

# CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NOS BAIRROS AEROLÂNDIA, ENGENHEIRO LUCIANO CAVALCANTE, JARDIM DAS OLIVEIRAS E CIDADE DOS FUNCIONÁRIOS, FORTALEZA - CEARÁ

Raimundo Correia da Silva Neto<sup>1</sup>; Itabaraci Nazareno Cavalcante<sup>2</sup>; Maria da Conceição Rabelo  
Gomes<sup>3</sup> & Francisca Robênia Soares<sup>4</sup> Milton Antonio da Silva Matta<sup>5</sup>

**RESUMO** - Este trabalho foi realizado em quatro bairros do município de Fortaleza, Ceará, abrangendo 10,19 km<sup>2</sup>, sendo caracterizado pelo aquífero sedimentar. Foram cadastrados 23 poços rasos (cacimbas) e 42 poços tubulares profundos nos quatro bairros, em seguida, 14 destes, foram escolhidos para análises físico-químicas, juntamente uma análise do rio Cocó. Os resultados físico-químicos mostraram que 40% das águas analisadas apresentaram concentrações elevadas de Fe<sup>++</sup> e NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Ressalta-se que, os valores para nitrato, superam em até 350% o máximo permitido pela Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde (10 mg/L N-NO<sub>3</sub>). De acordo com o diagrama de Piper, as águas dos poços estudados foram classificadas como sendo predominantemente cloretadas sódicas (73%). Atribuído provavelmente a presença de Cl e Na a proximidade com a faixa costeira.

**ABSTRACT** - This work was conducted in four districts of the city of Fortaleza, Ceará, covering an area of 10,19 km<sup>2</sup>, being characterized by the sedimentary aquifer. Were enrolled in 23 shallow wells (water holes) and 42 deep wells in the four quarters, then 14 of these were chosen for physical and chemical analysis, an analysis along the River Coco. The results of physical-chemical, showed that 40% of the water samples showed high concentrations of Fe<sup>++</sup> and NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. It is noteworthy that the values for nitrate, exceed 350% up to the maximum allowed by the Order 518/2004 of the Ministry of Health (10 mg/L N-NO<sub>3</sub>). According to the Piper diagram, the waters of the wells studied were classified as being predominantly sodium chloride (73%).

Palavras-Chaves: Fortaleza, Qualidade, Águas Subterrâneas.

<sup>1</sup> Graduado em Geologia-DEGEO/UFC. Rua Zeca Pontes, 77. Engenheiro Luciano Cavalcante. e-mail: grafistar1@yahoo.com.br

<sup>2</sup> Prof. Dr. Associado do Departamento de Geologia/UFC. Av. Humberto Monte, Bloco 913, Pici. Fortaleza/CE. e-mail: ita@fortalnet.com.br

<sup>3</sup> Doutoranda em Geologia-DEGEO/UFC (Bolsista CAPES/REUNI). Rua Alcides Gerardo 71. Conjunto Palmeiras. Fortaleza/CE e-mail: conceicaoabelo@yahoo.com.br

<sup>4</sup> Discente do curso de Geologia/CC/UFC. Rua Juscelino Kubischek, 130. Maranguape – CE. E-mail: [robenia19@hotmail.com](mailto:robenia19@hotmail.com)

<sup>5</sup> Prof. Dr. Hidrogeologia. FG/IG/UGPA. matta@ufpa.br

## **1. INTRODUÇÃO**

Em termos mundiais, 97% da água doce líquida própria para o uso da população encontra-se em sub-superfície. No Brasil, mais da metade da água para abastecimento público provém desses meios, associada, ainda, a uma excelente qualidade e baixo custo.

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.

Este trabalho é resultante de um Relatório de Conclusão de Curso em Geologia/DEGEO/CC/UFC, onde abordou a caracterização das águas subterrâneas nos Bairros Aerolândia, Engenheiro Luciano Cavalcante, Jardim das Oliveiras e Cidade dos Funcionários localizados em Fortaleza, capital do Estado do Ceará, com análises físico-químicas das águas captadas em poços.

### **1.1. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA**

A área de estudo é representada pelos bairros Engenheiro Luciano Cavalcante (pertencente a SER II), Aerolândia, Jardim das Oliveiras e Cidade dos Funcionários (inseridos na SER VI), município de Fortaleza, que de acordo com a Prefeitura Municipal de Fortaleza possuem 10,2 km<sup>2</sup>. Estão localizados na porção centro-leste do município de Fortaleza (Figura 01).

## **2. OBJETIVO**

Este trabalho tem por objetivo fazer a caracterização através de análises físico-químicas das águas subterrâneas coletadas em poços distribuídos nos bairros da Aerolândia, Engenheiro Luciano Cavalcante, Jardim das Oliveiras e Cidade dos Funcionários, buscando obter dados para se ter um controle da qualidade da água que está sendo consumida pela população e, assim, ter ferramentas para se tomar medidas preventivas necessárias em casos específicos.

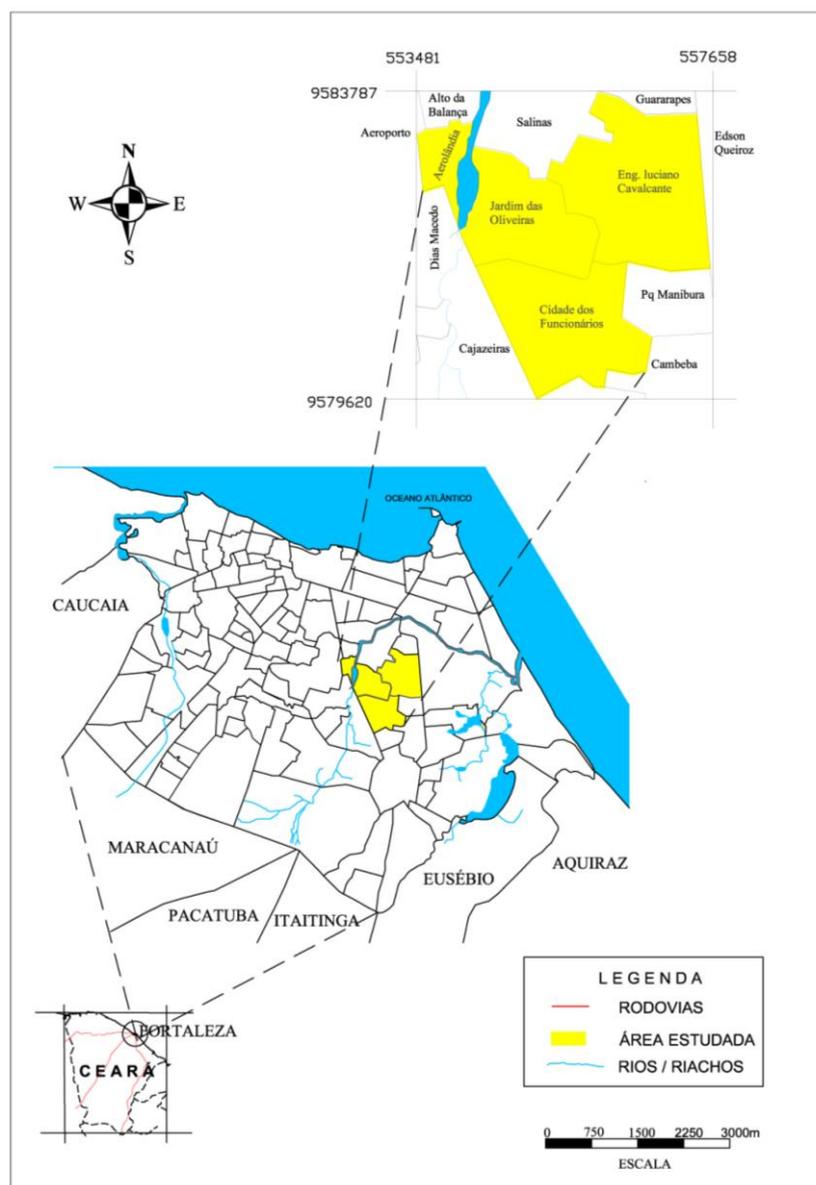


Figura 01. Localização da área de estudo

### 3. METODOLOGIA DE TRABALHO

A metodologia aplicada no presente trabalho abrange uma diversidade de atividades que foram direcionadas no sentido de facilitar obtenção de subsídios para o desenvolvimento da pesquisa. O levantamento bibliográfico (1 etapa) sobre a área em estudo, constou da compilação de dados referentes à geologia, hidrogeologia e geoambientais, além de mapas temáticos. A segunda etapa constou da Interpretação preliminar dos dados com os dados obtidos junto aos órgãos competentes, tais como fichas técnicas dos poços tubulares e cacimbas, dados estatísticos populacionais, aspectos sócioeconômicos, boletins e etc, elaborou-se inicialmente, um arquivo de dados que gerou as diversas informações, onde foi dado a estas um tratamento estatístico simples

gerando bases para a execução inicial do trabalho. A terceira etapa (Campo) Inicialmente foram realizados a identificação e registro, através de fotos, das fontes potenciais de poluição dos aquíferos e o estado de conservação das instalações dos poços. De acordo com os critérios adotados, foram coletadas amostras de água de 14 poços para análises qualitativas, distribuídos por toda a área de estudo, juntamente com uma amostra da água do rio Cocó. E finalmente o tratamento e Integração de dados, onde constou da integração e interpretação dos dados obtidos nas etapas anteriores, utilizando-se dos programas Qualigraf (MÔBUS, 2003) para a caracterização físico-química das amostras de água; Excel 2007, para confecção de gráficos e tabelas; Word 2007, para desenvolvimento do trabalho e Corel Draw X3, para ajuste de fotos.

#### **4. HIDROGEOLOGIA**

A área de estudo está inserida no Sistema Hidro-litoestratigráfico Barreiras, constituído por níveis areno-argilosos, sobreposto ao embasamento cristalino; Aluvião/Barreiras, composto por sedimentos mal selecionados, cascalhos, areias, silte, argila, matéria orgânica, compreendendo sedimentos fluviais lacustres ou estuarinos recentes dispostos ao longo das margens de rios e riachos de Fortaleza e, finalmente, o Dunas/Paleodunas, constituída por areias.

##### Sistema Hidrogeológico Barreiras

O Barreiras no contexto regional, possui condutividade hidráulica estimada em  $1,8 \times 10^{-2}$  m/s, tendo uma variação de fácies, com espessura oscilando de 20 a 60 metros, apresentando intercalações diferenciadas de níveis siltico-argilo-arenosos que a condicionam a ter diferentes valores para os parâmetros hidrodinâmicos (permeabilidade, porosidade e transmissividade), tanto vertical quanto horizontalmente. A vazão pode chegar até 12 m<sup>3</sup>/h.

##### Sistema Hidrogeológico Aluvionar

O aquífero aluvionar é do tipo livre, que ocorre 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

##### Sistema Hidrogeológico Duna/Paleodunas

As Dunas/Paleodunas que aparecem na camada superior do perfil litológico do poço P07 (Figura 10), em contexto regional são compostas por areias pouco consolidadas e extremamente

homogênea, finas, com diâmetro efetivo de 0,15 a 0,25 mm e espessura entre 15 a 25 metros. Por vezes, ocorrem níveis siltico-argilosos a argilosos, oriundos da própria variação da energia de deposição dos grãos. Geralmente se encontram sobrejacentes a Formação Barreiras e as aluviões (CAVALCANTE, 1998). Esse sistema tem 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) (CAVALCANTE, op. Cit.).

## 5. SITUAÇÃO ATUAL DOS POÇOS

Á área de estudo apresenta 65 poços cadastrados divididos nos quatro bairros da seguinte forma: O bairro Engenheiro Luciano Cavalcante possui 28 poços, Aerolândia com 8 poços, Cidade dos Funcionários com 16 poços e Jardim das Oliveiras com 13 (Figura 02).

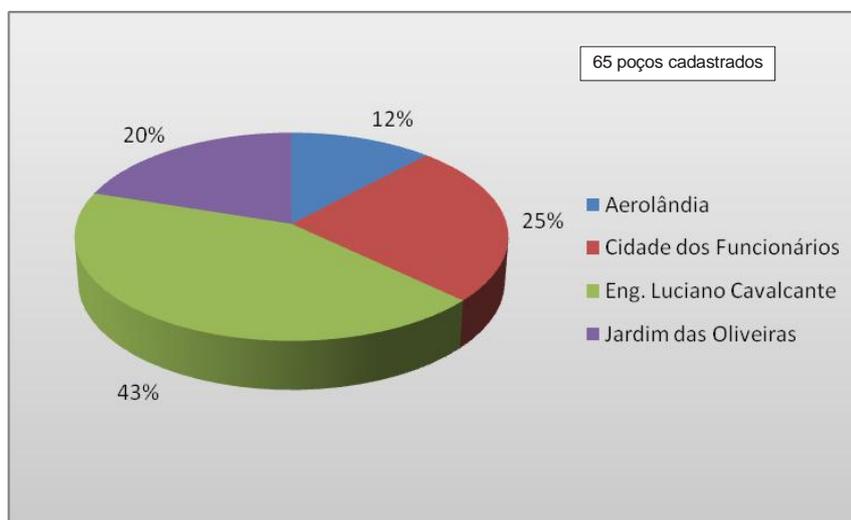


Figura 02. Distribuição dos poços nos bairros da área de estudo

Nas zonas de recarga dos aquíferos, os poços construídos devem obedecer às exigências de proteção, tanto durante a construção como para manutenção destes, caso contrário tornam-se verdadeiros condutos de contaminantes para o aquífero. Alguns poços apresentaram correta proteção sanitária, verificando-se no local a existência da laje de cimentação e abrigo para a bomba de forma adequada. Na área de estudo foram encontrados vários poços sem tampa, de forma que além do proprietário correr o risco de poluir a água, ele pode perder o seu poço por obstrução e ter prejuízo, haja vista que a construção de um poço requer um investimento financeiro.

Os moradores do bairro Jardim das Oliveiras que ainda se utilizam de seus poços, ou cacimbas, se dizem preocupados com a qualidade da água, pois vizinhos que desativaram suas cacimbas, as transformaram em fossas, de forma que estas passam a ser um veículo potencialmente poluente das águas subterrâneas.

Mas a maior preocupação está nas cacimbas, onde geralmente não existem cuidados e não são consideradas as normas de segurança durante a construção, bem como sua proteção sanitária; a maioria não apresenta proteção contra a entrada de insetos e animais de pequeno porte, sendo um risco até mesmo para as crianças, haja vista que alguns poços são protegidos por uma simples placa de madeira. Além disso, têm-se o fato de que grande parte da população carente dos bairros Aerolândia e Jardim das Oliveiras consome diariamente águas fornecidas por vendedores ambulantes em carroças e caminhonetes, que se abastecem de uma poço na Rua Capitão Aragão, S/N, no bairro Alto da balança, ao norte do bairro Aerolândia, cujo fornecedor possui certificado de análise qualitativa, cumprindo neste aspecto com as condições impostas pelo Ministério da Saúde, mas que durante o trajeto até o consumidor não existe nenhuma garantia de qualidade ou higiene.

## 6. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Na captação da água subterrânea através de poços, não é importante apenas o aspecto da quantidade, mas a qualidade é outro fator a ser considerado, tendo em vista o uso proposto para a água captada.

A qualidade das águas subterrâneas é dada, a princípio, pela dissolução dos minerais presentes nas rochas que constituem os aquíferos por elas percolado. Mas, ela pode sofrer a influência de outros fatores, tais como a composição da água de recarga, o tempo de contato água/meio físico, o clima e, até mesmo, a poluição causada pelas atividades humanas.

Neste trabalho foram realizadas análises físico-químicas de amostras de água coletadas em 14 poço juntamente com uma amostra de água do rio Cocó.

### 6.1. Cálculo do Balanço Iônico

A partir dos resultados das análises físico-químicas foi realizado o cálculo de balanço iônico (B.I) utilizando-se da equação 01, para verificação da validade das mesmas, admitindo-se um erro máximo individual em torno de 10% (Tabela 01).

$$\text{Erro}(\%) = \frac{\sum \left\langle \text{Cations, meq / L} \right\rangle - \sum \left\langle \text{Anions, meq / L} \right\rangle}{\sum \left\langle \text{Cations, meq / L} \right\rangle + \sum \left\langle \text{Anions, meq / L} \right\rangle} * 100 \quad (\text{equação 01})$$

Tabela 01 - Dados analíticos das amostras para cálculo do balanço iônico.

AMOSTRA	Na+K (mg/L)	Ca (mg/L)	Mg (mg/L)	Cl (mg/L)	CO <sub>2</sub> +HCO <sub>3</sub> (mg/L)	SO <sub>4</sub> (mg/L)	C.E (μS/cm)	Cátions	Ânions	B.I
P4	3,18	0,8	1,4	3,44	0,57	0,46	606	5,38	4,47	9,17
P7	0,56	0,5	0,9	0,71	0,28	0,58	180	1,96	1,57	11,12
P19	1,42	1,2	1,4	1,41	1,38	0,69	432	4,02	3,47	7,26
P20	1,31	0,4	0,33	1,3	0,49	0,65	259	2,04	2,43	8,87
P21	1,43	0,4	0,58	1,86	0,41	0,42	316	2,4	2,69	5,66
P22	1,18	0,15	0,25	0,51	0,64	0,6	187	1,58	1,75	5,17
P33	3,23	0,55	1,32	3,39	0,64	0,46	672	5,1	4,48	6,41
P34	2,98	0,55	0,66	1,64	1,38	0,71	449	4,19	3,72	5,9
P38	3,18	0,65	1,32	2,71	1,33	0,6	558	5,15	4,64	5,17
P41	4,02	1,1	2,38	5,59	0,33	0,48	948	7,51	6,31	8,01
P54	3,34	2	2,38	4,4	2,75	0,62	786	7,72	7,78	0,4
P60	1,38	0,55	0,66	2,03	0,33	0,15	288	2,59	2,5	1,65
P61	1,34	0,5	0,82	2,03	0,57	0,15	298	2,66	2,75	1,68
P63	3,26	1,1	2,55	4,2	0,72	0,83	743	6,9	5,76	9,06
RIO COCÓ	2,37	1,1	1,23	3,27	1,92	0,27	565	4,7	5,48	7,6

## 6.2. Dureza Total

A dureza da água é produzida pela concentração de Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup>, ou seja, de sais alcalino-terrosos e é demonstrada pela quantidade de sabão necessária para que se produza espuma. Foi utilizado neste trabalho a classificação de CUSTÓDIO & LLAMAS, 1983 (*apud* SANTOS, 2000), que usa a dureza total em mg/L de CaCO<sub>3</sub>.

Das 14 amostras de água subterrânea e uma amostra do rio Cocó, seguindo-se a classificação proposta, observa-se que 3 amostras são consideradas “brandas”, 6 amostras se enquadraram como “pouco duras”, 5 amostras se classificam como “dura”, incluindo a amostra do rio Cocó, e apenas uma amostra (P54 no bairro Cidade dos Funcionários) se classifica “como muito dura”. Seguindo os padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde, todas as amostras são consideradas sem nenhuma restrição para o consumo, já que o limite que a Portaria exige é 500mg/L de CaCO<sub>3</sub> (Figura 03).

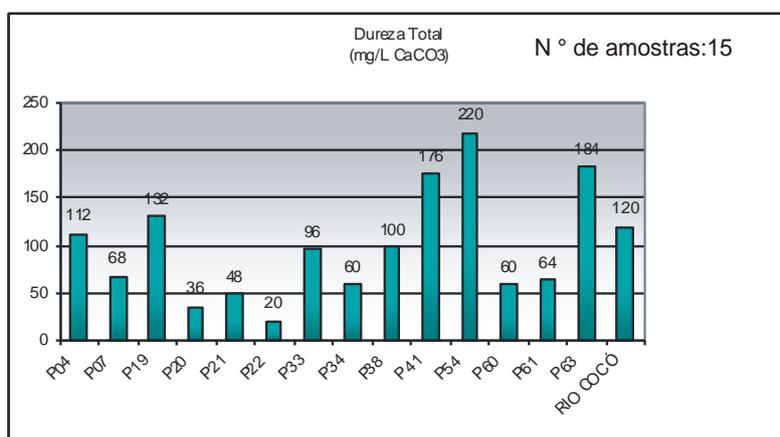


Figura 03. Dureza das águas subterrâneas segundo a classificação de CUSTÓDIO & LAMAS (1983) apud Santos (2000).

### 6.3. Cloretos

O cloro forma composto muito solúvel e tende a enriquecer, junto com o sódio, a partir das zonas de recarga das águas subterrâneas. Teores anômalos podem indicar de contaminação por água do mar ou por aterros sanitários, dentre outros. Segundo o Ministério da Saúde, em sua portaria N°518 de 25 de março de 2004, o Valor Máximo Recomendável de cloretos na água destinada ao consumo humano é de 250 mg/L. Na área de estudo os valores para cloretos variaram de 18 à 198 mg/L, onde a água do rio Cocó possui um valor de 116mg/L. Assim, todas as amostras apresentaram teores inferiores ao permitido pela Portaria N° 518 do Ministério da Saúde de 25/03/2004, ficando dentro dos padrões normais de potabilidade sob este aspecto.

### 6.4. Ferro Total

É um elemento persistentemente presente em quase todas as águas subterrâneas em teores abaixo de 0,3 mg/L, no qual suas fontes são minerais ferromagnésianos (máficos), tais como a magnetita, biotita, pirita, piroxênios e anfibólios.

Apesar do organismo humano necessitar de até 19 mg de ferro por dia, os padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria 518/2004 exigem que uma água de abastecimento público não ultrapasse a concentração de 0,3 mg/L de Fe. As amostras apresentaram valores variando de 0,1mg/L a 1,0 mg/L nas águas subterrâneas e de 3,3 mg/L na amostra do rio Cocó, observando-se que 06 amostras apresentaram valores acima do padrão de potabilidade chegando a 3,3 mg/L. No caso do poço P60, no bairro Aerolândia, a ocorrência elevada do íon (0,9 mg/L) pode ser devido a tubulação de Fe; nos demais casos possivelmente a presença de Ferro deve ser pela ocorrência de

níveis lateríticos da Formação Barreiras e no caso do rio Cocó, a presença de Ferro pode ser ocasionado pela ocorrência de lançamento de poluentes ao longo do seu percurso (Figura 04).

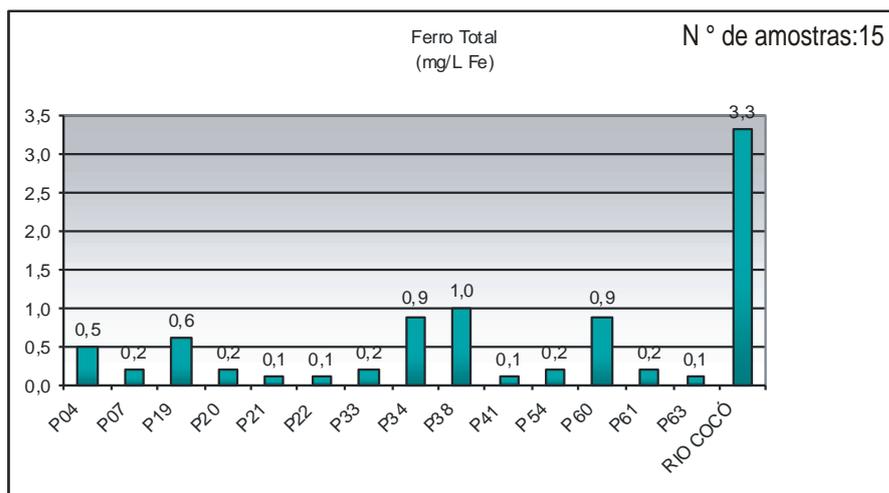


Figura 04. Concentração de Ferro nas amostras de água coletadas na área de estudo.

## 6.5. Nitrato

As águas dos poços da área de estudo apresentaram valores de nitrato variando de 1 a 45 mg/L N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (Figura 05); observa-se que 40% (06) das amostras apresentam valores acima do recomendável pela Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde (10 mg/L N-NO<sub>3</sub>). As amostras 41 (Bairro Jardim das Oliveiras) e 63 (Bairro Aerolândia) chegam a ultrapassar em até 350% o limite máximo recomendado pelo Ministério da Saúde. Concentrações acima do permissível podem causar a hexametoglobinemia (doença azul), considerada como potencialmente fatal para crianças de até 03 meses de vida.

No caso das amostras P33, P38 e P41 (bairro Jardim das Oliveiras), provavelmente o nível elevado de nitrato se dá pelo fato de pessoas estarem usando cacimbas desativadas, transformando-as em fossas, e pela pequena profundidade do poço, facilitando a contaminação.

A amostra de água do rio Cocó, apesar de estar com o valor de nitrato dentro dos padrões de potabilidade do Ministério da Saúde, em sua portaria 518/2004, esta com um valor acima do nível máximo de referência que de acordo com o CONAMA é de 3 mg/L em relação a águas superficiais.

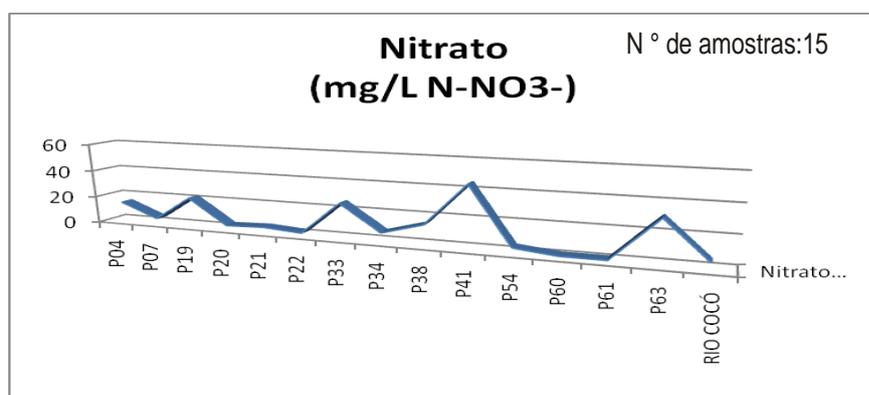


Figura 05. Concentrações de Nitrato nas amostras de águas coletadas na área de estudo.

## 6.6. Sódio

O sódio é um elemento químico quase sempre presente nas águas subterrâneas. Seus principais minerais fonte (feldspatos plagioclásicos), são pouco resistentes aos processos intempéricos, principalmente os químicos. Os sais formados nestes processos são muito solúveis. Nas águas subterrâneas, o teor de sódio varia entre 0,1mg/L e 100mg/L, sendo que há um enriquecimento gradativo deste metal a partir das zonas de recarga. Segundo a portaria N° 518, de 25 de março de 2004, do Ministério da Saúde, o Valor Máximo Recomendável de sódio na água potável é 200 mg/L.

Na área de estudo, todas as águas analisadas apresentam-se dentro dos padrões de potabilidade, com valores variando de 11 a 86mg/L, onde 53% (8 amostras) das amostras possuem valores acima de 50mg/L, e destas amostras, 4 (50%) se concentram no bairro Jardim das Oliveiras.

## 6.7. Sólidos Totais Dissolvidos (STD)

É a soma dos teores de todos os constituintes minerais presentes na água. Segundo o padrão da portaria N° 518/2004 do Ministério da Saúde, o limite máximo permissível de STD na água é de 1.000 mg/L.

Nas amostras de água dos poços cadastrados, o teor máximo encontrado foi de 695 mg/L no poço 15 e o valor mínimo foi 122 mg/L no poço 07, ambos no bairro Engenheiro Luciano Cavalcante. Ressalta-se que os valores das amostras estão dentro dos padrões estabelecidos pela portaria N° 518/2004 do Ministério da Saúde, onde o valor máximo tolerável de STD é de 1.000 mg/L. Os baixos valores de STD refletem baixas mineralizações das águas subterrâneas na área de estudo.

## 6.8. pH

É a medida da concentração de íons  $H^+$  na água. O balanço dos íons hidrogênio e hidróxido ( $OH^-$ ) determinam quão ácida ou básica ela é.

De acordo com a Portaria N° 518 do Ministério da Saúde de 25/03/2004 o valor máximo de tolerância para o consumo humano 6,0 e 9,5. As amostras coletadas apresentaram valores variando de 5,60 a 7,38 (Figura 06), com apenas uma amostra (P7 no bairro Eng. Luciano Cavalcante) apresentando-se inadequada para o consumo com um valor de 5,6 de pH, estando um pouco abaixo do padrão da Portaria. De maneira geral, as águas com o pH baixo tendem a ser corrosivas e agressivas a certos tipos de materiais.

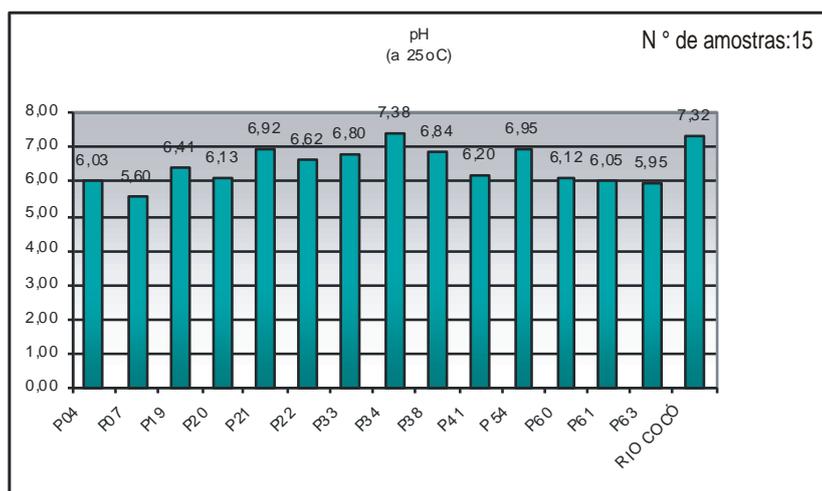


Figura 06. Classificação de pH nas amostras de água coletadas na área de estudo.

## 6.9. Classificação Iônica

Na área de estudo foram selecionados 14 poços, juntamente com uma análise do rio Cocó, para a coleta de água e realização de análises físico-químicas.

A partir dos resultados das análises físico-químicas, foi elaborado um diagrama de Piper, para classificar as águas quanto à predominância dos íons (Figura 07).

De acordo com o este diagrama, 73% das águas analisadas são predominantemente cloretadas sódicas; a presença de  $Cl^-$  e  $Na^+$  que aparecerem geralmente juntos, está provavelmente relacionada a proximidade com faixa costeira, e 27% águas Cloretadas Mistas por não apresentarem concentrações superior de um ânion qualquer sobre os demais. Esses valores encontram-se de forma dispersa na área. Observa-se a seguinte relação entre cátions e ânions:  $Cl^- > HCO_3^- > SO_4^-$  e  $Na^+ > Ca^{++} > Mg^{++}$ , mostrando a predominância dos íons  $HCO_3^-$  e  $Na^+$  sobre os demais elementos.

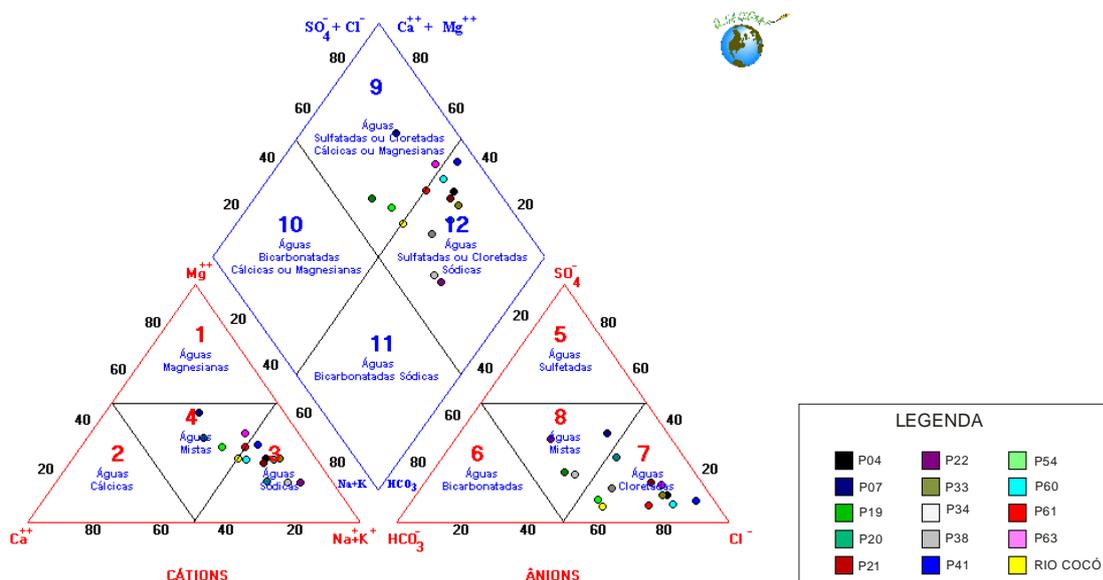


Figura 07. Classificação iônica das águas da área de acordo com o diagrama de Piper.

## 7. CONCLUSÕES

No cadastro realizado neste trabalho, identificamos 65 poços tubulares, sendo distribuídos da seguinte forma: Eng. Luciano Cavalcante (28), Jardim das Oliveiras (13), Cidade dos Funcionários (16) e Aerolândia (8).

Das águas analisadas de 14 poços os resultados físico-químicos, mostram que algumas destas águas têm concentrações iônicas acima dos padrões de potabilidade estabelecidos pela portaria N° 518/2004 do Ministério da Saúde, principalmente, quanto aos valores de Nitrato (42%) e Ferro (36%). Os valores de nitrato chegam a ultrapassar 350% o Valor Máximo Permitido; ressalta-se que a população da área utiliza-se destas águas para consumo humano. No caso da água do rio Cocó apareceu um elevado nível de Ferro, ocasionado provavelmente pelo despejo de esgotos domésticos sem tratamento ao longo do seu percurso, e apesar de está dentro dos padrões possui uma concentração de nitrato (5 mg/L) considerada elevada estando acima do valor máximo de referência (3mg/L) em relação as águas superficiais estabelecido pela Portaria N° 357 do CONAMA.

De acordo com o diagrama de Piper, as águas dos poços estudados foram classificadas como sendo Cloretadas Sódicas (73%) e Cloretadas Mistas (27%). Atribuído provavelmente a presença de Cl<sup>-</sup> e Na<sup>+</sup> a proximidade com a faixa costeira.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAVALCANTE, I. N. – 1998 – Fundamentos hidrogeológicos para gestão integrada de recursos hídricos na Região Metropolitana de Fortaleza, estado do Ceará. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências/USP. São Paulo-SP, 164p.

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.

MOBÛS, G. 2003. Qualigraf: softewere para interpretação de análises físico-químicas, versão Beta. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME. Fortaleza. Disponível em: [www.funceme.br](http://www.funceme.br). Acesso em: 10 de novembro de 2007.

SANTOS, A. C. 2000. Noções de Hidroquímica. In: Hidrogeologia. Conceitos e Aplicação. CPRM e LABHID/UFPE. Fortaleza. 2a edição. Feitosa, C.A.F. & Filho, J.M. cap. 05. p.81-107.