segundo a Portaria n°518 do Ministério da Saúde (25/03/2004) o valor máximo tolerável de STD é de 1.000 mg/L, ou seja, a média da área encontra-se dentro do aceitável.

De acordo com a classificação de SANTOS (2000, *apud* FEITOSA & MANOEL FILHO, 2000), de um total de 99 poços com dados de STD 76% das amostras de águas subterrâneas da região podem ser classificadas como de baixa a média salinidade, uma vez que alcançaram valores abaixo ou igual de 500 mg/L de STD. A menor parte das amostras (24%) apresenta valores de STD superior a 500 mg/L, sendo classificadas como águas de média a alta salinidade. A representação da variação dos valores de STD pode ser visualizada na Figura 7. A figura mostra uma maior concentração de STD na porção nordeste da área de estudo, exatamente na zona onde existe a bacia do rio Maranguapinho, que neste trecho é

perenizado artificialmente pela Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) da CAGECE do município de Maracanaú e onde afloram rochas do sistema cristalino.

Segundo CAVALCANTE (1998), para o sistema cristalino é comum valor de concentrações de STD variando de 500 a 2.000 mg/L, em consequência da elevada concentração de cloretos presentes nas águas que percolam as rochas desse sistema. Na área de estudo as águas que apresentam concentrações elevadas de sais, provavelmente, são aquelas captadas a partir, de fraturas interconectadas com zonas de recarga associada às águas superficiais salinizadas. De acordo com a figura 7, observa-se uma maior concentração de sais dissolvidos na porção noroeste da área estuda trecho onde o solo predominante é o Neossolo Flúvico que possui dentre suas características drenagem imperfeita, altos teores de sódio, fertilidade muito baixa onde predomina a vegetação típica de solos salinos.

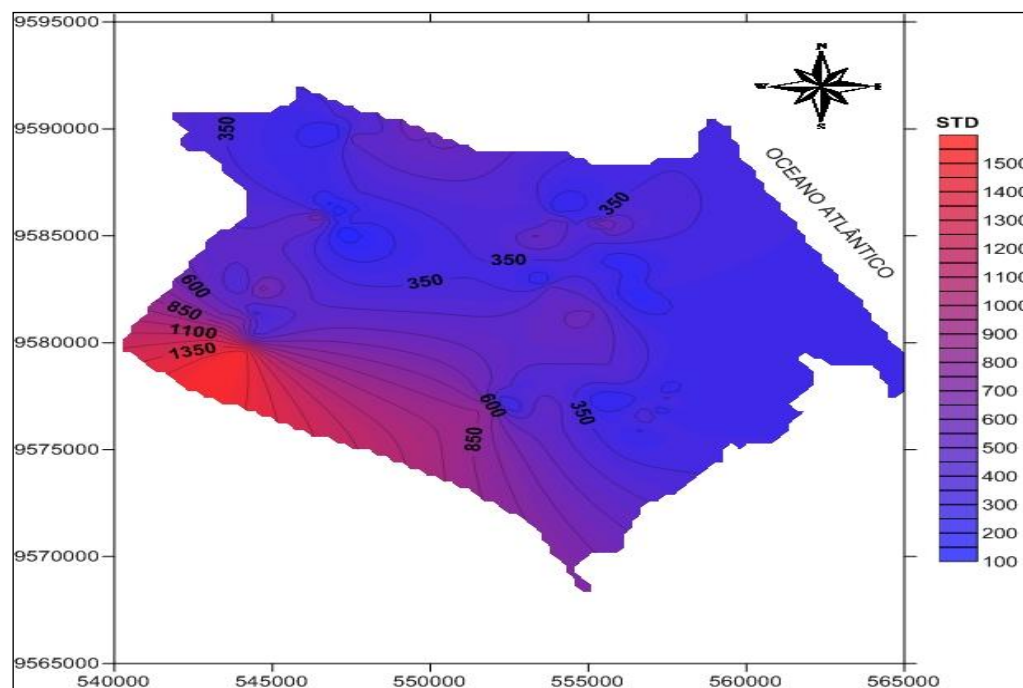


Figura 7 – Distribuição de Sólidos Totais Dissolvidos (STD) na área de estudo.

### 5.1.3 – DUREZA

A dureza de uma água pode ser avaliada pela capacidade de consumir sabão e produzir incrustações, sendo expressa em mg/L de  $\text{CaCO}_3$ . CUSTÓDIO & LLAMAS (1983) propuseram uma classificação para as águas subterrâneas a partir dos teores de dureza, conforme mostra a tabela 3.

Tabela 3 – Classificação das águas segundo a dureza (CUSTÓDIO & LLAMAS, 1983).

Tipo	Teor de CaCO <sub>3</sub> (mg/L)
Branda	50
Pouco Dura	50 - 100
Dura	100 - 200
Muito Dura	> 200

A classificação das águas subterrâneas da área, com relação a sua dureza (teor de CaCO<sub>3</sub> em mg/L), a partir de um universo de 99 amostras, revela que (50%) das águas possuem características de “dura” a “muito dura”, enquanto que 18% apresentam característica de pouco dura e (32%) pode ser classificada como do tipo “branda” (Figura 8). Embora o resultado das análises sejam elevados para dureza todas as amostras apresentaram valores dentro do limite de potabilidade estabelecido pela portaria n°518 do MS de até 500 mg/L de CaCO<sub>3</sub>.

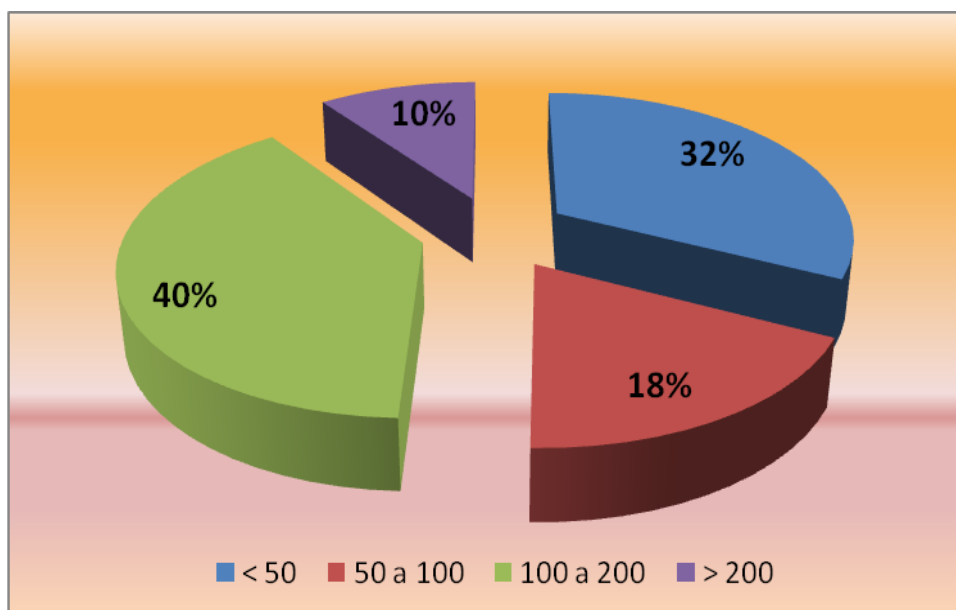


Figura 8 – Variação de CaCO<sub>3</sub> nas águas subterrâneas da área de estudo.

#### 5.1.4 – pH

O pH reflete a concentração do hidrogênio na água ou solução, sendo controlado pelas reações químicas e pelo equilíbrio entre os íons presentes. Tratam-se, essencialmente, de uma

função do gás carbônico dissolvido e da alcalinidade. Varia de 1 a 14, onde valores inferiores a 7 são denominados de ácido e os valores superiores a 7 são denominados de básico ou alcalino, e neutro para o valor 7.

A partir do resultado das 99 análises físico-químicas observa-se que os valores de pH oscilaram entre 4,5 a 8,04 onde 25 amostras (25,5%) apresentam um caráter ácido, 74 (74,5%) um caráter básico não tendo nenhuma amostra que reflita o caráter absolutamente neutro (Figura 9). O valor médio do pH é de 6,3 revelando um caráter ácido das águas subterrâneas da área.

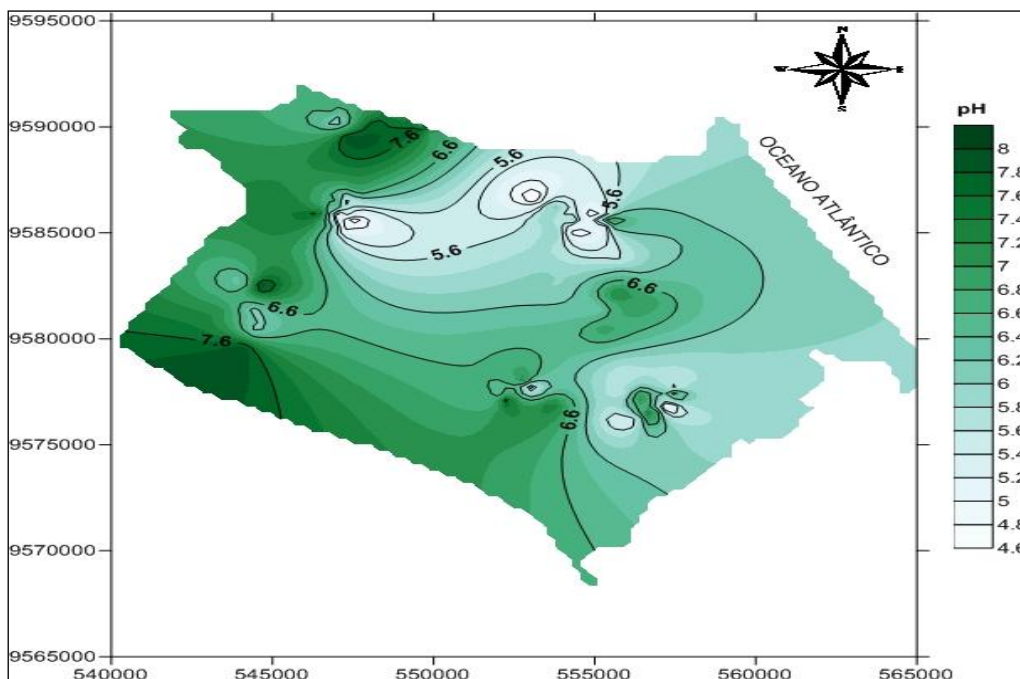


Figura 9 – Distribuição das medidas de pH nas águas subterrâneas da área de estudo.

### 5.1.5 NITRATO

Dentre as substâncias que podem constituir risco para a saúde humana, incluem-se os compostos de nitrogênio nos seus diferentes estados de oxidação: nitrogênio amoniacal e albuminóide, nitrito e nitrato.

O nitrogênio perfaz cerca de 80% do ar que respiramos. Como um componente essencial das proteínas ele é encontrado nas células de todos os organismos vivos. Nitrogênio inorgânico pode existir no estado livre como gás, nitrito, nitrato e amônia. Com exceção de algumas ocorrências como sais evaporíticos, o nitrogênio e seus compostos não são encontrados nas rochas da crosta terrestre. O nitrogênio é continuamente reciclado pelas

plantas e animais. Nas águas subterrâneas os nitratos ocorrem em teores, em geral, abaixo de 5 mg/L. Nitritos e amônia são ausentes, pois são rapidamente convertidos a nitrato pelas bactérias. Pequeno teor de nitrito e amônia é sinal de poluição orgânica recente. Segundo o padrão de potabilidade do Ministério da Saúde, em sua portaria 518, de 25 de março de 2004, uma água não deve ter mais do que 10 mg/L de  $N-NO_3^-$ , ou 45 mg/L de  $NO_3^-$ .

As águas dos 99 poços avaliados na área de estudo apresentaram valores de nitrato variando de 0,1 a 46 mg/L (Figura 10); observa-se que 25,5% (25) das amostras apresentam valores acima do recomendável para  $N-NO_3^-$ , alguns valores chegam a ultrapassar em até 460%, o limite máximo recomendado pelo Ministério da Saúde.

As concentrações elevadas desse elemento são explicadas na medida em que se tem a disposição de efluentes líquidos (esgotos doméstico e industriais) nas águas superficiais que podem interagir com as águas subterrâneas, bem como, no solo através do uso das fossas negras, ausência de saneamento básico e um posicionamento do nível estático muito raso, quase sempre inferior a 10 m, com predominância de 0 a 5 m e a mercê da variação sazonal.

No sistema digestivo, o nitrato é transformado em nitrosaminas, que são substâncias carcinógenas. Daí alguns cientistas advertirem que o excesso de íons nitrato na água e no alimento pode levar a um aumento na incidência de câncer de estômago.

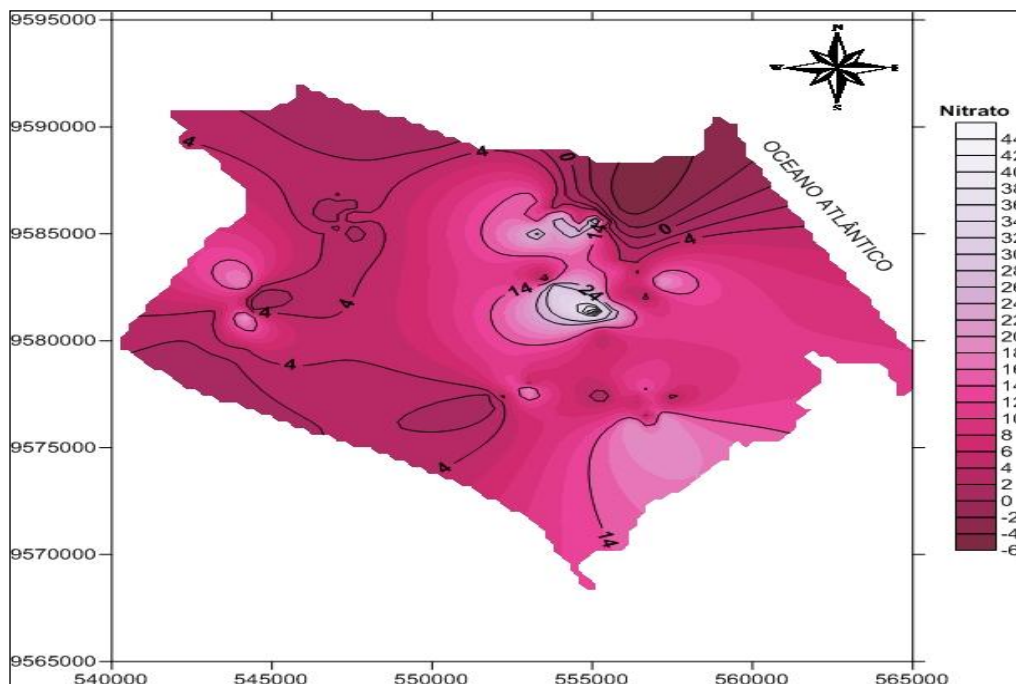


Figura 10 – Distribuição do nitrato nas águas subterrâneas na área de estudo

## 5.2. – CLASSIFICAÇÃO IÔNICA

Para classificar o tipo químico das águas subterrâneas de acordo com os íons predominantes foi utilizado o Diagrama de Piper (Figura 11).

Nesse diagrama podem-se distinguir três campos onde são plotados os valores percentuais das concentrações dos principais constituintes iônicos para os cátions e para os ânions, permitindo identificar as fácies hidroquímicas. O cruzamento do prolongamento dos pontos na área do losango define sua posição e classifica a amostra de acordo com suas fácies.

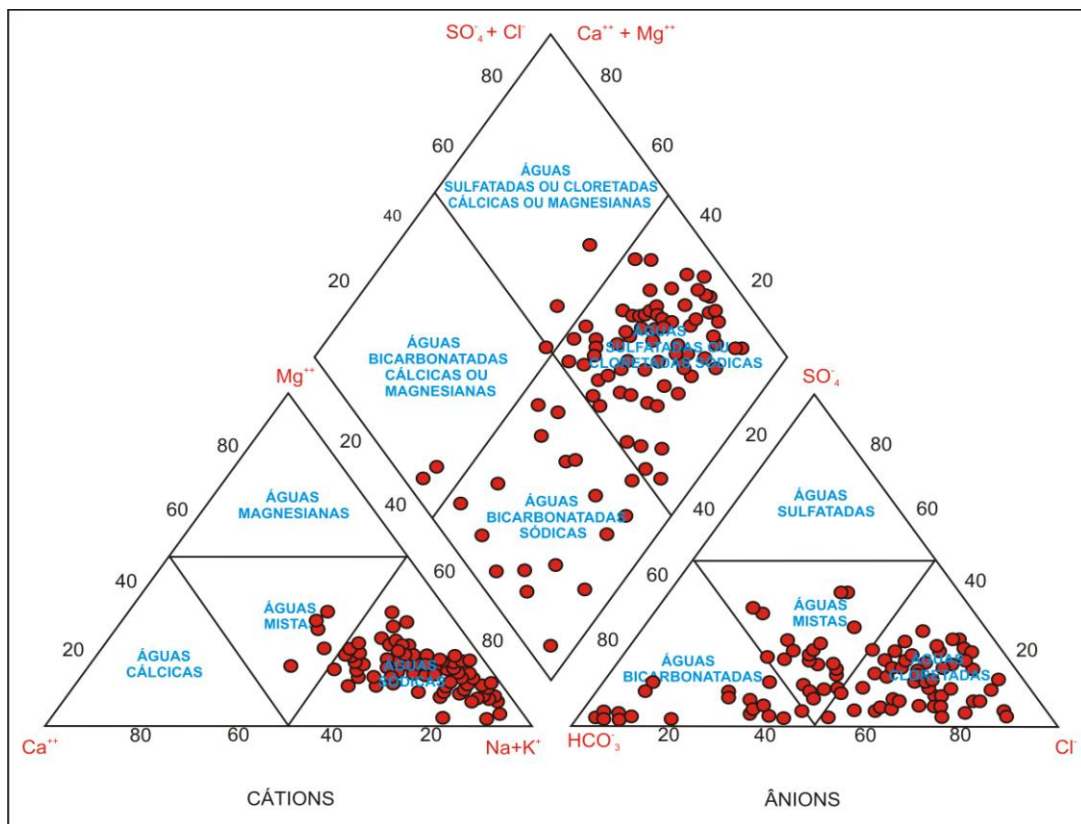


Figura 11 – Diagrama de Piper mostrando os fácies químicos das águas subterrâneas na área de estudo.

A variação dos litotipos que constituem os aquíferos permite que sejam definidos até para um mesmo sistema hidrogeológico mais de um tipo hidrogeoquímico, predominando, entretanto, um ou dois tipos característicos.

De acordo com os íons presentes identificou-se uma predominância das classes cloretadas e sódicas. Em relação aos cátions, a maior parte é sódica (94,9%), seguidas das águas mistas (5,1%), para os ânions há uma predominância das águas cloretadas (56,6%),

seguidas de águas mistas (22,2%) e águas bicarbonatadas (21,2%). Finalmente, as águas são classificadas como cloretadas sódicas, seguidas de águas bicarbonatadas sódicas.

Há predominância para as águas dessa região, em função da relação iônica entre ânions e cátions, é de  $\text{Cl}^- > \text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-}$  e  $\text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{2+}$ . Essa relação catiônica é freqüente nas águas subterrâneas da RMF, como pode ser constatado em RIBEIRO (2001) e CAVALCANTE (1998). De acordo com SANTOS (2000), o predomínio e a presença do cloreto e do sódio nos sistemas aquíferos se dão pelo fato de que, além dos dois elementos correspondentes serem muito abundantes nas águas naturais, possuem solubilidades elevadas, são de difícil precipitação na maioria dos compostos químicos em solução e têm ampla distribuição nos minerais fontes.

### 5.3 - USOS DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Para CAVALCANTE (1998), a utilização das águas subterrâneas no contexto da RMF é uma constante, com diversas finalidades e tempo de bombeamento compatível com a necessidade e vazão de cada poço. Na área de estudo, onde as águas subterrâneas apresentam-se como importante fonte de abastecimento, isso não ocorre diferente.

O uso da água pode ser classificado quanto ao consumo em: consutivo e não consutivo. A água evaporada, transpirada, assimilada biologicamente ou incorporada a um produto é classificada como de uso consutivo, como também os usos domésticos, municipal, para irrigação e para indústrias, enquanto que os usos em navegação, geração de energia elétrica, recreação ou conservação da natureza são exemplos de usos não consutivos.

A grande maioria dos usos da água é, de certa maneira, consutiva. Excluída a água para geração de energia elétrica, que atinge cerca de 4 a 6 vezes a soma de todas as outras finalidades, estima-se que 25% da água retirada para todas as finalidades é consumida (COSTA, 2000 *apud* FEITOSA & MANOEL FILHO, 2000).

O enfoque neste item será dado quanto ao consumo humano, discorrendo sobre potabilidade, o uso na indústria e na irrigação.

#### 5.3.1 - CONSUMO HUMANO

Os padrões de potabilidade, conforme SANTOS (2000), compreendem critérios essenciais que dizem respeito à proteção contra a contaminação por microorganismos patogênicos e contra a poluição por substâncias tóxicas e venenosas, além de critérios



complementares que visam o controle da qualidade em relação ao aperfeiçoamento da água em aspectos estéticos, organolépticos e econômicos, dentre outros, que embora desejáveis, não são essenciais à proteção da saúde pública (cor, sabor, odor, turbidez, dureza, corrosividade, etc.).

RIBEIRO (2001) define *água potável* como aquela que pode ser utilizada no consumo humano sem trazer prejuízos à saúde. Os padrões de potabilidade ou de água potável definem as quantidades que se encontram nos limites determinados através das características físicas, químicas, organolépticas e dos compostos orgânicos e inorgânicos, que podem ser tolerados nas águas de abastecimento público.

As normas e padrões adotados no Brasil são instituídos pelo Ministério da Saúde, que toma por base os critérios adotados por organismos nacionais e internacionais. A tabela 4 mostra os padrões de potabilidade vigentes no Brasil segundo a portaria nº 518 de 25/03/2004 do Ministério da Saúde.

Tabela 4 – Padrões de potabilidade nacional e internacional das águas para consumo humano.

	Parâmetro	Unid	Fonte Referências					
			1	2	3	4	5	6
I	Cor	Pt/L	15	20	5 <sup>(*)1</sup>	15	15	-
	Odor	-	Inofensivo	N.O	N.O	Inofensivo	3 <sup>(*)2</sup>	2 a 12°C <sup>(*)2</sup>
	Sabor	-	Inofensivo	N.O	N.O	-	-	-
	Turbidez	UNT	5	5	5	15	1-5	-
	Temperatura	°C	-	-	-	15	-	25
	pH	-	6,5–8,5	-	6,5–8,5	6,5–8,5	6,5–8,5	6,5–9,5
I I I	Arsênio	mg/L	0,05	0,1	0,01	0,05	0,05	0,04
	Bário		-	1,0	0,7	1,0	1,0	-
	Cádmio		0,005	0,01	0,005	0,005	0,01	0,005
	Chumbo		0,05	0,1	0,01	0,05	0,05	0,04
	Cianetos		0,01	-	0,07	0,2	-	0,05
	Cromo		0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
	Fluoretos		1,5	0,6-1,7	1,5	1,5	4,0	1,5
	Mercúrio		0,001	0,002	0,001	0,001	0,002	0,001
	N-NO <sub>3</sub>		10	10	10	10	10	50
	Nitritos		-	-	1,0	1,0	-	0,1
	Prata		-	0,05	0,05	0,05	0,05	0,01
	Selênio		0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
	I I I I		Alumínio	mg/L	0,02	0,1	0,2 <sup>(*)4</sup>	-
Surfactante		-	0,5		0,5	-	0,5	0,2
Cloretos		250	600		250	250	250	-
Cobre		1,0	1,0		2,0	1,0	1,0	-
Dureza Total		500	-		500	-	-	-
Ferro Total		0,3	1,0		0,3	0,3	0,3	0,2
Manganês		0,1	0,5		0,1	0,05	0,05	0,05
Sódio		200	-		200	-	-	150
STD		1000	1000		1000	500	500	-
ST		-	1500		-	-	-	-

	Sulfatos		400	-	250	500	-	240
	Sulfeto de H		N.D.	-	0,05	0,05	-	-
	Zinco		5,0	5,0	5,0	5,0	-	-
I V	Coliformes Fecais	Nº/100 mL	0	-	0	0	-	-
	Coliformes Totais		0	-	0	10	-	-
Notas: I – Parâmetros físicos e organolépticos II – Parâmetros químicos inorgânicos III – Parâmetros químicos que afetam a qualidade organoléptica IV – parâmetros microbiológicos  1 – Organização Mundial de Saúde (OMS) – Recomendado 2 – Decreto Federal nº 79637 de 09/03/77, Portaria 56, BSB-13/03/77 3 – Portaria 518 do Ministério da Saúde de 25/03/2004 4 – Canadá 5 – EUA 6 - Alemanha						*1– Cor aparente *2– Taxa de diluição *4–Valor Experimental  NT–Unidade nefemétrica e turbidez  N.O. – Não objetável		

Fontes: SANTOS (2000, *apud* CPRM, 2000)/Portaria nº 518, de 25/03/2004 do Ministério da Saúde.

Os termos de potabilidade das águas subterrâneas locais, dentro de seus aspectos físico-químicos, podem ser dados através do diagrama logarítmico de Schöeller & Berkaloff (Apêndice 4), onde as mesmas são classificadas em boa, medíocre, má, momentânea e não potáveis, em função dos elementos  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $(\text{Na}^+ + \text{K}^+)$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $(\text{CO}_3^{2-}, + \text{HCO}_3^-)$ , expressos em mg/L, e ainda, dureza expressa em °F.

De maneira geral, nos sistemas aquíferos estudados predominam águas com índices *aceitáveis* do ponto de vista físico-químico, porém, algumas amostras apresentaram valores para cloretos que desqualificam estas águas para o consumo humano. A média geral dos demais parâmetros ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ), variou entre “Boa” a “Passável”, qualificando as águas subterrâneas locais quanto à potabilidade físico-química.

Além dos elementos analisados pelo gráfico de Schoeller & Berkaloff, as 99 análises contidas no Apêndice 4 ainda revelam que, para o íon ferro, 69% das análises encontram-se dentro dos padrões de potabilidade da portaria N° 518 de 25/03/2004 do Ministério da Saúde (<0,3 mg/L). A tendência à concentração do íon ferro nas águas subterrâneas locais (31% das amostras) reflete a influência da lateritas contidas na Formação Barreiras, originadas pela reação do óxido de ferro com o oxigênio atmosférico oxidando-se para hidróxido férrico (RIBEIRO, 2001).

Sabe-se que a elevada concentração de ferro, mesmo que pontual, pode causar problemas ao consumo humano, favorecendo a incidência de problemas cardíacos e diabetes. MONMANEY (1992) aponta que estudos recentes sobre o aspecto de intoxicação por ferro

(hemocromatose), originada de distúrbios genéticos, é agravada pela ingestão de compostos com elevadas concentrações de ferro, contemplam aspectos sobre águas ferruginosas.

Segundo CAVALCANTE (1998), no Estado do Ceará é comum se encontrar elevadas concentrações (2 a 15 mg/L) do elemento ferro nas águas das aluviões, cujos poços chegam a ceder vazões de até 150 m<sup>3</sup>/h/poço, explotadas para abastecimento público. Nestes casos, se recomendam um tratamento preliminar através de filtros de areia, aeração e filtros com carvão ativado, a fim de se obter uma água potável.

### 5.3.2 - USO INDUSTRIAL

Os parâmetros que determinam a qualidade da água para o uso industrial são por demais complexos, devido aos diversos ramos do segmento industrial que exigem um número de especificações de acordo com as diferentes necessidades da água para cada finalidade.

As impurezas presentes nas águas encontram-se, normalmente, dissolvidas ou em suspensão. As técnicas industriais, entretanto, permitem que essas águas de composição diferenciadas possam ser utilizadas em qualquer ramo industrial, dependendo, logicamente, de técnicas adequadas no tratamento e das características exigidas na obtenção do produto final. Os principais problemas causados pelas impurezas presentes nas águas naturais, quando usadas no setor industrial são a corrosão e as incrustações.

Usos específicos das águas podem ter diferentes requisitos de qualidade. Assim, a tabela 5 mostra os principais elementos a serem analisados e as concentrações aceitáveis em função do uso.

Tomando-se como base os valores obtidos nas análises físico-químicas encontradas no Apêndice 4 e confrontando-as com os da tabela 5, verificou-se que a grande maioria das águas subterrâneas naturais dos pontos cadastrados encontra-se “fora” dos limites aconselháveis para uso na indústria, com ressaltos para valores de pH, dureza, STD, magnésio, nitrato e cloretos, bem acima dos valores de referência, em mais de 85% das análises.

Tabela 5 - Padrões de qualidade de água para indústria

Parâmetro	Unidade	1	2	3	4	5	6
<b>pH</b>	-	-	-	6,5-7,0	-	-	8
<b>Dureza</b>	mg/L CaCO <sub>3</sub>	50	180	50-75	25	50	50
<b>Alcalinidade</b>	mg/L CaCO <sub>3</sub>	-	-	-	128	-	135

<b>Cálcio</b>	mg/L	-	-	200	-	10	-
<b>Magnésio</b>	mg/L		-	30	-	-	-
<b>Cloretos</b>	mg/L	-	30	100	250	100	-
<b>Sulfatos</b>	mg/L	-	60	-	250	100	-
<b>Nitrato</b>	mg/L	-	30	10	-	-	-
<b>Ferro</b>	mg/L	0,5	0,3	0,1	0,2	0,25	0,2
<b>Manganês</b>	mg/L	0,5	0,1	0,1	0,2	0,25	0,2
<b>Amônia</b>	mg/L	-	Traços	-	-	-	-
<b>STD</b>	mg/L	-	500	1000	850	-	-
<b>1</b> – Águas de refrigeração <b>2</b> – Ind. Laticínios <b>3</b> – Cervejaria <b>4</b> – Ind. de bebidas e sucos de frutas <b>5</b> – Ind. Têxtil <b>6</b> - Curtumes							

Fonte: modificada de Santos, 1997

### 5.3.3 - USO NA IRRIGAÇÃO

Na classificação da água para fins de irrigação utiliza-se o SAR (Razão de Adsorção de Sódio) juntamente com a condutividade elétrica, o que indica se a água é apropriada ou não para esta finalidade. Quanto maior o SAR, menos apropriada será a água para uso na agricultura.

O SAR é uma razão que indica a porcentagem de sódio contida numa água que pode ser adsorvida pelo solo e é calculada através da equação 01:

(EQUAÇÃO 01)

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

onde r = meq/L

A concentração de sódio é importante, pois ele substitui o cálcio na estrutura do solo e caso encontre-se com concentração excessiva, irá reduzir a permeabilidade e levar a uma situação de esterilidade (FREEZE & CHERRY, 1979).

A classificação das águas subterrâneas da área de estudo para irrigação utiliza o gráfico proposto pelo *United States Salinity Laboratory* (Figura 12), que tem por base os parâmetros descritos acima.

De acordo com a classificação do diagrama proposto, elas estão inseridas preponderantemente na classe S<sub>3</sub> e S<sub>4</sub> que denota um forte risco de sódio, e nas classes C<sub>2</sub> e C<sub>3</sub> denotando um risco médio a alto de salinidade (52% nas classes C<sub>2</sub>-S<sub>3</sub> e C<sub>2</sub>-S<sub>4</sub>).

De uma maneira geral, no que diz respeito ao uso na irrigação, as águas subterrâneas apresentam certas restrições, haja vista que são extremamente sódicas, o que exige um tratamento especial do solo (boa drenagem, lixiviação e presença de matéria orgânica). Assim sendo, apenas os vegetais que apresentam tolerância salina são indicados a serem cultivados com essas águas.

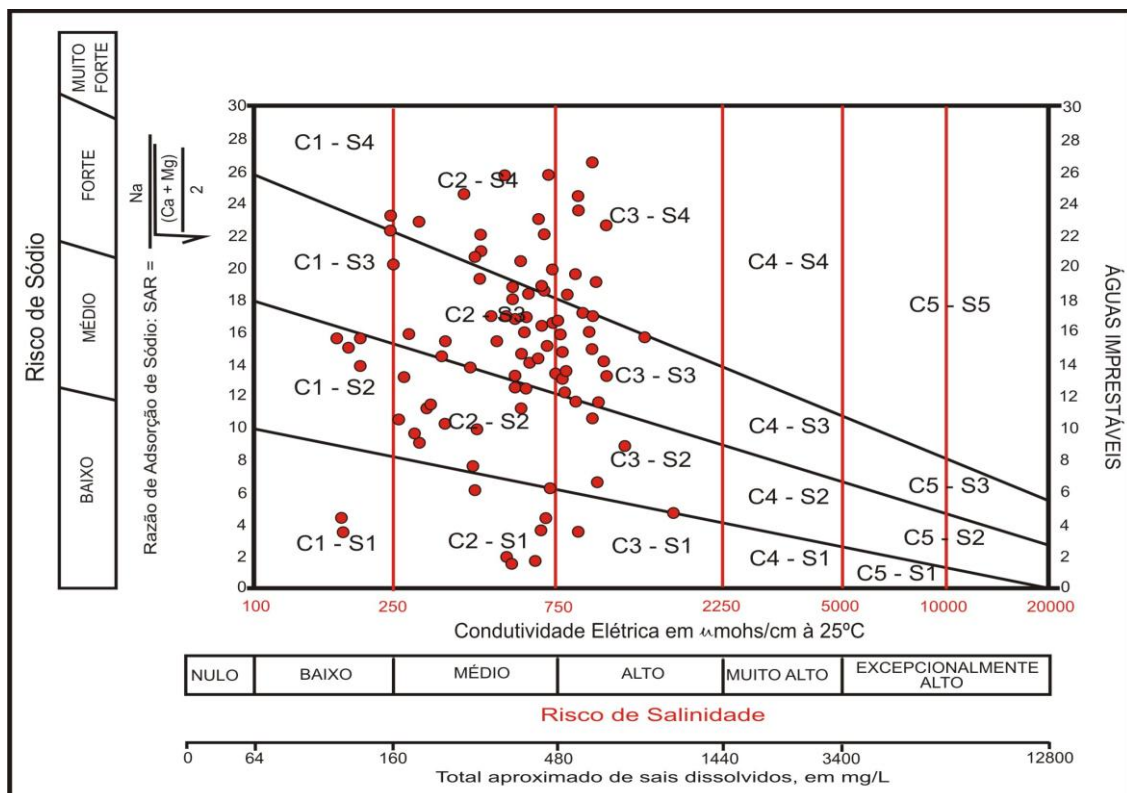


Figura12 – Classificação das águas subterrâneas na área de estudo para irrigação segundo diagrama do U.S. Salinity Laboratory.

## CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

---

## 6 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O município de Fortaleza, foi instalado em 1725, possui 313,8 km<sup>2</sup> e 2.416.920 habitantes, com uma densidade demográfica de 8.001 hab/km<sup>2</sup>, a uma taxa de crescimento anual de 2,15% representando uma taxa de urbanização de 100%.

A temperatura média de Fortaleza se situa no faixa de 28°C (máxima) a 26,0°C (mínimo), onde a temperatura na região tende a aumentar no segundo semestre do ano (setembro a dezembro), sendo mais elevada nos meses de novembro e dezembro.

A caracterização geológica regional do município é dada principalmente por expressões de sedimentos cenozóicos (Terciário, Tércio-Quaternário e Quaternário) e rochas pré-cambrianas. Quanto à geomorfologia o município é constituído basicamente pela Planície Litorânea e Glacis Pré-Litorâneos, cujos limites sofrem a influência da homogeneidade das formas de relevo, altimetria, estrutura geológica e das características do solo e vegetação.

As unidades vegetacionais da área de estudo são caracterizadas e classificadas, conforme o Complexo Vegetacional Litorâneo do Município em: vegetação pioneira, mata a retaguarda de dunas, vegetação de tabuleiro litorâneo, vegetação de mangue, vegetação ribeirinha, vegetação aquática, vegetação antrópica.

As variáveis climatológicas e de balanço hídrico da área, em um período compreendido entre 1966 e 2009, demonstram uma maior precipitação durante o primeiro semestre do ano na quadra chuvosa que vai de fevereiro a maio, enquanto que, no segundo semestre ocorre um acréscimo das temperaturas, onde a evapotranspiração potencial superior a evapotranspiração real que está relacionada com a precipitação e assim, toda a água precipitada é evaporada.

No município de Fortaleza são encontrados 2 (dois) domínios aquíferos: o sedimentar (constituído por Dunas/Paleodunas, Barreiras, Aluviões), e o Meio Cristalino, sendo que estas duas unidades diferem amplamente quanto à vocação aquífera de armazenar e transmitir água e que estão associadas às características geológicas da região, principalmente aos litotipos dominantes.

Quanto às características químicas das águas de 99 poços analisado, demonstram que a condutividade elétrica apresentou média geral de 623 µS/cm a 25°C, sendo que, 8% das amostras tiveram valores superiores a 1.000 µS/cm, chegando ao máximo de 2050 µS/cm, já para STD 76% das amostras foram classificadas como de baixa a média salinidade, uma vez que alcançaram valores abaixo ou igual de 500 mg/L e, uma menor parte das amostras 24% apresenta valores de STD superior a 500 mg/L, sendo classificadas como águas de média a alta salinidade.

A classificação das águas subterrâneas da área, com relação a sua dureza (teor de  $\text{CaCO}_3$  em mg/L), a partir de um universo de 99 amostras, revela que (50%) das águas possuem características de “dura” a “muito dura”, enquanto que 18% apresentam característica de pouco dura e (32%) pode ser classificada como do tipo “branda”, todas as amostras apresentaram valores dentro do limite de potabilidade estabelecido pela portaria nº518 do MS de até 500 mg/L de  $\text{CaCO}_3$ .

A partir, da análise do elemento nitrato nas 99 amostras observou-se que as águas subterrâneas da área encontram-se, pontualmente, contaminadas por este elemento, sendo que, 25,5% das amostras analisadas apresentam valores acima do recomendável para  $\text{N-NO}_3$ , chegando a ultrapassar em até 460%, o limite máximo recomendado pela portaria nº518 de março de 2004 do Ministério da Saúde.

Segundo o Diagrama de Piper, as águas subterrâneas na área de estudo foram classificadas como cloretadas sódicas, seguidas de águas bicarbonatadas sódicas. Há predominância para as águas dessa região, em função da relação iônica entre ânions e cátions, é de  $\text{Cl}^- > \text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-}$  e  $\text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{2+}$ .

De acordo com o diagrama de Schöller & Berkloff as águas subterrâneas da área de estudo apresentam restrições para cloretos, do ponto de vista físico-químico, porém predominam águas com índices aceitáveis para o consumo humano (potabilidade).

Enquanto que para o uso industrial, a grande maioria das águas subterrâneas da área encontra-se fora dos limites aconselháveis para uso na indústria, com ressaltos para valores de pH, dureza, STD, magnésio, nitrato e cloretos, bem acima dos valores de referência, em mais de 85% das análises. De acordo com a classificação do diagrama *U.S Salinity Laboratory*, as águas subterrâneas da área de estudo estão inseridas preponderantemente na classe  $S_3$  e  $S_4$  que denota um forte risco de sódio, e nas classes  $C_2$  e  $C_3$  denotando um risco médio a alto de salinidade (52% nas classes  $C_2-S_3$  e  $C_2-S_4$ ), apresentando certas restrições no uso para irrigação, haja vista que, são extremamente sódicas o que exige um tratamento especial do solo (boa drenagem, lixiviação e presença de matéria orgânica).

Como foi observado, para as subterrâneas que as mesmas estão contaminadas por nitrato, sugiro que sejam feitas análises bacteriológicas e físico-químicas em períodos de chuva e de estiagem a fim de se poder fazer uma melhor avaliação quanto a evolução do nitrato, bem como, das possíveis fontes de contaminação das águas subterrâneas por elementos do ciclo do nitrogênio.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

## 7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, A. L & LEAL, S. E. C. 1990. **Aspectos Qualitativos das Águas Subterrâneas do Município de Fortaleza – CE**. Relatório de Graduação. Departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará. Fortaleza - CE 123p.

BIASOLI, W. M. 2000. **Água e Saúde**. Fortaleza - CE. Editora Livros Técnicos. 224p.

BRANDÃO, R. L. 1995. **Sistema de Informações para Gestão e Administração Territorial da Região Metropolitana de Fortaleza** - Projeto SINFOR: Diagnóstico Geoambiental e os Principais Problemas de Ocupação do Meio Físico da Região Metropolitana de Fortaleza. 1ª edição. Fortaleza/CE: SER/REFO/CPRM. Vol.1, 105p.

CAJAZEIRAS, C. C. de A. & OLIVEIRA, P. G. S. de. 2004. **Aspectos Hidrogeológicos e estado atual dos poços tubulares na faixa costeira de Caucaia, Ceará**. Relatório de Graduação. Departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará. Fortaleza - CE 112p.

CAVALCANTE, I. N. 1998. **Fundamentos Hidrogeológicos para a Gestão Integrada de Recursos Hídricos na Região Metropolitana de Fortaleza, Estado do Ceará**. Tese de Doutorado. Área de Hidrogeologia. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo/USP, São Paulo. 153p.

CUSTÓDIO, E. L; LLAMAS, M. R. – 1983. **Hidrologia Subterrânea**. 2º edição. Barcelona: Omega. Vol. 2.

FEITOSA, F.A.C. & MANOEL FILHO, J. (ORGS) – 2000 – **HIDROGEOLOGIA: Conceitos e Aplicações**. CPRM. 2ª Ed., 269p.

GOMES, M. da C. R. 2006. **Qualidade das Águas Subterrâneas e Superficiais no Campus Universitário do Pici (Fortaleza, Ceará)**. Relatório de Graduação. Departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará. Fortaleza - CE. 122p.

IBGE. Censo Demográfico 2000. **Diretoria de Pesquisas, Departamento de população e Indicadores Sociais**. Disponível em *www.Ibge.gov.br*, consultada em 20 de outubro de 2010.

IPLANCE, 2000. **Perfil Básico Municipal: Fortaleza**. Fortaleza – Ceará. Edições IPLANCE 159p.

KÖPPEN, W. – 1948. **Climatologia com um Estudo de los climas de la Tierra**. Version de Hendrichs, P.R. México, Fondo de Cultura Econômica, 478p.

LE MOS, E. C. L & MEDEIROS, F. W. 2006. **Águas Subterrâneas e as Doenças de Veiculação Hídrica. Área Piloto: Bairros Bom Jardim e Granja Portugal – Município de Fortaleza / CE**. Relatório de Graduação. Departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará. Fortaleza - CE. 96p.

LOGAN, J. – 1965 – **Interpretação de Análises Químicas da Água**. U.S. Agency for International Development. Tradução de Araknéa Martins de Lemos. Recife.

MAIA, J. T. V. 2008. **A Qualidade das Águas Subterrâneas, A Exclusão Sanitária e Seus Impactos na Saúde Pública no Bairro de Messejana, Fortaleza-CE**. Relatório de Graduação. Departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará. Fortaleza - CE. 93p.

MARINHO, A. M. C. 1998. **Contaminação de Aquíferos por instalação de cemitérios, estudo do caso do cemitério São João Batista, Fortaleza, Ceará**. Dissertação de Mestrado. Departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará. Fortaleza - CE. 88p.

MELO, V.Y.B. de. 2008. **Características hidrogeológicas e físico-químicas das águas subterrâneas dos bairros joaquim távora, dionísio torres e são joão do tauape Fortaleza – CE.** Relatório de Graduação. Departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza – CE, 76p.

MINISTÉRIO DA SAÚDE – 2004. Portaria 518/GM de 25/03/2004. **Dispõe sobre padrões de potabilidade das águas para consumo humano.** Diário Oficial da União, Brasília, 26 de Março de 2004. Seção I, Página 266/270. [www.saude.gov.br](http://www.saude.gov.br), acessado em Novembro, 2005.

MÖBÜS, G. – 2003. QUALIGRAF. **Programa Para Análise da Qualidade de Água.** FUNCEME. <http://www.funceme.br/DEHID/index.htm>. (Acessado em outubro de 2010)

MORAIS, J. B. A. de. 1984. **Projeto Fortaleza: Hidrogeologia e Controle Tecnológico nas Perfurações de Poços Tubulares no Município de Fortaleza.** Fortaleza/CE: DNPM/CPRM, 2 vol.

NETO, R.C. da. S. 2010. **Características físico-químicas das águas subterrâneas nos bairros aerolândia, engenheiro luciano cavalcante, jardim das oliveiras e cidade dos funcionários, Fortaleza - CE.** Relatório de Graduação. Departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza – CE, 69p.

PEDROSA TRMAM. 2004. **Caracterização de plumas contaminantes de hidrocarbonetos em postos de abastecimento em Fortaleza, usando o método eletromagnético Radar de Penetração do Solo (GPR).** Dissertação de Mestrado. Departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza – CE, 149 pp.

PEREIRA, S. 2008. **A qualidade das águas subterrâneas e as doenças de veiculação hídrica nos bairros da barra do ceará, cristo redentor e pirambu, Fortaleza – CE.** Relatório de Graduação. Departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza – CE, 95p.

QUESADO JUNIOR, N. & CAVALCANTE, I. N. 2000. **Hidrogeologia do município de Fortaleza-Ceará, Brasil.** *I Joint World Congress on Groundwater.* ALHSUD/ABAS. ANAIS. Fortaleza - CE. 210p.

QUESADO JUNIOR, N. 2001. **Contribuição da hidrogeologia à problemática das doenças de veiculação hídrica em Fortaleza, Ceará.** Dissertação de Mestrado. Departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará. Fortaleza - CE. 96p.

QUESADO JUNIOR, N. 2008. **Avaliação de Parâmetros Físicos e Hidrodinâmicos dos Aquíferos do Município de Fortaleza, Estado do Ceará.** Especialização em Gestão de Recursos Hídricos e de Infra-estrutura Hidráulica da Universidade Federal do Ceará. Fortaleza - CE. 70p.

RIBEIRO, J. A. P. 2001. **Características Hidrogeológicas e Hidroquímicas da faixa costeira leste da região metropolitana de Fortaleza – Ceará.** Dissertação de mestrado. Departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará. Fortaleza - CE. 122p.

SANTOS, A.C. – 2000 – **Noções de Hidroquímica.** In: FEITOSA, F.A.C. & MANOEL FILHO, J. **HIDROGEOLOGIA: Conceitos e Aplicações.** CPRM – REFO. Fortaleza-CE. Cap.5, p. 81-108, 2ªed.

TAJRA, A. A. 2001. **Aspectos Técnico-construtivos dos poços tubulares e a legislação Pertinente. Área Piloto de Fortaleza-Ceará.** Dissertação de Mestrado. Departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará. Fortaleza - CE. 109p.

VASCONCELOS, S. M. S. 1994. **Estimativa da Recarga Subterrânea a partir do Balanço Hídrico – Exemplo de Fortaleza, (CE).** Rev.Geologia. Fortaleza: Imprensa Universitária – UFC. 7. 27 - 34.

VASCONCELOS, S. M. S. 1999. **Recarga do Aquífero Dunas/Paleodunas, Fortaleza – CE.** Tese de Doutorado, IG/USP. São Paulo - SP. 100 p.**errâneas do Município de Fortaleza – CE.** Relatório de Graduação. Departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará. Fortaleza - CE 123p.

BIASOLI, W. M. 2000. **Água e Saúde**. Fortaleza - CE. Editora Livros Técnicos. 224p.

BRANDÃO, R. L. 1995. **Sistema de Informações para Gestão e Administração Territorial da Região Metropolitana de Fortaleza** - Projeto SINFOR: Diagnóstico Geoambiental e os Principais Problemas de Ocupação do Meio Físico da Região Metropolitana de Fortaleza. 1ª edição. Fortaleza/CE: SER/REFO/CPRM. Vol.1, 105p.

CAJAZEIRAS, C. C. de A. & OLIVEIRA, P. G. S. de. 2004. **Aspectos Hidrogeológicos e estado atual dos poços tubulares na faixa costeira de Caucaia, Ceará**. Relatório de Graduação. Departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará. Fortaleza - CE 112p.

CAVALCANTE, I. N. 1998. **Fundamentos Hidrogeológicos para a Gestão Integrada de Recursos Hídricos na Região Metropolitana de Fortaleza, Estado do Ceará**. Tese de Doutorado. Área de Hidrogeologia. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo/USP, São Paulo. 153p.

CUSTÓDIO, E. L.; LLAMAS, M. R. – 1983. **Hidrologia Subterrânea**. 2º edição. Barcelona: Omega. Vol. 2.

FEITOSA, F.A.C. & MANOEL FILHO, J. (ORGS) – 2000 – **HIDROGEOLOGIA: Conceitos e Aplicações**. CPRM. 2ª Ed., 269p.

GOMES, M. da C. R. 2006. **Qualidade das Águas Subterrâneas e Superficiais no Campus Universitário do Pici (Fortaleza, Ceará)**. Relatório de Graduação. Departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará. Fortaleza - CE. 122p.

IBGE. Censo Demográfico 2000. **Diretoria de Pesquisas, Departamento de população e Indicadores Sociais**. Disponível em [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br), consultada em 20 de outubro de 2010.

IPLANCE, 2000. **Perfil Básico Municipal: Fortaleza.** Fortaleza – Ceará. Edições IPLANCE 159p.

KÖPPEN, W. – 1948. **Climatologia com um Estudo de los climas de la Tierra.** Version de Hendrichs, P.R. México, Fondo de Cultura Económica, 478p.

LEMOS, E. C. L & MEDEIROS, F. W. 2006. **Águas Subterrâneas e as Doenças de Veiculação Hídrica. Área Piloto: Bairros Bom Jardim e Granja Portugal – Município de Fortaleza / CE.** Relatório de Graduação. Departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará. Fortaleza - CE. 96p.

LOGAN, J. – 1965 – **Interpretação de Análises Químicas da Água.** U.S. Agency for International Development. Tradução de Araknéa Martins de Lemos. Recife.

MAIA, J. T. V. 2008. **A Qualidade das Águas Subterrâneas, A Exclusão Sanitária e Seus Impactos na Saúde Pública no Bairro de Messejana, Fortaleza-CE.** Relatório de Graduação. Departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará. Fortaleza - CE. 93p.

MARINHO, A. M. C. 1998. **Contaminação de Aquíferos por instalação de cemitérios, estudo do caso do cemitério São João Batista, Fortaleza, Ceará.** Dissertação de Mestrado. Departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará. Fortaleza - CE. 88p.

MELO, V.Y.B. de. 2008. **Características hidrogeológicas e físico-químicas das águas subterrâneas dos bairros Joaquim Távora, Dionísio Torres e São João do Tauape Fortaleza – CE.** Relatório de Graduação. Departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza – CE, 76p.

MINISTÉRIO DA SAÚDE – 2004. Portaria 518/GM de 25/03/2004. **Dispõe sobre padrões de potabilidade das águas para consumo humano.** Diário Oficial da União, Brasília, 26 de Março de 2004. Seção I, Página 266/270. [www.saude.gov.br](http://www.saude.gov.br), acessado em Novembro, 2005.

MÖBÜS, G. – 2003. QUALIGRAF. **Programa Para Análise da Qualidade de Água.** FUNCEME. <http://www.funceme.br/DEHID/index.htm>. (Acessado em outubro de 2010)

MONMANEY, T. 1992. Atração pelo Ferro. **Revista Nova Ciência.** v.3 n.4 Agosto/setembro.

MORAIS, J. B. A. de. 1984. **Projeto Fortaleza: Hidrogeologia e Controle Tecnológico nas Perfurações de Poços Tubulares no Município de Fortaleza.** Fortaleza/CE: DNPM/CPRM, 2 vol.

NETO, R.C. da. S. 2010. **Características físico-químicas das águas subterrâneas nos bairros aerolândia, engenheiro luciano cavalcante, jardim das oliveiras e cidade dos funcionários, Fortaleza - CE.** Relatório de Graduação. Departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza – CE, 69p.

PEDROSA TRMAM. 2004. **Caracterização de plumas contaminantes de hidrocarbonetos em postos de abastecimento em Fortaleza, usando o método eletromagnético Radar de Penetração do Solo (GPR).** Dissertação de Mestrado. Departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza – CE, 149 pp.

PEREIRA, S. 2008. **A qualidade das águas subterrâneas e as doenças de veiculação hídrica nos bairros da barra do ceará, cristo redentor e pirambu, Fortaleza – CE.** Relatório de Graduação. Departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza – CE, 95p.

QUESADO JUNIOR, N. & CAVALCANTE, I. N. 2000. **Hidrogeologia do município de Fortaleza-Ceará, Brasil.** *I Joint World Congress on Groundwater.* ALHSUD/ABAS. ANAIS. Fortaleza - CE. 210p.



QUESADO JUNIOR, N. 2001. **Contribuição da hidrogeologia à problemática das doenças de veiculação hídrica em Fortaleza, Ceará.** Dissertação de Mestrado. Departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará. Fortaleza - CE. 96p.

QUESADO JUNIOR, N. 2008. **Avaliação de Parâmetros Físicos e Hidrodinâmicos dos Aquíferos do Município de Fortaleza, Estado do Ceará.** Especialização em Gestão de Recursos Hídricos e de Infra-estrutura Hidráulica da Universidade Federal do Ceará. Fortaleza - CE. 70p.

RIBEIRO, J. A. P. 2001. **Características Hidrogeológicas e Hidroquímicas da faixa costeira leste da região metropolitana de Fortaleza – Ceará.** Dissertação de mestrado. Departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará. Fortaleza - CE. 122p.

SANTOS, A.C. – 2000 – **Noções de Hidroquímica.** In: FEITOSA, F.A.C. & MANOEL FILHO, J. **HIDROGEOLOGIA: Conceitos e Aplicações.** CPRM – REFO. Fortaleza-CE. Cap.5, p. 81-108, 2ªed.

TAJRA, A. A. 2001. **Aspectos Técnico-construtivos dos poços tubulares e a legislação Pertinente. Área Piloto de Fortaleza-Ceará.** Dissertação de Mestrado. Departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará. Fortaleza - CE. 109p.

VASCONCELOS, S. M. S. 1994. **Estimativa da Recarga Subterrânea a partir do Balanço Hídrico – Exemplo de Fortaleza, (CE).** Rev.Geologia. Fortaleza: Imprensa Universitária – UFC. 7. 27 - 34.

VASCONCELOS, S. M. S. 1999. **Recarga do Aquífero Dunas/Paleodunas, Fortaleza – CE.** Tese de Doutorado, IG/USP. São Paulo - SP. 100 p.

**APÊNDICE I – MAPA DOS SISTEMAS HIDROGEOLÓGICOS  
E DE POÇOS AMOSTRADOS**

Lemos, E.C.L. – 2010. Qualidade das Águas Subterrâneas do município de Fortaleza-CE.

**APÊNDICE II – FICHAS COM DADOS DOS POÇOS  
CADASTRADOS**

## Lemos, E.C.L. – 2010. Qualidade das Águas Subterrâneas do município de Fortaleza-CE.

Ordem	Longitude	Latitude	Tipo	Localidade	Endereço	Proprietário	DOM.HIDROGEO	PROF	N.E	Uso
P - 01	552442	9578118	PT	Jangurussu	Barroso II - Rua N - Praça	Governo	SEDIMENTAR	42	9,5	Doméstico
P - 02	552830	9578016	PT	Jangurussu	Rua Crisanto Arruda	Motel Castelinho	SEDIMENTAR		4,5	Doméstico
P - 03	551755	9577431	PT	Jangurussu	Rua Marinho e Silva, 55	FORTMIX	SEDIMENTAR	59	11,7	Industrial
P - 04	551997	9576964	PT	Jangurussu	Av Perimetral,	Francisco Ferreira	SEDIMENTAR	70	14	Doméstico
P - 05	552160	9577056	PT	Jangurussu	Estrada do Itaperi, 2001	Usina de Incineração	SEDIMENTAR	60	5	Doméstico
P - 06	552937	9577968	PM	Jangurussu	Rua Amâncio Pereira,1061	Francisco Alexandre Neto	SEDIMENTAR	20	1,36	Doméstico
P - 07	552976	9577674	PM	Jangurussu	Rua Teo Anjo, 161/155	Maria Regina	SEDIMENTAR	1,2	0,5	Doméstico
P - 08	552280	9577351	PM	Jangurussu	Rua Estrada do Itaperi, CTRS	CTRS	SEDIMENTAR	15,5	2,5	Irrigação
P - 09	552137	9577326	PM	Jangurussu	Rua estrada do Itaperi 501	Welson da Silva	SEDIMENTAR	7,5	3,54	Doméstico
P - 10	552639	9576885	PM	Jangurussu	Rua Maria Elisangela	Francisca	SEDIMENTAR	4	1,57	Doméstico
P - 11	553659	9576955	PM	Jangurussu	Rua I, 44	Lucia	SEDIMENTAR	3	1,13	Doméstico
P - 12	544601	9582472	PM	Granja Portugal	R- Taquari 1941	Francisco de Assis Nunes	SEDIMENTAR	8,90	0,50	Doméstico
P - 13	544140	9582680	PM	Granja Portugal	R- Taquari 2435	Mªde Fátima Martins dos Anjos	SEDIMENTAR	14,00	5,00	Doméstico
P - 14	544322	9581820	PM	Granja Portugal	R- José Abílio 1017	Maria Cruz da Silva (nenem)	SEDIMENTAR	13,00	0,0	Doméstico
P - 15	544354	9581332	PM	Bom Jardim	R- João XXII 1070	Raimunda Ferreira da Silva	SEDIMENTAR	8,00	0,8	Doméstico
P - 16	544217	9581200	PM	Bom Jardim	R- José Martins 1093	Francisco Víctor dos Santos	SEDIMENTAR	14,50	2,8	Doméstico
P - 17	543361	9581254	PM	Bom Jardim	R- Oscar França 2124	Cícero Jovina da Paz	SEDIMENTAR	3,00	0,6	Doméstico
P - 18	544435	9580318	PM	Bom Jardim	R- Martins de Carvalho 535	Vila Residencial	SEDIMENTAR	6,00	1,6	Doméstico
P - 19	543313	9580476	PM	Bom Jardim	R- Descarte Braga 171	Maria Rita de Castro	SEDIMENTAR	4,00	0,5	Doméstico
P - 20	544098	9579624	PM	Bom Jardim	R- Senhor do Bonfim 923	Maria Ilda Roque de Paula	SEDIMENTAR	6,00	0,0	Doméstico
P - 21	547403	9585945	PT	Campus do Pici	Geologia	Prefeitura do Campus/UFC	SEDIMENTAR	46	4	Sem Uso
P - 22	547460	9586140	PT	Campus do Pici	RU	Prefeitura do Campus/UFC	SEDIMENTAR	50	4,4	Consumo e Irrigação
P - 23	547155	9585996	PT	Campus do Pici	NPD	Prefeitura do Campus/UFC	SEDIMENTAR	50	6,97	Consumo e Irrigação
P - 24	546986	9585975	PT	Campus do Pici	LPN (Química)	Prefeitura do Campus/UFC	SEDIMENTAR	50	10,02	Irrigação
P - 25	547142	9586110	PT	Campus do Pici	Centro de Tecnologia	Prefeitura do Campus/UFC	SEDIMENTAR	30	6,53	Irrigação
P - 26	546384	9586140	PT	Campus do Pici	CTA	Prefeitura do Campus/UFC	SEDIMENTAR	54	9,73	Não tem
P - 27	546361	9585986	PT	Campus do Pici	Meteorologia	Prefeitura do Campus/UFC	SEDIMENTAR	50	15,09	Consumo e Irrigação
P - 28	546510	9586048	PT	Campus do Pici	Hidráulica e Irrigação	Prefeitura do Campus/UFC	SEDIMENTAR	46	12,66	Irrigação
P - 29	547280	9586590	PT	Campus do Pici	Engenharia de Pesca	Prefeitura do Campus/UFC	SEDIMENTAR		3,39	Sem Uso
P - 30	547099	9586640	PT	Campus do Pici	Setor de Horticultura	Prefeitura do Campus/UFC	SEDIMENTAR		3,76	Sem Uso
P - 31	546924	9586498	PT	Campus do Pici	Fitotecnia	Prefeitura do Campus/UFC	SEDIMENTAR		5,18	Irrigação
P - 32	546800	9586280	PT	Campus do Pici	Avicultura	Prefeitura do Campus/UFC	SEDIMENTAR		7,91	Sem Uso
P - 33	547029	9586316	PT	Campus do Pici	Setor de Forragicultura	Prefeitura do Campus/UFC	SEDIMENTAR	50	3,95	Sem Uso

Ordem	Longitude	Latitude	Tipo	Localidade	Endereço	Proprietário	DOM.HIDROGEO	PROF	N.E	Uso
P - 34	547636	9586924	PT	Campus do Pici	PRPPG	Prefeitura do Campus/UFC	SEDIMENTAR	50	8,62	Irrigação
P - 35	547510	9585180	PT	Campus do Pici	Centro Esportivo	Prefeitura do Campus/UFC	SEDIMENTAR	50	5,85	Recreação
P - 36	546945	9585658	PT	Campus do Pici	NUTEC	NUTEC	SEDIMENTAR	84	13,63	Consumo e Irrigação
P - 37	547472	9585838	PT	Campus do Pici	PADETEC	PADETEC	SEDIMENTAR	35	2,9	Consumo e Irrigação
P - 38	546993	9585446	PT	Campus do Pici	EMBRAPA	EMBRAPA	SEDIMENTAR	90	15	Consumo e Irrigação
P - 39	546979	9585340	PT	Campus do Pici	EMBRAPA	EMBRAPA	SEDIMENTAR	63	15,5	Irrigação
P - 40	547109	9585294	PT	Campus do Pici	EMBRAPA	EMBRAPA	SEDIMENTAR	104	12	Consumo e Irrigação
P - 41	548260	9590184	PT	Cristo Redentor	RUA. DO CÉU, 140	JOSÉ ALVES	SEDIMENTAR			Consumo
P - 42	548159	9590507	PT	Cristo Redentor	R. MONS. HÉLIO CAMPOS	ABC	SEDIMENTAR			Consumo
P - 43	549626	9590033	PM	Pirambu	RUA. SANTA ELISA, 111	MARIA CLEIDE	SEDIMENTAR	3	2,3	Consumo
P - 44	550033	9589636	PM	Pirambu	RUA. DOM QUINTINO, 377	MARLENE SOUZA SILVA	SEDIMENTAR	12		Consumo
P - 45	550020	9589683	PM	Pirambu	RUA. MARCÍLIO DIAS, 403	NEUCÍLIA ROCHA	SEDIMENTAR	12		Consumo
P - 46	550080	9589718	PM	Pirambu	RUA. N. SENHORA DAS GRAC	ANTÔNIO PAULINO DA SILVA	SEDIMENTAR	14		Consumo
P - 47	549615	9590012	PM	Pirambu	RUA SÃO RAIMUNDO, 202	MARIA MOREIRA PINHO	SEDIMENTAR	4	3,5	Consumo
P - 48	550104	9589625	PM	Pirambu	TRAVESSA DEUSIMAR, 270	NADIR MAGALHÃES DA SILVA	SEDIMENTAR	12		Consumo
P - 49	547395	9589573	PT	Barra do Ceará	AV. FRANCISCO SÁ, 5445	HOSPITAL FERNANDES TÁVORA	SEDIMENTAR	56		Consumo
P - 50	547381	9589574	PT	Barra do Ceará	AV. FRANCISCO SÁ, 5445	HOSPITAL FERNANDES TÁVORA	SEDIMENTAR	56		Consumo
P - 51	546910	9590512	PT	Barra do Ceará	AV. PRES. CASTELO BRANCO	ALBERTINA	SEDIMENTAR			Consumo
P - 52	546822	9590561	PT	Barra do Ceará	AV. PRES. CASTELO BRANCO	ESCOLA ESTADO DE ALAGOAS	SEDIMENTAR	35		Consumo
P - 53	546935	9590309	PM	Barra do Ceará	RUA ESTEVÃO DE CAMPOS, 2	MARIA NILCE	SEDIMENTAR	15		Consumo
P - 54	547303	9589933	PM	Barra do Ceará	RUA GRAÇA ARANHA, 556	TEREZINHA FELIX	SEDIMENTAR	8		Consumo
P - 55	548514	9590119	PM	Cristo Redentor	AV. DR. THEBERGE, 448	COLÉGIO ESTADUAL SEBASTIÃO ALDIGUERI	SEDIMENTAR	30		Consumo
P - 56	548504	9590095	PM	Cristo Redentor	AV. PASTEUR, 372	COLÉGIO ESTADUAL CRISTO REDENTOR	SEDIMENTAR	20		Consumo
P - 57	556633	9577629	PM	Messejana	RUA INDEPENDÊNCIA S/N	CRECHE COMUNITÁRIA SÃO BERNARDO	SEDIMENTAR		7,4	Consumo
P - 58	557219	9576427	PM	Messejana	RUA PERGENTINO MAIA, 130	ACÁSSIA	SEDIMENTAR	12	2,5	Consumo
P - 59	556570	9575922	PM	Messejana	RUA ALEUDA, 390	DONA MARIA	SEDIMENTAR	13	3,5	Consumo
P - 60	556844	9576907	PM	Messejana	RUA CAMPANEMA, 319	DONA VALDIÂNIA	SEDIMENTAR	20	3,2	Consumo
P - 61	555896	9578405	PT	Messejana	RUA ALMEIDA REGO, 77	CHAFARIZ	SEDIMENTAR			Consumo
P - 62	556746	9576426	PT	Messejana	MAL. CASTELO BRANCO	ESTÁDIO ESPORTIVO WALTER LACERDA	SEDIMENTAR	60		Consumo
P - 63	556452	9577277	PT	Messejana	RUA TENENTE NILTON, 217	CHAFARIZ	SEDIMENTAR	60		Consumo
P - 64	557267	9576862	PT	Messejana	RUA BRAZ VIDAL, 632	JOSÉ TAVARES	SEDIMENTAR	20		Consumo
P - 65	555994	9577393	PT	Messejana	AV. FREI CIRILO, 4454	GEMINDRO SERÁFICO N.S. BRASIL	SEDIMENTAR	20		Consumo
P - 66	557514	9577561	PT	Messejana	AV. WASHINGTON SOARES, 7	HOSPITAL DISTRITAL GONZAGA MOTA	SEDIMENTAR	60		Consumo

Ordem	Longitude	Latitude	Tipo	Localidade	Endereço	Proprietário	DOM.HIDROGEO	PROF	N.E	Uso
P - 67	557518	9577394	PT	Messejana	AV. WASHINGTON SOARES S	LICEU DE MESSEJANA	SEDIMENTAR	20		Consumo
P - 68	555606	9576249	PM	Messejana	RUA ÂNGELICA GURGEL, 200	MALENE MIRANDA	SEDIMENTAR			Consumo
P - 69	556320	9576138	PT	Messejana	RUA PADRE PEDRO ALENCA	ASSOC. BENEFIC. DAS FILHAS DE SANTANA	SEDIMENTAR	60	6,3	Consumo
P - 70	555346	9577385	PT	Messejana	RUA LOPES TROVÃO	CHAFARIZ	SEDIMENTAR			Consumo
P - 71	555847	9583460	PT	Luciano Cavalcante	AV. ROGACIANO LEITE, 2001	APAE	SEDIMENTAR	50	2,5	Consumo
P - 72	555846	9583520	PT	Luciano Cavalcante	AV. ROGACIANO LEITE, 320	PROGRESSO AUTOMÓVEIS	SEDIMENTAR	72		Consumo
P - 73	557143	9582714	PM	Luciano Cavalcante	RUA LUIZA MIRANDA COELHO	FIBRAC	SEDIMENTAR	20		Doméstico
P - 74	556348	9583187	PM	Luciano Cavalcante	RUA. DORALICE COSTA,369	FRANCISCO RENATO TORRES	SEDIMENTAR	15		Doméstico
P - 75	556779	9581915	PT	Luciano Cavalcante	AV. FILOMENO GOMES,750	ARTUR (TOQUE DE BOLA1)	SEDIMENTAR	60		Diversos
P - 76	556766	9582151	PT	Luciano Cavalcante	RUA. CORONEL FRANCISCO	ARTUR (TOQUE DE BOLA3)	SEDIMENTAR	60		Diversos
P - 77	555825	9581271	PT	Jardim das Oliveiras	RUA. LEA POMPEU, 656	ZACARIAS J. MELO	SEDIMENTAR	60	6,3	Doméstico
P - 78	555683	9582056	PT	Jardim das Oliveiras	AV. DES. FAUSTINO ALBUQUE	ADAUTO GONDIM JÚNIOR	SEDIMENTAR	60	0,5	Consumo
P - 79	555711	9581743	PT	Jardim das Oliveiras	RUA. STÊNIO GOMES	CHAFARIZ PÚBLICO	SEDIMENTAR	45		Consumo
P - 80	555069	9581383	PM	Cidade dos Funcionários	AV. JOSÉ LEON, 893	ANTÔNIO	SEDIMENTAR	10	4,8	Consumo
P - 81	555248	9580407	PT	Cidade dos Funcionários	RUA. TEOF. GOIANIA, 369	JOSÉ MARDONIO S. VIEIRA	SEDIMENTAR	35	4	Consumo
P - 82	553564	9582830	PT	Aerolândia	BR 116, Nº 6000	MARCOSA	SEDIMENTAR	40	0,3	Doméstico
P - 83	553575	9582844	PT	Aerolândia	BR 116, Nº 6001	MARCOSA	SEDIMENTAR	50	0,5	Doméstico
P - 84	553719	9582584	PT	Aerolândia	BR 116, Nº 6300	POSTO SÃO CRISTÓVÃO	SEDIMENTAR	40		Industrial
P - 85	555060	9585560	PT	Dionísio Torres	R. JOAQUIM SA 879		SEDIMENTAR	42	7	Doméstico
P - 86	553280	9585040	PT	São João do Tauape	BR 116 3840		SEDIMENTAR	50	8,5	Doméstico
P - 87	554380	9585600	PT	Joaquim Távora		COLEGIO J. ALBANO	SEDIMENTAR	70	15,9	Doméstico
P - 88	553940	9585880	PT	Joaquim Távora	RUA. MONSENHOR BRUNO 2710		SEDIMENTAR	50	10	Doméstico
P - 89	553720	9586120	PT	Joaquim Távora	RUA. PINHO PESSOA 681		SEDIMENTAR	38	1,7	Doméstico
P - 90	554970	9585780	PT	Dionísio Torres	RUA. CORONEL ALVES TEIXEIRA 1777		SEDIMENTAR	42	8,5	Doméstico
P - 91	555350	9585800	PT	Dionísio Torres	AV. BARAO DE STURDAT		SEDIMENTAR	60	24,5	Doméstico
P - 92	555440	9585500		Dionísio Torres	RUA. FRANCISCO HOLANDA/L. MOTA		SEDIMENTAR	50	8,7	Doméstico
P - 93	554340	9585130		São João do Tauape	RUA. JOSE VILAR 3344		SEDIMENTAR	42	11	Doméstico
P - 94	553760	9584940		São João do Tauape	RUA. FISCAL VIEIRA 3800		SEDIMENTAR	43	3	Doméstico
P - 95	554620	9585640		Dionísio Torres	RUA. MARCONDES PEREIRA 1025		SEDIMENTAR	4,85	5,8	Doméstico
P - 96	553920	9586200		Joaquim Távora	RUA. CARLOS VASCONCELOS 2500		SEDIMENTAR	50	8	Doméstico
P - 97	553180	9586580		Joaquim Távora	RUA. NOGUEIRA ACCIOLY		SEDIMENTAR	60	14,5	Doméstico
P - 98	553240	9585640		Joaquim Távora	RUA. PADRE ANTONINO 952		SEDIMENTAR	45		Doméstico
P - 99	555320	9585320		Dionísio Torres	AV. PONTES VIEIRA 2340		SEDIMENTAR	51	9,8	Doméstico

**APÊNDICE III – FICHA COM DADOS DAS ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS**



## Lemos, E.C.L. – 2010. Qualidade das Águas Subterrâneas do município de Fortaleza-CE.

Especificação da Amostra	Latitude	Longitude	pH (a 25°C)	CE (µS/cm)	Bicarbonato (mg/L HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	Cloreto (mg/L Cl <sup>-</sup> )	Sulfato (mg/L SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> )	Sódio (mg/L Na <sup>+</sup> )	Potássio (mg/L K <sup>+</sup> )	Cálcio (mg/L Ca <sup>+</sup> )	Magnésio (mg/L Mg <sup>+</sup> )	Ferro Total (mg/L Fe)	Dureza Total (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	Nitrogênio Amoniacoal (mg/L N-NH <sub>4</sub> )	Nitrato (mg/L N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	STD (mg/L)
P - 01	552442	9578118	6,67	973	68	248	21,78	160,4	11,2	10,2	20,2	0,04	110	0,08	14,25	506
P - 02	552830	9578016	7,33	662	98	127	10	133,2	5,6	4,7	1,1	0,1	16,5	0,4	9,5	344
P - 03	551755	9577431	6,67	1180	116	312,7	6,0	209,5	11,2	12,5	18,7	0,1	109,8	0,5	1,5	614
P - 04	551997	9576964	6,72	1611	66	515	5,05	190	14,5	38,4	53,3	0,05	320	0,07	1,88	838
P - 05	552160	9577056	8,1	693	114	133	17,74	100,8	18,9	17,3	13,4	0,02	100	0,08	4,14	360
P - 06	552937	9577968	6,5	669	69	171	7,0	91,6	5,1	22	16,2	0,1	123,5	0,5	1,0	348
P - 07	552976	9577674	4,96	861	9,0	231	4,0	98,5	4,6	13,3	27,6	0,1	149	0,9	23	448
P - 08	552280	9577351	7,16	644	140	117	34,42	56,8	9,3	32,9	27,4	0,03	198	0,05	1,58	335
P - 09	552137	9577326	6,17	532	48	120	5,83	47,1	8,8	20	12,48	0,19	102	0,65	6,05	276,6
P - 10	552639	9576885	7,11	547	47	113	21,29	47,9	2,1	29,8	18	0,03	151	0,05	7,13	284
P - 11	553659	9576955	7,45	1038	169	210	76,09	142	12,5	49,4	29	0,02	247	0,06	8,46	540
P - 12	544601	9582472	8,13	917	325,3	131,8	42,2	105,1	21,6	35,2	50,9	ND	300	0,05	2,8	732,3
P - 13	544140	9582680	6,21	623	99	104	21	68	11	32	14,4	ND	140	0,05	20,1	367,4
P - 14	544322	9581820	6,72	571	135,5	127,5	19,2	81	13,7	27,2	19,2	ND	148	0,05	0,8	432,4
P - 15	544354	9581332	5,97	501	51,8	109	38,1	62,7	9,3	17,6	15,4	ND	108	0,03	2,8	315,4
P - 16	544217	9581200	6,44	967	197	172,7	43,4	118,4	23,9	46,4	29,8	0,5	240	1,68	25	659,3
P - 17	543361	9581254	7,16	858	276	143,9	25	132,6	6,4	33,6	25	ND	188	0,12	3,2	675,5
P - 18	544435	9580318	6,13	659	74	129,5	35,1	92,7	20,8	16	16,3	ND	108	1,19	13,4	394
P - 19	543313	9580476	7,18	1472	416,5	285,8	46,3	230,4	8,1	48	42,2	0,7	296	1,08	4,5	1108,5
P - 20	544098	9579624	7,96	2050	532,3	456,5	22,4	400	9,3	37	27,84	0,3	208	0,6	3,2	1508,3
P - 21	547403	9585945	6,8	247	50,4	54,12	0,61	39,79	3,45	3,1	3,3	0,17	21,34	4,47	ND	159,4
P - 22	547460	9586140	5,6	298	14,82	56,05	16,19	44,73	5,14	1,55	6,13	0,01	29,1	0,64	0,62	175
P - 23	547155	9585996	4,5	249	5,93	60,88	1,85	37,38	3,45	ND	5,19	0,15	21,34	0,98	1,04	127
P - 24	546986	9585975	5,2	268	5,93	28,99	10,3	22,46	5,14	1,55	4,24	0,11	21,34	0,57	2,09	134
P - 25	547142	9586110	4,86	202	10	46	1,0	22	2,0	1,0	4,0	0,2	20	0,06	3,0	99
P - 26	546384	9586140	6,92	508	103,76	101,47	14,95	74,06	8,44	6,21	10,84	ND	60,14	5,16	1,88	333,3
P - 27	546361	9585986	7,81	239	290,53	119,83	27	164,34	11,64	6,98	14,14	0,17	75,66	1,12	1,56	623
P - 28	546510	9586048	7,83	244	305,35	180,71	21,49	176,92	13,83	4,66	16,03	0,05	77,6	1,51	0,21	682

Especificação da Amostra	Latitude	Longitude	pH (a 25°C)	CE (µS/cm)	Bicarbonato (mg/L HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	Cloreto (mg/L Cl <sup>-</sup> )	Sulfato (mg/L SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> )	Sódio (mg/L Na <sup>+</sup> )	Potássio (mg/L K <sup>+</sup> )	Cálcio (mg/L Ca <sup>+</sup> )	Magnésio (mg/L Mg <sup>+</sup> )	Ferro Total (mg/L Fe)	Dureza Total (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	Nitrogênio Amoniacoal (mg/L N-NH <sub>4</sub> )	Nitrato (mg/L N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	STD (mg/L)
P - 29	547280	9586590	5,3	453	17,79	115	8,24	60,61	5,14	4,66	10,37	0,82	54,32	1,25	1,88	232,3
P - 30	547099	9586640	6,14	523	53,36	107,27	24,58	76,06	6,8	6,98	10,37	3,04	60,14	2,76	5,43	262
P - 31	546924	9586498	6,68	211	406,26	221,78	15,29	207,06	14,75	17,25	35,24	0,8	188,16	0,57	0,1	106
P - 32	546800	9586280	6,29	201	31,13	47,35	8,95	35,02	4,13	3,88	6,13	6,93	34,92	2,54	1,67	101
P - 33	547029	9586316	7,52	280	84,49	115	6,64	61,54	7,79	13,97	16,03	ND	100,88	1,76	0,21	140
P - 34	547636	9586924	6,9	616	74,12	145,92	7,84	74,06	6,8	13,19	19,33	0,86	112,52	0,98	ND	343,1
P - 35	547510	9585180	5,1	171	11,86	36,72	2,03	33,47	1,74	3,1	6,13	0,02	32,98	5,1	0,0	101
P - 36	546945	9585658	4,9	438	5,93	44,45	10,95	32,7	3,45	0,78	4,24	0,16	19,4	1,05	1,25	219
P - 37	547472	9585838	4,6	686	11,86	115,96	0,43	70,12	8,44	1,94	18,15	0,07	79,54	0,85	7,87	343
P - 38	546993	9585446	6,63	711	101	166	8,0	100	3,0	8,0	22	0,2	116	<LD	2,0	417
P - 39	546979	9585340	6,17	404	30	98	1,0	65	2,0	6,0	8,0	0,2	48	0,04	5,0	232
P - 40	547109	9585294	4,77	177	7,0	30	14	9,0	1,0	2,0	6,0	0,2	32	<LD	4,0	88
P - 41	548260	9590184	7,86	716	113	103	58	39	19	56	23	4,0	<LD	0,26	0,3	423
P - 42	548159	9590507	7,33	786	79	209	13	67	10	19	31	12	<LD	ND	1,0	429
P - 43	549626	9590033	6,85	986	163	186	77	83	25	67	33	11	0,1	0,02	0,4	658
P - 44	550033	9589636	6,63	846	138	135	80	67	22	42	25	8,0	<LD	0,02	0,3	528
P - 45	550020	9589683	6,89	947	146	131	64	70	22	45	41	8,0	<LD	0,02	0,3	542
P - 46	550080	9589718	7,09	938	163	114	93	86	27	26	40	7,0	<LD	0,02	0,3	571
P - 47	549615	9590012	7,89	1026	173	169	75	94	29	59	29	13	<LD	0,04	0,4	652
P - 48	550104	9589625	7,02	1032	141	141	86	89	29	54	37	6,0	<LD	ND	0,4	607
P - 49	547395	9589573	7,93	947	69	226	37	111	16	22	13	12	0,07	<LD	0,4	510
P - 50	547381	9589574	8,04	432	89	36	67	75	7,0	2,0	5,0	36	ND	<LD	1,0	282
P - 51	546910	9590512	6,33	746	49	120	46	78	16	24	20	8,0	0,7	<LD	0,5	380
P - 52	546822	9590561	6,6	604	48	68	79	57	12	22	20	8,0	ND	0,28	0,3	306
P - 53	546935	9590309	5,76	422	25	74	32	50	9,0	13	13	9,0	ND	0,03	0,3	233
P - 54	547303	9589933	6,71	436	64	57	64	41	14	22	12	8,0	0,06	<LD	0,3	290
P - 55	548514	9590119	7,53	760	59	196	17	81	9,0	24	28	10	ND	<LD	1,0	450
P - 56	548504	9590095	7,58	586	108	82	52	58	14	40	13	4,0	0,08	0,02	0,4	423

Especificação da Amostra	Latitude	Longitude	pH (a 25°C)	CE (µS/cm)	Bicarbonato (mg/L HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	Cloreto (mg/L Cl <sup>-</sup> )	Sulfato (mg/L SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> )	Sódio (mg/L Na <sup>+</sup> )	Potássio (mg/L K <sup>+</sup> )	Cálcio (mg/L Ca <sup>+</sup> )	Magnésio (mg/L Mg <sup>+</sup> )	Ferro Total (mg/L Fe)	Dureza Total (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	Nitrogênio Amoniacal (mg/L N-NH <sub>4</sub> )	Nitrato (mg/L N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	STD (mg/L)
P - 57	556633	9577629	6,2	564	39	121	22	52	10	16	18	ND	116	ND	15	292
P - 58	557219	9576427	5,6	727	74	132	9,0	73	4,0	18	21	ND	132	ND	22	353
P - 59	556570	9575922	6,5	428	79	50	1,0	32	10	19	16	ND	116	ND	17	223
P - 60	556844	9576907	6,1	776	64	140	39	73	15	24	25	ND	164	1,6	14	394
P - 61	555896	9578405	5,6	776	82	149	65	72	9,0	24	36	ND	208	ND	10	447
P - 62	556746	9576426	7,9	585	118	144	25	67	10	21	21	ND	140	ND	0,2	405
P - 63	556452	9577277	7,5	319	104	56	3,0	36	9,0	10	10	0,2	64	0,3	3,0	228
P - 64	557267	9576862	4,7	345	20	65	1,0	37	9,0	2,0	11	ND	48	ND	8,0	152
P - 65	555994	9577393	5,8	359	30	82	15	34	4,0	8,0	14	ND	80	ND	9,0	196
P - 66	557514	9577561	5,5	354	30	84	15	45	7,0	3,0	14	ND	68	ND	7,0	205
P - 67	557518	9577394	7,3	679	89	193	17	81	7,0	22	27	ND	168	ND	1,0	436
P - 68	555606	9576249	5,4	586	25	145	10	78	7,0	11	18	ND	104	ND	12	306
P - 69	556320	9576138	5,3	571	25	124	31	57	10	13	24	ND	132	ND	22	305
P - 70	555346	9577385	5,8	321	25	88	5,0	36	4,0	8,0	12	ND	68	ND	2,0	179
P - 71	555847	9583460	6,03	606	35	122	22	69	7,0	16	17	0,5	112	0,01	15	348
P - 72	555846	9583520	5,60	180	17	25	28	11	3,0	10	11	0,2	68	0,01	4,0	122
P - 73	557143	9582714	6,41	432	84	50	33	28	8,0	24	17	0,6	132	ND	22	335
P - 74	556348	9583187	6,13	259	30	46	31	26	7,0	8,0	4,0	0,2	36	0,15	3,0	164
P - 75	556779	9581915	6,92	316	25	66	20	31	3,0	8,0	7,0	0,1	48	0,03	4,0	177
P - 76	556766	9582151	6,62	187	39	18	29	26	2,0	3,0	3,0	0,1	20	0,02	2,0	128
P - 77	555825	9581271	6,80	672	39	120	22	69	9,0	11	16	0,2	96	0,02	26	391
P - 78	555683	9582056	7,38	449	84	58	34	65	6,0	11	8	0,9	60	ND	7,0	294
P - 79	555711	9581743	6,84	558	81	96	29	69	7,0	13	16	1,0	100	ND	15	371
P - 80	555069	9581383	6,20	948	20	198	23	86	11	22	29	0,1	176	2,20	45	571
P - 81	555248	9580407	6,95	786	168	156	30	72	8,0	40	29	0,2	220	ND	4,0	519
P - 82	553564	9582830	6,12	288	20	72	7,0	30	3,0	11	8,0	0,9	60	ND	1,0	155
P - 83	553575	9582844	6,05	298	35	72	7,0	29	3,0	10	10	0,2	64	ND	1,0	168
P - 84	553719	9582584	5,95	743	44	149	40	69	11	22	31	0,1	184	ND	31	487

Especificação da Amostra	Latitude	Longitude	pH (a 25°C)	CE (µS/cm)	Bicarbonato (mg/L HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	Cloreto (mg/L Cl <sup>-</sup> )	Sulfato (mg/L SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> )	Sódio (mg/L Na <sup>+</sup> )	Potássio (mg/L K <sup>+</sup> )	Cálcio (mg/L Ca <sup>+</sup> )	Magnésio (mg/L Mg <sup>+</sup> )	Ferro Total (mg/L Fe)	Dureza Total (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	Nitrogénio Amoniacal (mg/L N-NH <sub>4</sub> )	Nitrato (mg/L N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	STD (mg/L)
P - 85	555060	9585560	5,81	893	69	204	48	99	23	35	31	0,3	216	0,07	46	556
P - 86	553280	9585040	5,69	857	54	236	55	117	22	22	27	0,8	168	0,03	30	565
P - 87	554380	9585600	5,97	698	59	177	61	78	18	24	29	0,1	180	0,11	18	464
P - 88	553940	9585880	5,5	687	35	169	56	87	16	18	26	0,3	152	0,03	29	436
P - 89	553720	9586120	6,4	599	59	183	39	76	12	24	21	0,6	148	0,03	4,0	420
P - 90	554970	9585780	4,7	556	15	155	46	73	11	11	19	0,1	108	0,02	16	347
P - 91	555350	9585800	5,45	538	20	152	54	70	10	16	18	0,2	116	0,04	2,0	342
P - 92	555440	9585500	7,62	1348	89	385	49	127	13	75	56	0,2	420	0,03	7,0	802
P - 93	554340	9585130	4,71	726	19	169	62	91	25	13	29	0,5	152	0,06	29	430
P - 94	553760	9584940	6,14	806	84	205	56	98	19	27	30	0,2	192	0,02	18	538
P - 95	554620	9585640	5,17	447	15	135	43	64	11	6,0	16	0,4	84	0,04	3,0	295
P - 96	553920	9586200	5,94	251	39	47	9,0	35	8,0	2,0	4,0	6,04	22	0,15	3,0	147
P - 97	553180	9586580	4,53	841	12	195	30	94	11	16	30	0,06	164	0,06	17	405
P - 98	553240	9585640	5,83	486	20	159	33	59	18	8	16	<LD	88	0,1	12	326
P - 99	555320	9585320	5,07	566	20	179	56	68	19	11	22	0,1	120	<LD	4,0	380

<LD = menor que o limite de detecção

ND = não detectado



Teores em miligrama por litro

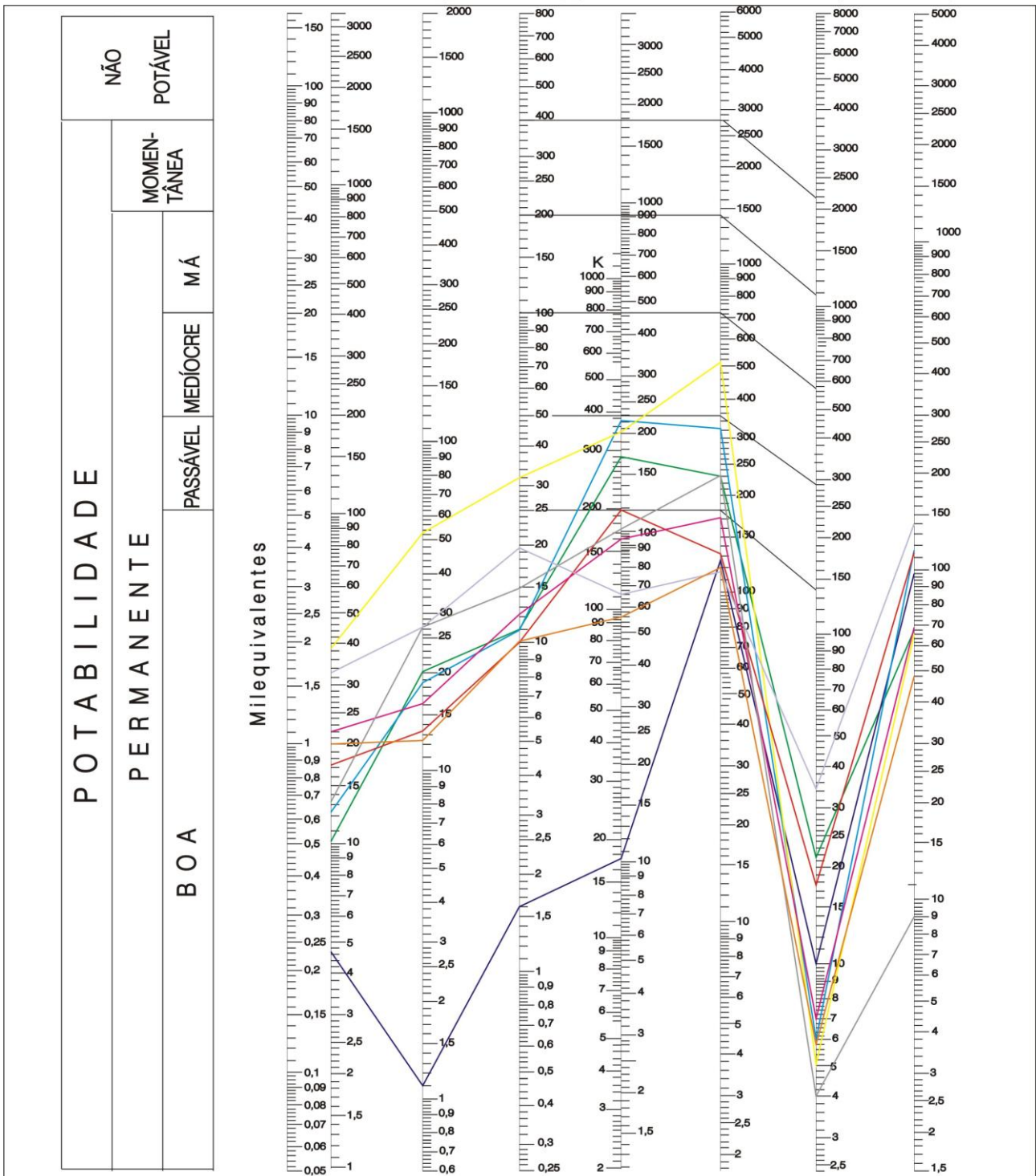


Diagrama de Schöeller & Berkaloff

Teores em miligrama por litro

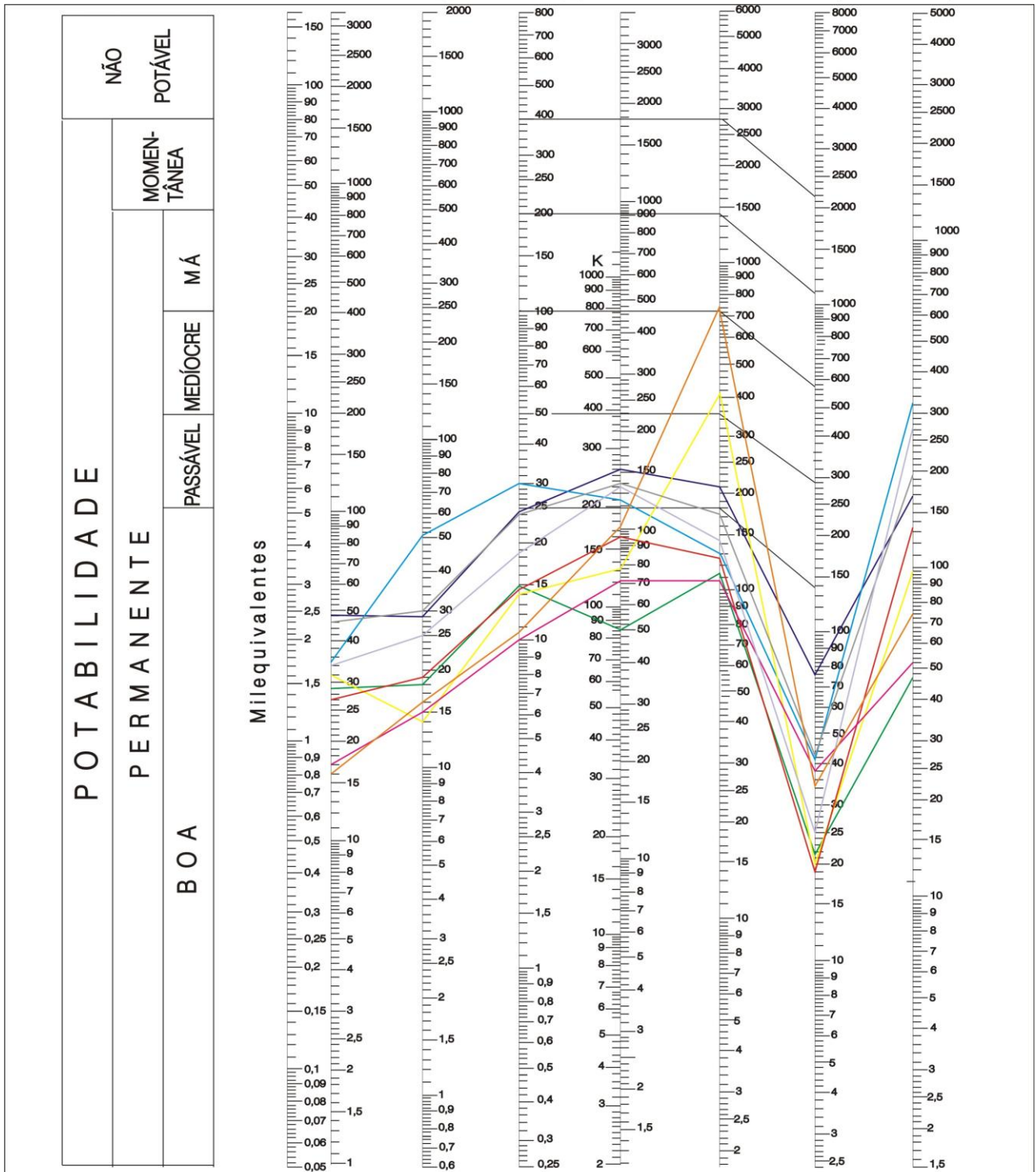
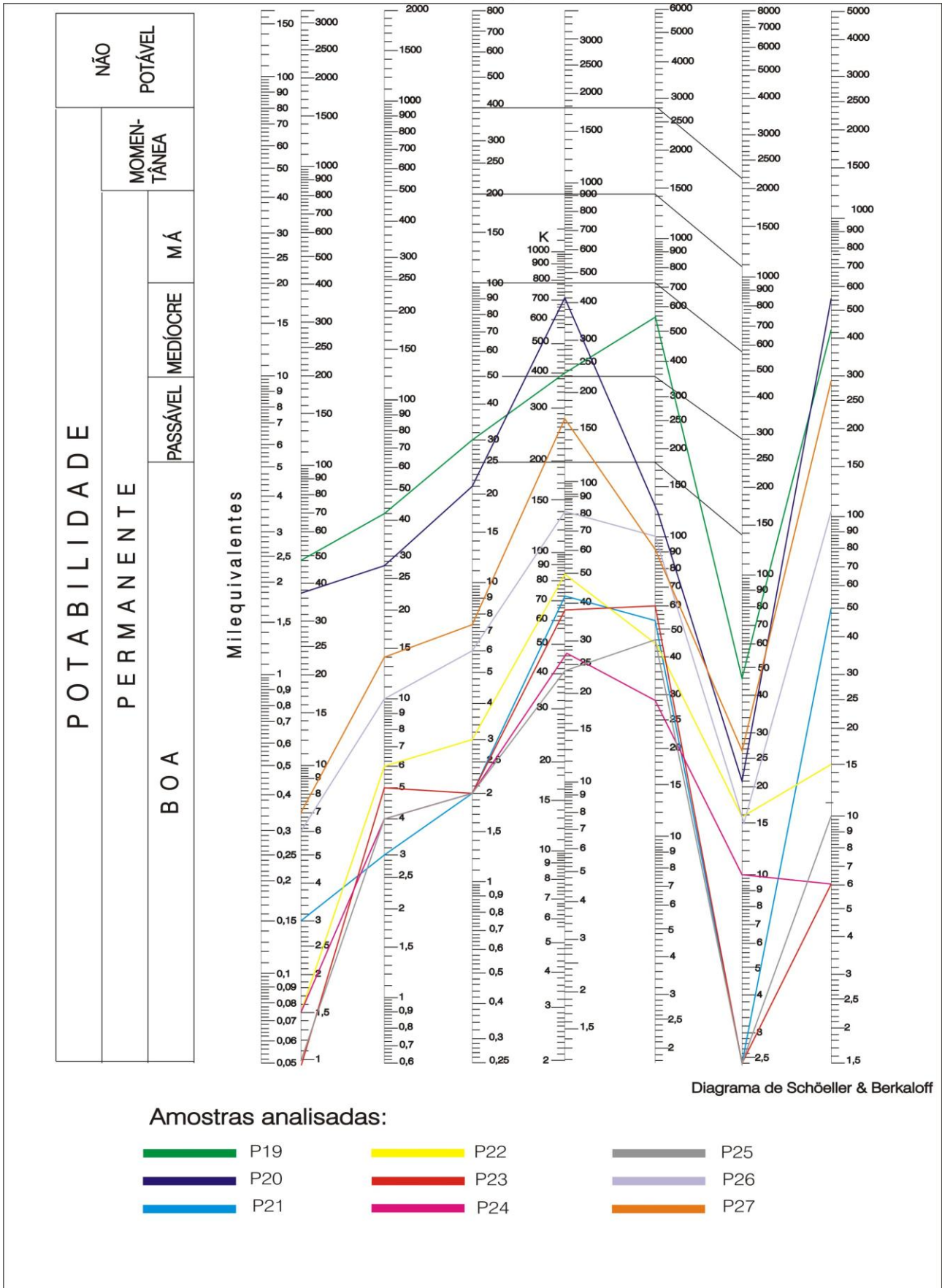


Diagrama de Schöeller & Berkloff

Amostras analisadas:

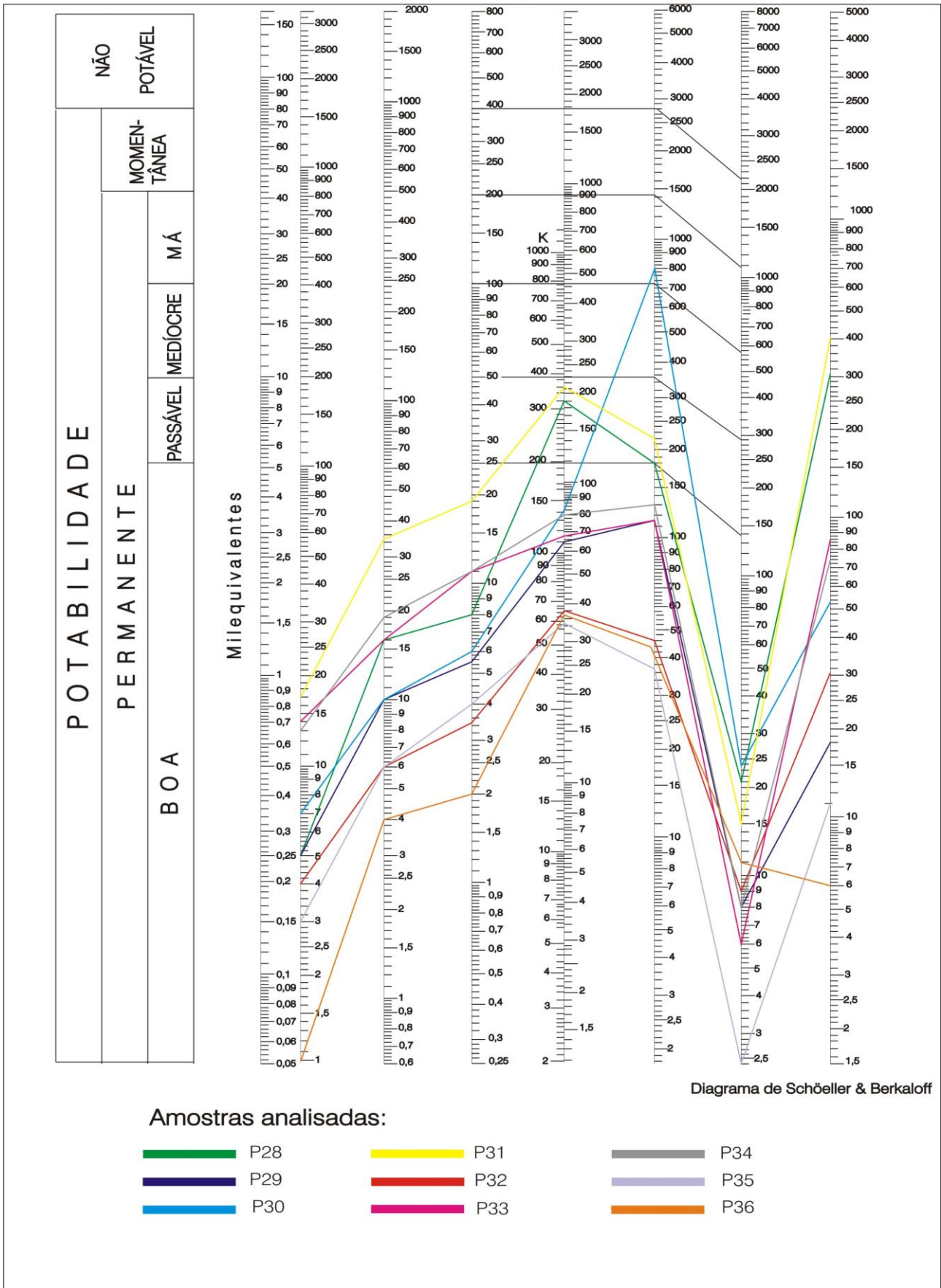


Teores em miligrama por litro





Teores em miligrama por litro



Teores em miligrama por litro

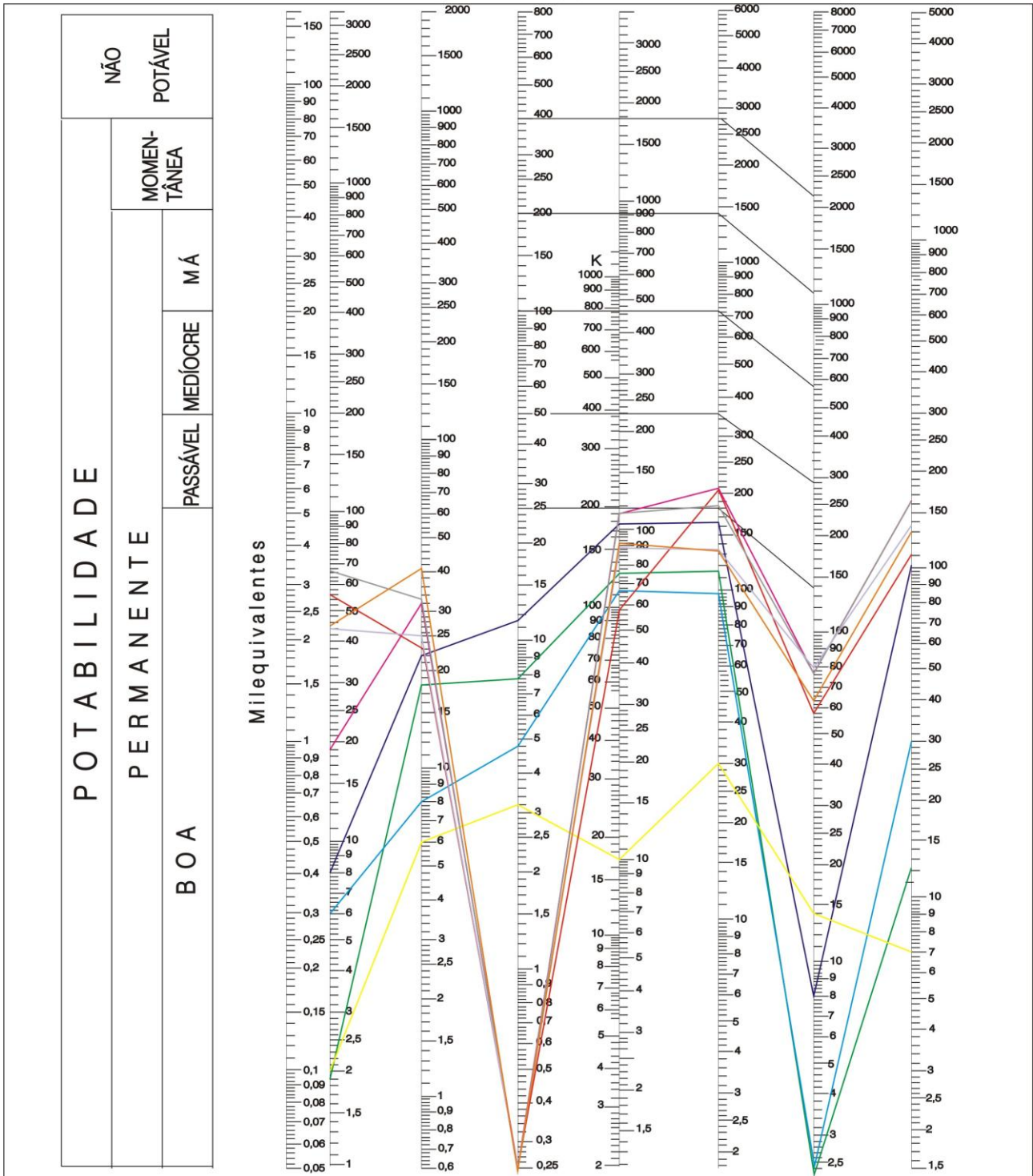


Diagrama de Schöeller & Berkloff

Amostras analisadas:

- |                                          |                                            |                                           |
|------------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------------|
| <span style="color: green;">█</span> P37 | <span style="color: yellow;">█</span> P40  | <span style="color: gray;">█</span> P43   |
| <span style="color: blue;">█</span> P38  | <span style="color: red;">█</span> P41     | <span style="color: purple;">█</span> P44 |
| <span style="color: cyan;">█</span> P39  | <span style="color: magenta;">█</span> P42 | <span style="color: orange;">█</span> P45 |

Teores em miligrama por litro

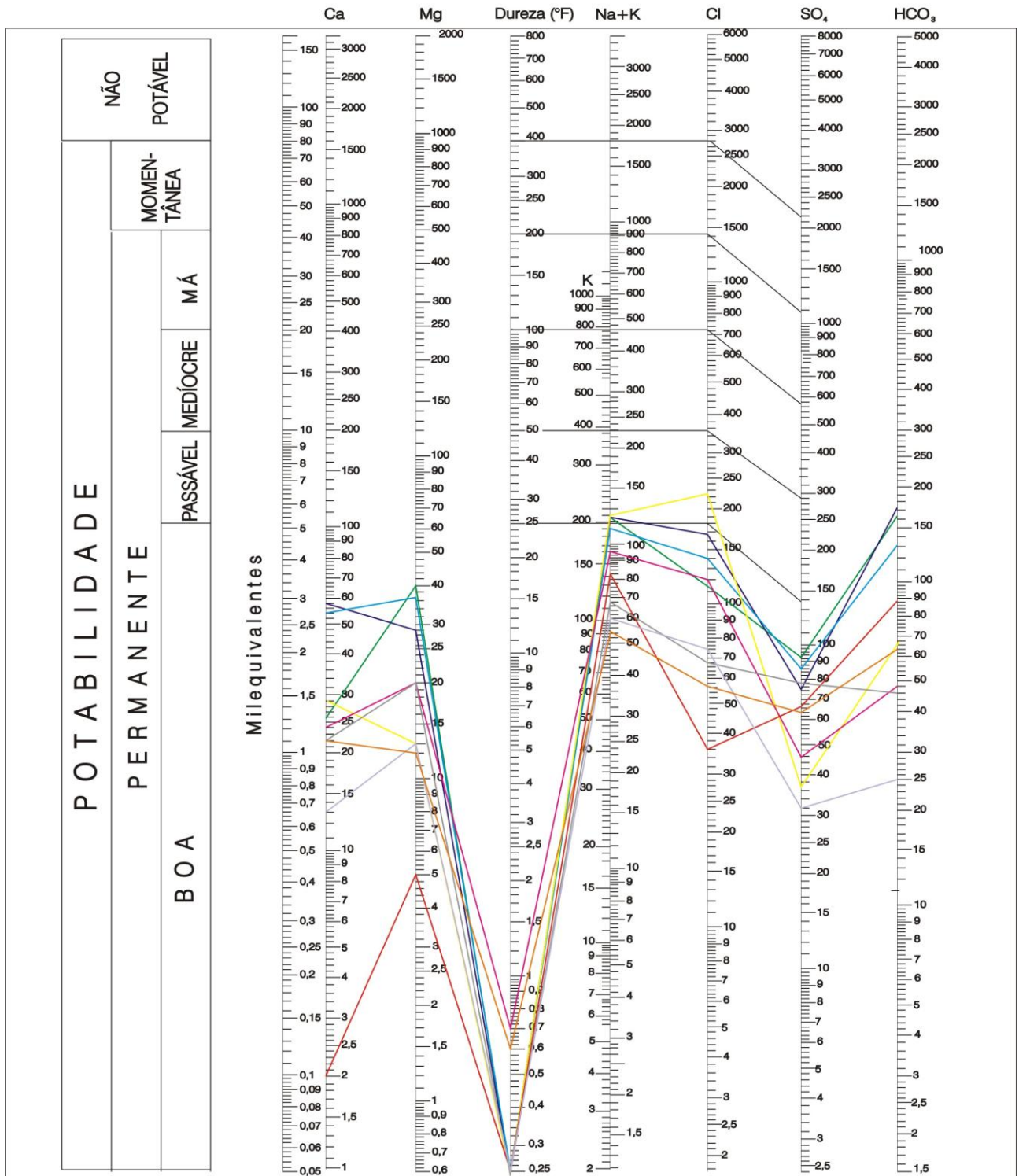


Diagrama de Schöeller & Berkloff

Amostras analisadas:

- P46
- P49
- P52
- P47
- P50
- P53
- P48
- P51
- P54

Teores em miligrama por litro

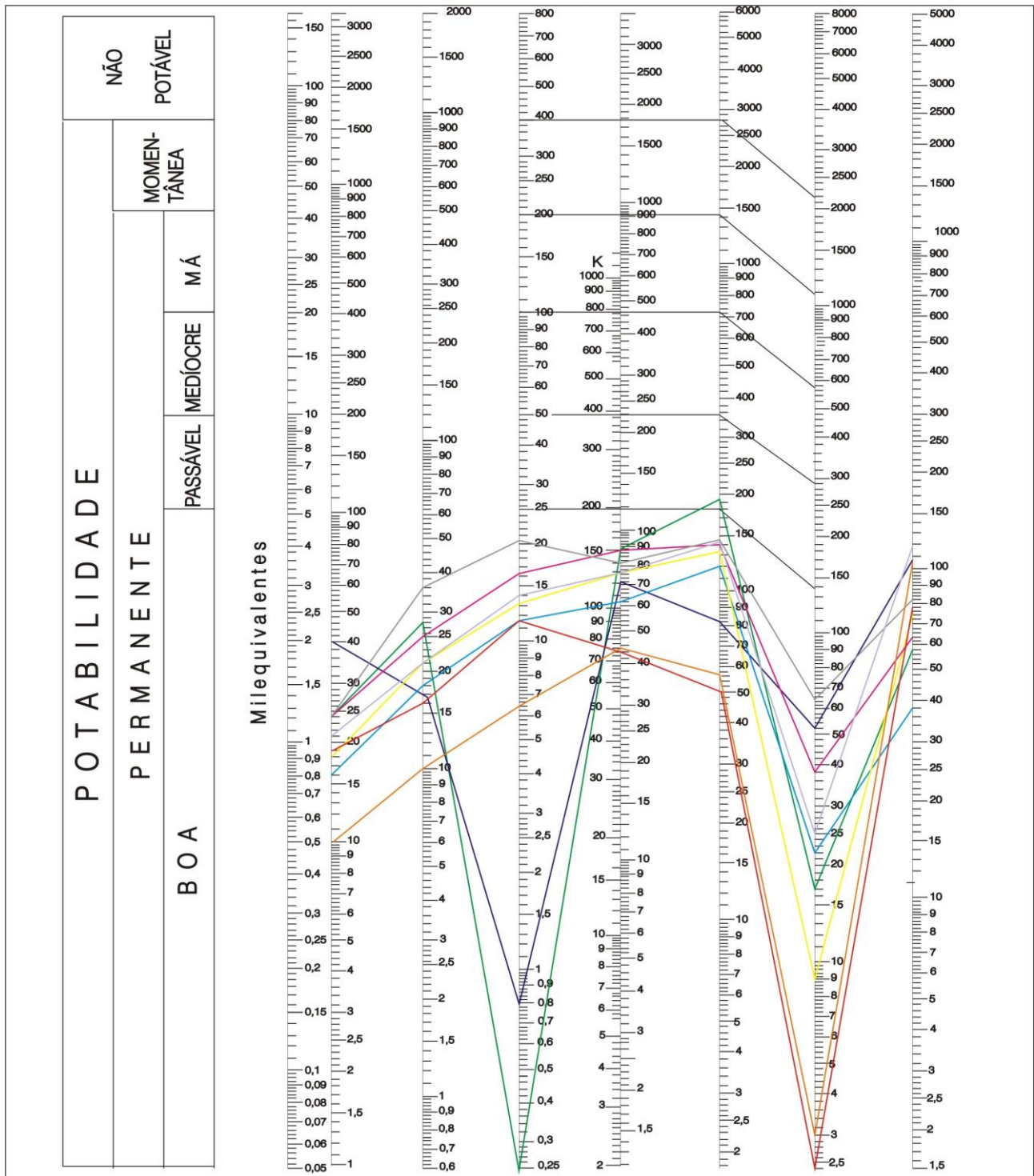


Diagrama de Schöeller & Berkloff

Amostras analisadas:

- |                                              |                                            |                                                |
|----------------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------------|
| <span style="color: green;">█</span> P55     | <span style="color: yellow;">█</span> P58  | <span style="color: grey;">█</span> P61        |
| <span style="color: darkblue;">█</span> P56  | <span style="color: red;">█</span> P59     | <span style="color: lightpurple;">█</span> P62 |
| <span style="color: lightblue;">█</span> P57 | <span style="color: magenta;">█</span> P60 | <span style="color: orange;">█</span> P63      |

Teores em miligrama por litro

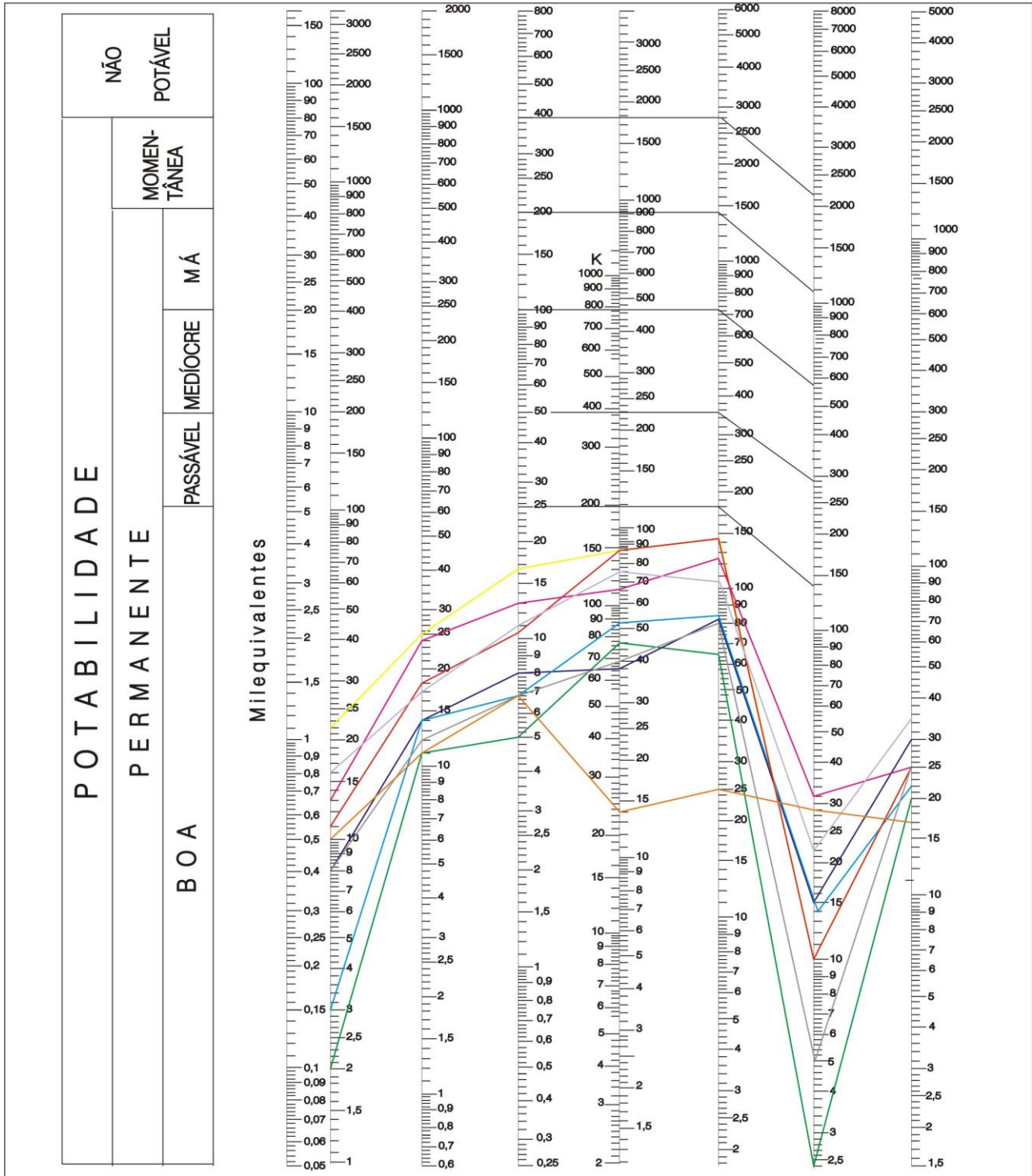


Diagrama de Schöeller & Berkaloff

Amostras analisadas:

- |                                          |                                            |                                           |
|------------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------------|
| <span style="color: green;">—</span> P64 | <span style="color: yellow;">—</span> P67  | <span style="color: gray;">—</span> P70   |
| <span style="color: blue;">—</span> P65  | <span style="color: red;">—</span> P68     | <span style="color: purple;">—</span> P71 |
| <span style="color: cyan;">—</span> P66  | <span style="color: magenta;">—</span> P69 | <span style="color: orange;">—</span> P72 |

Teores em miligrama por litro

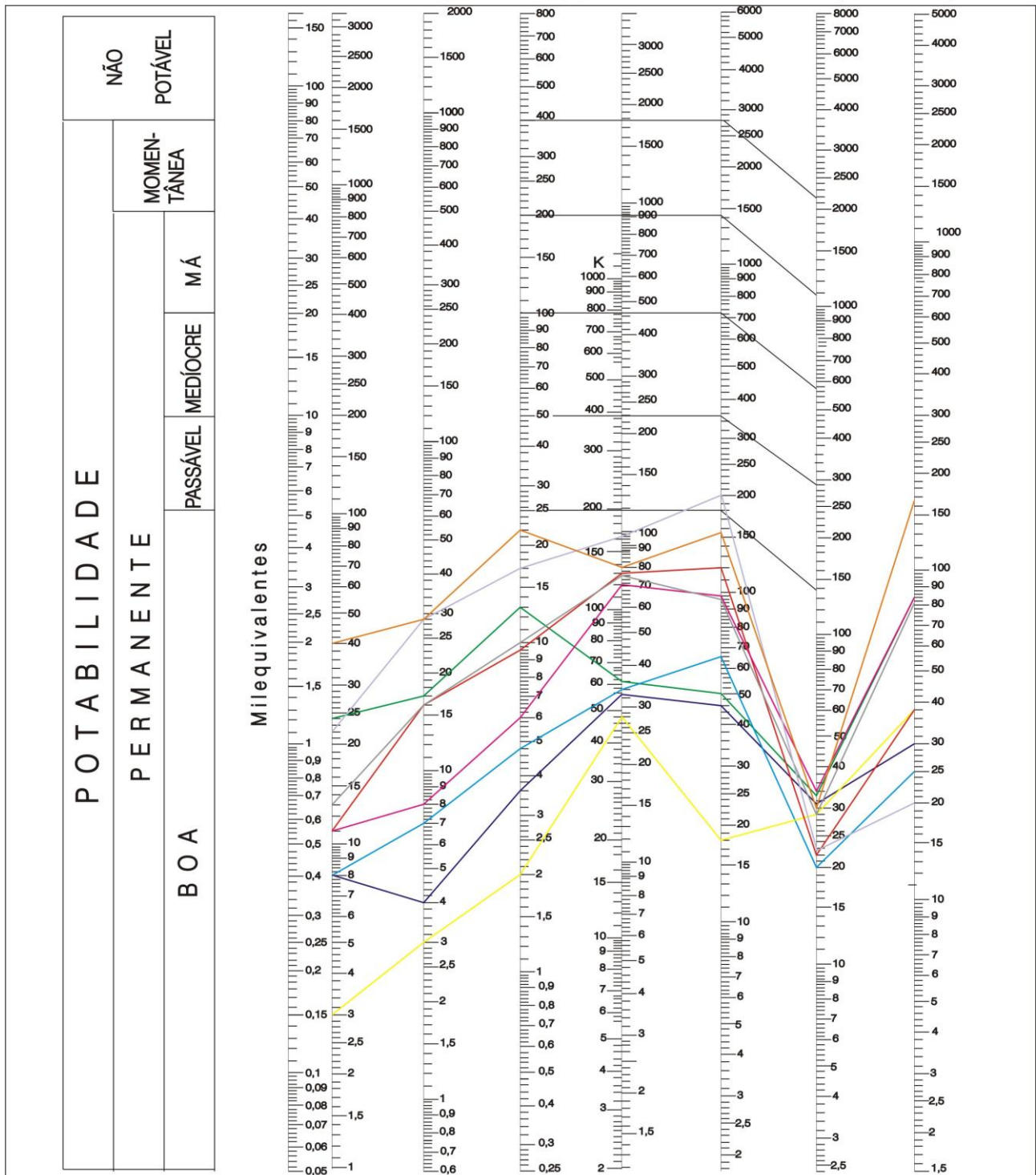


Diagrama de Schöeller & Berkaloff

Amostras analisadas:

- |                                          |                                            |                                           |
|------------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------------|
| <span style="color: green;">—</span> P73 | <span style="color: yellow;">—</span> P76  | <span style="color: gray;">—</span> P79   |
| <span style="color: blue;">—</span> P74  | <span style="color: red;">—</span> P77     | <span style="color: purple;">—</span> P80 |
| <span style="color: cyan;">—</span> P75  | <span style="color: magenta;">—</span> P78 | <span style="color: orange;">—</span> P81 |

Teores em miligrama por litro

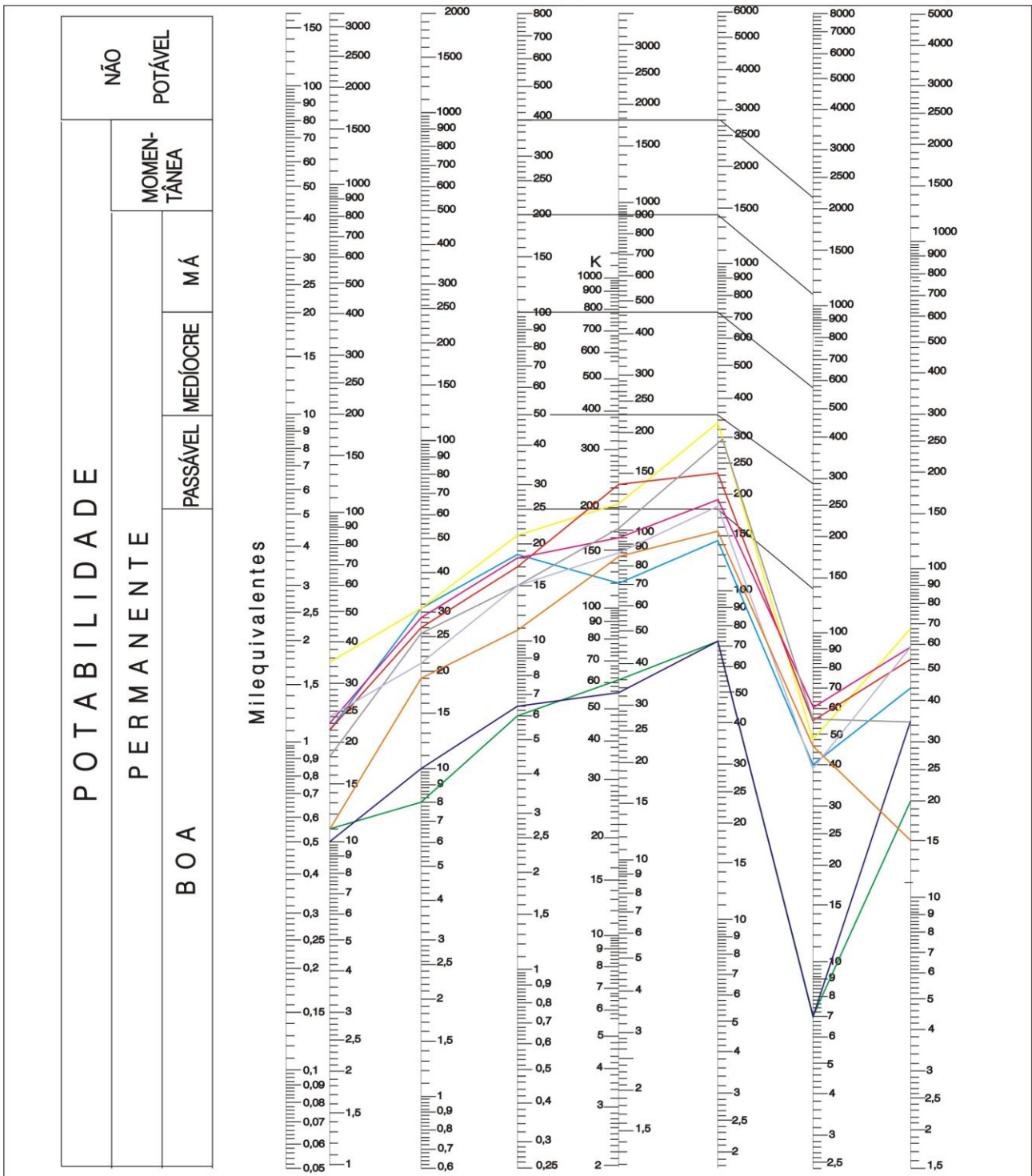


Diagrama de Schöeller & Berkloff

Amostras analisadas:

- P82
- P85
- P88
- P83
- P86
- P89
- P84
- P87
- P90

Teores em miligrama por litro

