



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA**  
**INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**  
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA**



**JAMILLE EVANGELISTA ALVES**

**ASPECTO HIDROGEOQUÍMICO DO FERRO TOTAL NO  
SISTEMA AQUÍFERO SÃO SEBASTIÃO NA ÁREA DO  
POLO INDUSTRIAL DE CAMAÇARI - BAHIA**

Salvador - BA  
2012

**JAMILLE EVANGELISTA ALVES**

**ASPECTO HIDROGEOQUÍMICO DO FERRO TOTAL NO  
SISTEMA AQUÍFERO SÃO SEBASTIÃO NA ÁREA DO  
POLO INDUSTRIAL DE CAMAÇARI - BAHIA**

Monografia apresentada ao Curso de Geologia,  
Instituto de Geociências, Universidade Federal da  
Bahia, como requisito parcial para obtenção do grau  
de Bacharel em Geologia.

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Augusto de Morais  
Nascimento.

Salvador - BA  
2012

---

A474 Alves, Jamille Evangelista

Aspecto hidrogeoquímico do ferro total no sistema aquífero São Sebastião na área do Pólo Industrial de Camaçari - Bahia / Jamille Evangelista Alves. \_ Salvador, 2012.

48 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Augusto de Moraes Nascimento.

TCC (Graduação em Geologia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, 2012.

1. Hidrogeologia – Pólo Industrial de Camaçari - Bahia. 2. Águas subterrâneas - Camaçari (BA). 3. Água – Qualidade. 4. Química da água. 5. Ferro – Análise. I. Nascimento, Sérgio Augusto de Moraes. II. Universidade Federal da Bahia. Instituto de Geociências. III. Título.

CDU 556.114(813.8)

---

Elaborada pela Biblioteca Shiguemi Fujimori, Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia.

TERMO DE APROVAÇÃO

JAMILLE EVANGELISTA ALVES

ASPECTO HIDROGEOQUÍMICO DO FERRO TOTAL NO  
SISTEMA AQUÍFERO SÃO SEBASTIÃO NA ÁREA DO  
POLO INDUSTRIAL DE CAMAÇARI - BAHIA

Monografia aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Geologia, Universidade Federal da Bahia, pela seguinte banca examinadora:

---

1º Examinador: Prof. Dr. Sérgio Augusto de Moraes Nascimento.  
Instituto de Geociências, UFBA.

---

2º Examinador: Prof. MSc. Hailton Mello da Silva.  
Instituto de Geociências, UFBA.

---

3º Examinador: Dr. Cristovaldo Bispo dos Santos.  
CPRM.

Salvador, 15 de junho de 2012.

*Aos meus pais Irlandia e Roberto.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela vida, saúde e oportunidade de estudar. Ao meu pai, Roberto, minha mãe, Irlandia, e minha irmã, Tamilly pelo amor, carinho, confiança e apoio constante. Assim como ao meu tio Heitor e meus avós.

A Maria e D. Aurora pelo acolhimento em seu lar durante todos esses anos de graduação.

Agradeço ao professor Sérgio A. de Moraes Nascimento pela oportunidade de ser sua orientanda, por ser tão atencioso, compreensivo e disponível durante a elaboração desta monografia.

Aos amigos do NEHMA, Andréia Lais, A. Puentes, Danilo, Dário, Fabiane, Hailton, Iracema, Luis Rogério, Marcelo, Rowena, Sérgio.

A todos os professores com quem tive a oportunidade de conviver, em especial, Amalvina, Ângela, Cristovaldo, Félix, Gisele, Haroldo Sá, João Batista, José Ângelo, Mesquita, Olívia, Reginaldo, Silvânia, Tânia, Zoltan. E aos funcionários do Igeo: Aldacy, Bossal, Caetano, Deraldo, Evandro, Gil, Mércia e todos os outros que cuidam do nosso ambiente de trabalho e estudo.

Aos membros da banca examinadora pelas correções e sugestões.

Agradeço também, a Tarcísio pelo carinho e apoio.

E a geóloga Denise Maranhão pela oportunidade na Geoklock.

A todos os meus colegas, especialmente aqueles que se tornaram amigos no passar dos anos: Enaldo, Alan, Rivaldo, Henrique, André, Dário, Fabiane, Aj, Eula, Gleice... E tantos outros que se fizeram importantes em minha vida.

Por fim, “agradeço a todas as dificuldades que enfrentei. Se não fosse por elas, eu não teria saído do lugar. As facilidades nos impedem de caminhar.” Chico Xavier.

*“Tudo tem seu tempo determinado, e há tempo para todo propósito debaixo do céu. Há tempo de nascer, e tempo de morrer; tempo de plantar, e tempo de arrancar o que se plantou... Tempo de chorar, e tempo de rir... Tempo de buscar, e tempo de perder; tempo de guardar, e tempo de lançar fora...”*

## RESUMO

Na área da Bacia Sedimentar do Recôncavo Norte está inserido o segundo principal aquífero da Bahia, o aquífero São Sebastião, detentor de água doce de boa qualidade e vazão. A área do Polo Industrial de Camaçari, principal complexo petroquímico do estado, está implantado sobre este aquífero. Este trabalho trata de um estudo hidrogeoquímico do ferro total na área do Polo Industrial de Camaçari – Bahia onde foi observado que o teor desse elemento nas águas subterrâneas do sistema aquífero São Sebastião encontram-se, em alguns pontos, acima do recomendado pela Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde. Com o intuito de determinar a presença do ferro total nestas águas, buscou-se dados de análises químicas para determinar a sua qualidade, índice de saturação e a especiação. Procurou-se também estabelecer a sua origem em função das rochas armazenadoras (aquífero) que compõem a Formação São Sebastião.

**Palavras chave:** Hidrogeoquímica, água subterrânea, ferro, índice de saturação.



## ABSTRACT

In the area of the Sedimentary Basin of North Recôncavo is inserted into the second largest aquifer in Bahia, the aquifer San Sebastian, owner of freshwater quality and flow. The area of the Industrial Pole of Camaçari, the main petrochemical complex in the state, is deployed on this aquifer. This work is a hydrochemical study of the total iron in the Industrial Pole of Camaçari - Bahia where it was observed that the content of that element in groundwater in the aquifer system are St. Sebastian, in some points, higher than recommended by the Ordinance 2914/2011 the Ministry of Health with the aim of determining the presence of total iron in these waters, we sought data from chemical analysis to determine their quality, speciation and saturation index. We also sought to establish their origin as a function of rock storage facilities (aquifer) that comprise the San Sebastian formation.

**Keywords:** Hydrogeochemistry, groundwater, iron saturation index.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	xi
LISTA DE TABELAS.....	xii
LISTA DE FOTOS.....	xii
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Objetivos.....</b>	<b>1</b>
1.1.1 Objetivo geral.....	1
1.1.2 Objetivos específicos.....	1
<b>1.2 Justificativa.....</b>	<b>2</b>
<b>1.3 Metodologia.....</b>	<b>3</b>
<b>1.4 A área do Polo Industrial de Camaçari.....</b>	<b>4</b>
<b>2. GEOLOGIA REGIONAL.....</b>	<b>7</b>
<b>3. GEOLOGIA DA ÁREA DO POLO INDUSTRIAL DE CAMAÇARI.....</b>	<b>11</b>
<b>3.1 Depósitos de sedimentos inconsolidados do quaternário.....</b>	<b>11</b>
<b>3.2 Formação Barreiras.....</b>	<b>11</b>
<b>3.3 Formação Marizal.....</b>	<b>13</b>
<b>3.4 Formação São Sebastião.....</b>	<b>15</b>
3.4.1 Zoneamento de litofácies.....	18
<b>4. SOLOS.....</b>	<b>21</b>
<b>5. HIDROGEOLOGIA DA BACIA SEDIMENTAR DO RECÔNCAVO NA ÁREA DO POLO INDUSTRIAL DE CAMAÇARI.....</b>	<b>22</b>
<b>5.1 Sistema aquífero Barreiras.....</b>	<b>22</b>
<b>5.2 Sistema aquífero Marizal.....</b>	<b>22</b>
<b>5.3 Sistema aquífero São Sebastião.....</b>	<b>23</b>
<b>6. CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DO SISTEMA AQUÍFERO SÃO SEBASTIÃO NA ÁREA DO POLO INDUSTRIAL DE CAMAÇARI.....</b>	<b>26</b>
<b>7. QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DO SISTEMA AQUÍFERO SÃO SEBASTIÃO NA ÁREA DO POLO INDUSTRIAL DE CAMAÇARI.....</b>	<b>30</b>
<b>7.1 Matriz de correlação linear (Pearson).....</b>	<b>31</b>
<b>7.2 Distribuição do ferro, condutividade elétrica e bicarbonato na área.....</b>	<b>32</b>
<b>8. ÍNDICE DE SATURAÇÃO, FASE MINERAL E ESPECIAÇÃO QUÍMICA DO FERRO TOTAL NAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DO SISTEMA AQUÍFERO SÃO SEBASTIÃO.....</b>	<b>37</b>
<b>8.1 Análise dos índices de saturação mineral.....</b>	<b>37</b>
<b>8.2 Análise da especiação química dos elementos.....</b>	<b>41</b>
<b>9. CONCLUSÕES.....</b>	<b>44</b>
<b>10. REFERÊNCIAS.....</b>	<b>46</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 01:</b> Fluxograma da metodologia utilizada para realização deste estudo.....	3
<b>Figura 02:</b> Mapa de localização do Polo Industrial de Camaçari, Bahia (CPRM, 2002).....	6
<b>Figura 03:</b> Localização Rifte Recôncavo-Tucano-Jatobá (MILHOMEM et al., 2003).....	7
<b>Figura 04:</b> Carta Estratigráfica da Bacia do Recôncavo com destaque para a sequência estudada (modificada de Silva et al., 2007).....	10
<b>Figura 05:</b> Mapa geológico do Polo Industrial de Camaçari, Bahia (CPRM, 2002).....	14
<b>Figura 06:</b> Coluna composta pelos Membros Rio Joanes e Passagem dos Teixeiras da Formação São Sebastião na região de Camaçari-DiasD'Ávila (Mota, 2004).....	18
<b>Figura 07:</b> Mapa potenciométrico regional do sistema aquífero Recôncavo Norte (modificado de Leite,1964).....	24
<b>Figura 08:</b> Mapa potenciométrico local (Cetrel, 2003).....	25
<b>Figura 09:</b> Diagrama de Piper para classificação da água subterrânea no PIC (Nascimento e Alves,2011).....	26
<b>Figura 10:</b> Distribuição relativa da salinidade das águas subterrâneas na área do Polo Industrial de Camaçari.....	27
<b>Figura 11:</b> Diagrama de Lemoine (1974) do United States Salinity Laboratory - USLL.....	28
<b>Figura 12:</b> Mapa geoquímico de distribuição do ferro.....	34
<b>Figura 13:</b> Mapa geoquímico de distribuição da condutividade elétrica.....	35
<b>Figura 14:</b> Mapa geoquímico de distribuição do bicarbonato.....	36
<b>Figura 15:</b> Relação entre os índices de saturação e o pH para a fase mineral do carbonato.....	38
<b>Figura 16:</b> Relação entre os índices de saturação e o pH para a fase mineral de minerais de silicato de magnésio.....	39
<b>Figura 17:</b> Relação entre os índices de saturação e o pH para a fase mineral da sílica.....	40
<b>Figura 18:</b> Relação entre os índices de saturação e o pH para a fase mineral de óxido e hidróxido de ferro.....	41

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 01:</b> Características dos poços do sistema aquífero Marizal/ São Sebastião (adaptado de Siagas, 2011 e Santos, 2010).....	33
<b>Tabela 02:</b> Relações iônicas características e classificação das águas subterrâneas (Nascimento e Alves, 2011).....	36
<b>Tabela 03:</b> Resultado da classificação das águas para irrigação (adaptado de FEITOSA, 2008).....	38
<b>Tabela 04:</b> Resultados analíticos das águas subterrâneas na área do Polo Industrial de Camaçari (SIAGAS, 2011).....	39
<b>Tabela 05:</b> Correlação linear entre os elementos.....	40
<b>Tabela 06:</b> Especificação química dos elementos que constituem as águas subterrâneas do aquífero São Sebastião na área do Polo Industrial de Camaçari.....	51

## LISTA DE FOTOS

<b>Foto 01:</b> Incrustações ferruginosas na forma de manchas irregulares da Formação Barreiras localizadas ao sul da Cetrel (FONSECA, 2004).....	11
<b>Foto 02:</b> Estratos cruzados angulares truncados da Formação Barreiras(FONSECA, 2004).....	12
<b>Foto 03:</b> Argilito vermelho amarelo da Formação Barreiras (FONSECA, 2004).....	12
<b>Foto 04:</b> Nível grosseiro da Formação Marizal com presença de argilas brancas (FONSECA, 2004).....	13
<b>Foto 05:</b> Arenitos brancos de matriz caulínica com níveis limoníticos da Formação Marizal (FONSECA, 2004).....	15
<b>Foto 06:</b> Contato inclinado entre as Formações São Sebastião e Marizal. No detalhe, capa laterítica no contato com gretas de ressecamento (FONSECA, 2004).....	16
<b>Foto 07:</b> Paleocanal da Formação São Sebastião (FONSECA, 2004).....	17

## **1. INTRODUÇÃO**

Em geral, a composição química da água subterrânea é decorrente da mineralogia das rochas que compõe o aquífero. A hidrogeoquímica tenta relacionar estas interações com a composição química encontrada nestas águas visto que os constituintes irão definir sua qualidade.

Na Bahia é comum a ocorrência de águas subterrâneas com elevados teores de ferro, mesmo sendo considerado elemento menor ou traço (0,01 a 10 mg/L). Isto porque o ferro é o segundo metal mais comum na crosta terrestre e apresenta boa mobilidade nas condições físico-químicas do meio ambiente em questão.

Após algumas observações notou-se que o ferro é um elemento constante e de níveis, por vezes, elevados quando comparados com padrão de potabilidade para consumo humano do 2.914/2011 do Ministério da Saúde nas águas do aquífero São Sebastião. Desta forma buscou-se entender a sua origem durante a evolução destas águas, uma vez que os íons liberados para a água estão relacionados a composição do mineral original, em diversos casos, as reações e os processos do intemperismo em profundidade podem ser deduzidos da composição da água subterrânea. Desta forma acredita-se que o ferro deve estar associado aos solos e rochas dessa região.

### **1.1 OBJETIVOS**

#### **1.1.1 Objetivo geral**

Este trabalho tem como objetivo pesquisar a origem e evolução hidrogeoquímica do elemento ferro nas águas do sistema aquífero São Sebastião na área do Polo Industrial de Camaçari – Bahia.

#### **1.1.2 Objetivos Específicos**

- Verificar a influência do excesso de ferro na qualidade da água subterrânea e na saúde da população;

- Aplicar diagramas hidroquímicos para classificação das características químicas das águas;
- Desenvolver o modelamento hidrogeoquímico: cálculo de índice de saturação e especiação química do ferro;

## 1.2 Justificativa

No sistema aquífero em questão existe a ocorrência de anomalias nas concentrações de ferro observadas em análises químicas realizadas em diferentes períodos de coleta. Este fato pode acarretar diversos fatores negativos na saúde da população dos municípios envolvidos, dos animais e até mesmo ao solo que é irrigado com essas águas.

As principais consequências da deficiência de ferro no organismo humano é a anemia, já seu excesso pode aumentar a incidência de problemas cardíacos e diabetes. DELVIN, et al (1998) afirma que o acúmulo de ferro no fígado, no pâncreas e no coração pode levar a cirrose e tumores hepáticos, diabetes *mellitus* e insuficiência cardíaca.

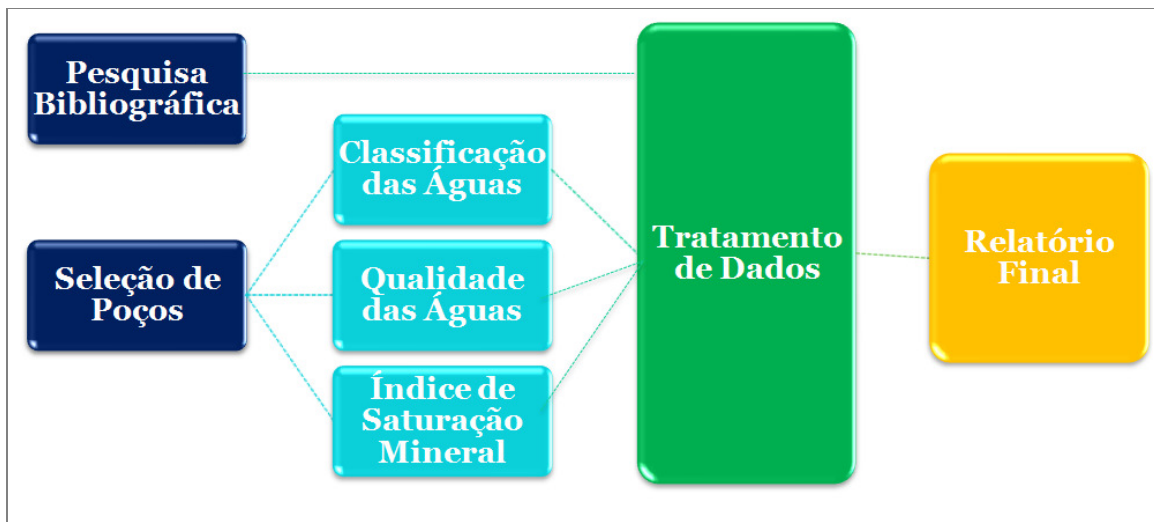
Outro fator relevante é que o elevado teor deste metal pode causar formação de mineralizações nos sistemas hidráulicos causando danos aos poços e bombas d'água de casas e indústrias. Tais danos podem ser permanentes resultando em perda total destes sistemas, mas também, temporário podendo ser resolvido com manutenções preventivas.

Como a região da Bacia Sedimentar do Recôncavo Norte apresenta grande demanda por recursos hídricos existe um nível crescente de exploração de águas subterrâneas para a população e também para as atividades econômicas locais.

Levando em consideração que o ferro é um nutriente essencial para vida e as características físico-químicas e geológicas desta região, verifica-se que uma pesquisa onde englobe a descrição da origem, evolução, relação com o meio físico, forma de ocorrência e distribuição deste elemento nas águas do sistema aquífero São Sebastião é de primordial importância para a saúde da população local além de permitir que a gestão das águas subterrâneas seja mais bem desenvolvida.

### 1.3 Metodologia

A metodologia utilizada neste trabalho visou pesquisar a origem e evolução hidrogeoquímica do elemento ferro nas águas subterrâneas do sistema aquífero São Sebastião na área do Polo Industrial de Camaçari e envolveu basicamente, 4 fases de trabalho (Figura 01).



**Figura 01:** Fluxograma da metodologia utilizada para realização deste estudo.

Na primeira fase foi realizado o levantamento das principais e mais recentes publicações, artigos e teses da região que estavam relacionados com o tema deste trabalho. Ainda neste período foi feita a seleção de poços que seriam utilizados, estes arquivos foram retirados do banco de dados do Siagas (Sistema de Informações de Águas Subterrâneas). Foram selecionados os poços que continham dados completos de análises químicas e que se encontravam instalados no aquífero São Sebastião.

A segunda fase envolveu a classificação das águas subterrâneas da área com o auxílio do *software* Qualigraf (FUNCEME, 2003). Em seguida foi determinada a qualidade das águas subterrâneas da área do Polo Industrial de Camaçari com base no padrão de referência estabelecido pela Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde. Por fim, foram realizados os cálculos dos índices de saturação onde foi possível definir se existe possibilidade de precipitação de fases minerais que contém ferro em sua composição. Para a realização deste cálculo utilizou-se o *software*

PHREEQE 2.0 (PARKHURST e APPELO, 1999). As fases minerais foram definidas levando-se em consideração o estudo das litofácies locais.

Na terceira fase foi realizado o tratamento dos dados obtidos nas etapas anteriores. Desta forma, os resultados foram integrados e analisados utilizando alguns softwares como *Excel*, *Paint* e *Arcgis* necessários para interpretação dos dados e atingir o objetivo do trabalho.

A quarta fase foi a realização do relatório final com os resultados das análises e integração de todos os dados.

#### **1.4 A área do Polo Industrial De Camaçari**

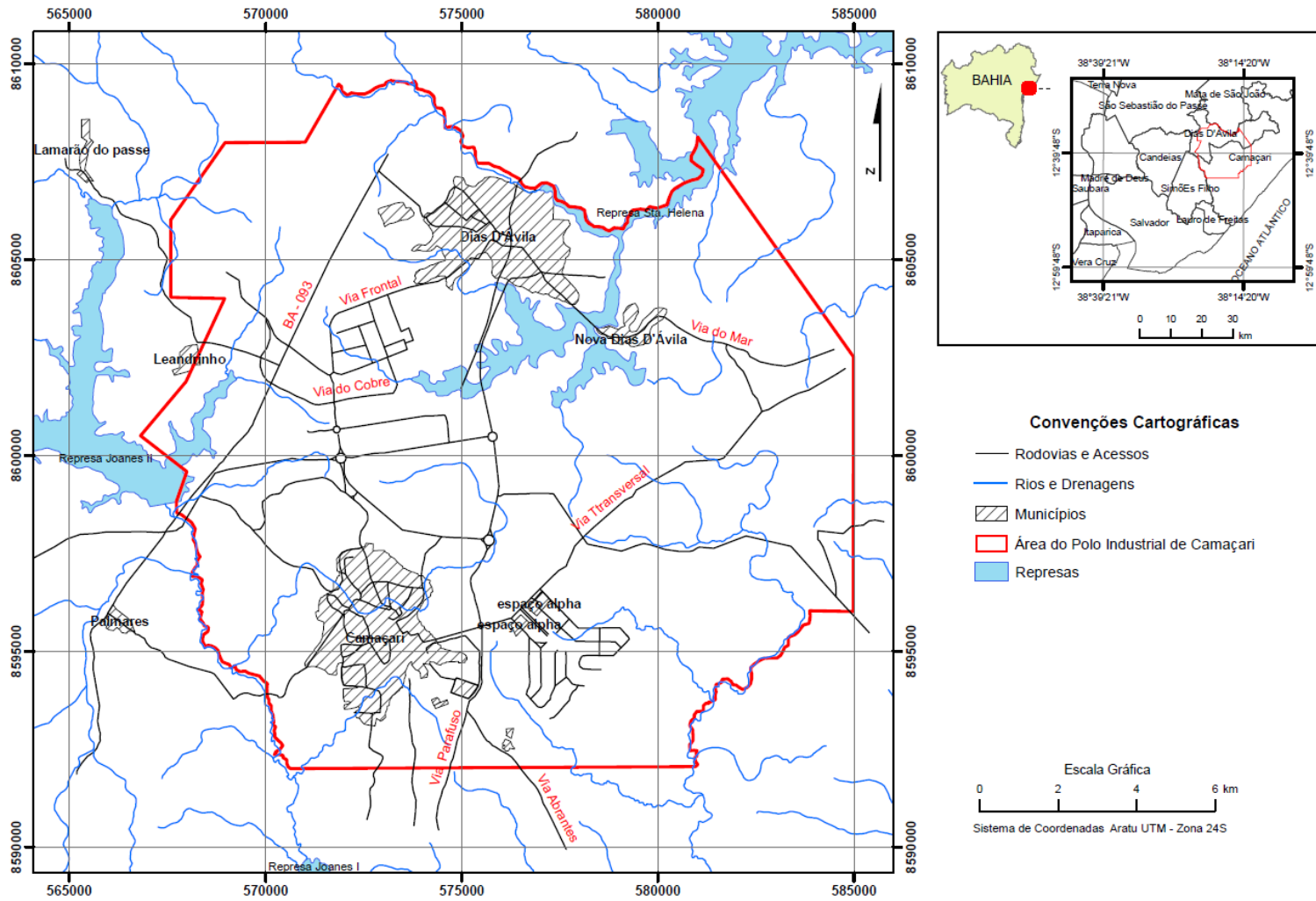
O Polo Industrial de Camaçari (Figura 02), primeiro complexo petroquímico planejado do país, está localizado no município de Camaçari, a 50 quilômetros de Salvador. Inaugurado em 1978 tornou-se o maior complexo industrial integrado do Hemisfério Sul, contendo, atualmente, mais de 90 empresas de diversos setores que gera oportunidades de emprego e renda para todo o Nordeste. As empresas do Polo Industrial de Camaçari estão agrupadas em cinco áreas industriais distintas: a área do Complexo Básico (1.293 hectares), a área Industrial Leste (2.614 hectares), a área Industrial Norte (451 hectares), a área Industrial Oeste (544 hectares) e a área de Usos Especiais onde se concentram as atividades institucionais, científicas e pesquisa de apoio às indústrias (COFIC, 2012).

O acesso à região é efetuado por transporte aéreo e, principalmente, rodoviário. O transporte aéreo é realizado até Salvador através do Aeroporto Internacional Luiz Eduardo Magalhães. O transporte rodoviário é o mais usual para acesso à região e seu interior, a partir de Salvador as principais vias de acesso compreendem a Via Parafuso (BA-535), a Cia. Aeroporto (BA-526), a BA-512, BA-521 e BA-524 (liga Porto de Aratu a Camaçari) e BA-099 (Estrada do Côco), além de vias secundárias como a Estrada da Cascalheira (SEPLAN, 2012).

O clima, nos municípios de Camaçari e Dias D'Ávila, é classificado como úmido a sub-úmido, caracterizando-se por chuvas relativamente abundantes. A precipitação média anual varia de 1.100 a 2.000 mm. No trecho do litoral norte, a partir de Salvador, o mês de janeiro se configura como de baixa pluviosidade (BAHIA, 1996). A umidade relativa do ar é alta, típica de clima úmido, em torno de



80%. A região está inserida na faixa zonal de baixa latitude conferindo-lhe o clima megatérmico. As temperaturas encontradas são: máxima de 25,4 a 32,2°C, média de 19,4 a 24,6°C e mínima de 15,3 a 22,4°C (SEI, 1998).



**Figura 02:** Mapa de localização do Polo Industrial de Camaçari, Bahia. Fonte: CPRM, 2004.

## 2. GEOLOGIA REGIONAL

A Bacia Sedimentar do Recôncavo é a parte sul do rifte continental abortado, Recôncavo-Tucano-Jatobá (Figura 03), desenvolvido juntamente ao estiramento crustal que resultou na fragmentação do Supercontinente Gondwana durante o Eocretáceo, promovendo a abertura do Oceano Atlântico. A Bacia Sedimentar do Recôncavo está situada na região leste do Brasil, no Estado da Bahia e se estende por, aproximadamente, 11.500 km<sup>2</sup>. Sua arquitetura básica é a de um meio-gráben, com falha de borda a leste e orientação geral NE-SW. Seus limites são representados pelo Alto de Aporá, a norte e noroeste; pelo sistema de falhas da Barra, a sul; pela Falha de Maragogipe, a oeste; e pelo sistema de falhas de Salvador, a leste (SILVA et al., 2007).



**Figura 03:** Localização Rifte Recôncavo-Tucano-Jatobá. Fonte: MILHOMEM et al., 2003.

Regionalmente são descritas rochas cristalinas de idade Arqueana, depósitos sedimentares de idades Permiana, Jurássica, Cretácea e depósitos aluviais Quaternários.

O embasamento cristalino da Bacia Sedimentar do Recôncavo é representado predominantemente por gnaisses granulíticos Arqueanos pertencentes ao Bloco Serrinha, a oeste e norte; aos cinturões Itabuna-Salvador-Curaçá, a oeste-sudoeste; e Salvador-Esplanada, a leste-nordeste. Ao norte, ocorrem rochas metassedimentares de idade Neoproterozóica, relacionadas ao Grupo Estância. Estas rochas associam-se a sequências supracrustais depositadas em bacias rifte e em ambientes plataformais de margem passiva, compreendendo quartzitos, paragnaisses aluminosos, rochas calciossilicáticas, formações ferríferas, gnaisses manganíferos, grafitosos e gonditos. São ainda descritas rochas máficas (anfíbolitos) interpretadas como remanescentes de crosta oceânica. Estes terrenos estiveram submetidos a múltiplos eventos deformacionais e de metamorfismo desde o Arqueano até o Proterozóico, quando ocorreu a estabilização do Cráton do São Francisco (SILVA et al., 2007).

Sobreposto ao embasamento houve a deposição da Formação Afligidos que é subdividida nos Membros Pedrão e Cazumba. O Membro Pedrão é composto por arenitos finos a muito finos intercalados com lamitos algais de idade Permiana. Sobre este depósito está o Membro Cazumba que é constituído por pelitos avermelhados e evaporitos de ambiente lacustre. O contato inferior da Formação Afligidos com o embasamento e superior com a Formação Aliança são discordantes (Figura 04).

O preenchimento sedimentar da Bacia do Recôncavo compreende os depósitos acumulados durante o processo extensional Juro-Cretáceo e está relacionado aos estágios pré-rifte, rifte e pós-rifte. Sua espessura máxima, superior a 6.500 m, é verificada no Baixo de Camaçari.

Na fase pré-rifte, que engloba três grandes ciclos flúvio-eólicos, depositaram-se sedimentos continentais do Grupo Brotas que está compartimentado nas Formações Aliança e Sergi. A Formação Aliança é composta por arenitos arcoseanos finos a conglomeráticos, e a Formação Sergi é representada de arenitos conglomeráticos vermelhos e marrons com estratificações cruzadas intercalados por folhelhos vermelhos a cinza-esverdeados. Ainda neste sistema ocorrem a Formação Itaparica composta por folhelhos vermelhos, marrons e cinza-olivas, e siltitos com

raras intercalações de arenitos finos e a Formação Água Grande composto por arenitos fluviais grossos a finos, cinza-claro a esverdeados, com estratificações cruzadas acanaladas de médio a grande porte.

Na fase rifte, a Bacia do Recôncavo foi preenchida por dois sistemas progradacionais principais: o primeiro, flúvio-deltaico passando a lacustre, representado pela Formação Candeias que engloba folhelhos cinza-escuro (Membro Tauá) e arenitos turbidíticos intercalados por folhelhos cinza-esverdeados e calcilutitos (Membro Gomo) característicos de lago profundo, pela Formação Maracangalha que abrange arenitos turbidíticos, finos, maciços, siltíticos a argilosos, ricos em matéria orgânica (Membro Pitanga) e arenitos lenticulares com estratificações plano-paralelas e cruzadas tangenciais (Membro Caruaçu), pelo Grupo Ilhas (Formações Marfim, Pojuca e Taquipe) composto de arenitos cinza-claro, limpos, finos a médios, bem selecionados, intercalados com folhelhos cinza esverdeado da Formação Marfim e arenitos calcíferos muito fino a fino e folhelhos cinzas, siltitos e biocalcarenitos ostracoidais da Formação Pojuca e ainda pelo Grupo Massacará (Formação São Sebastião), cuja sedimentação fluvial finaliza a fase rifte. Esta formação é composta de arenitos de cor e granulometria variados, friáveis, com intercalações de siltitos e folhelhos e ocorre numa área de 7000 km<sup>2</sup>, ocupando 2/3 da Bacia Sedimentar do Recôncavo (MOTA, 2004). O segundo sistema consiste da Formação Salvador que é composto de fan-deltas derivados da borda falhada, com conglomerados proximais e turbiditos mediais a distais.

A sequência pós-rifte é representada pelos sedimentos de pouca espessura (30 a 50 metros) pertencentes à Formação Marizal. Sua deposição relaciona-se a sistemas aluviais desenvolvidos no contexto de subsidência termal, indicado pela sub-horizontalidade dos estratos, que se sobrepõem discordantemente a seções estruturadas, relacionadas à fase rifte. Engloba um pacote de arenitos argilosos, caulíníticos, com finas camadas de siltitos e de folhelhos com presença de níveis conglomeráticos basais.

Os sedimentos inconsolidados que compõem a fisiografia vista atualmente na Bacia do Recôncavo englobam sedimentos de idade Pleistocênico a Holocênico. Os aluviões representam areias mal selecionadas, com níveis cascalhosos contendo seixos angulosos (BARBOSA, 1996).



### 3. GEOLOGIA DA ÁREA DO POLO INDUSTRIAL DE CAMAÇARI

#### 3.1 Depósitos de Sedimentos Inconsolidados do Quaternário

São sedimentos de origem aluvionar e flúvio aluvionar com distribuição e espessura reduzida que ocorrem com maior frequência nos vales da rede de drenagem e nas planícies de inundação ao longo da área. São constituídos, principalmente, por areia, cascalho e argilas, são mal selecionados e contém ainda, seixos angulosos. Estes sedimentos são ricos em matéria orgânica.

#### 3.2 Formação Barreiras

Sobrepondo-se discordantemente sobre as rochas da Bacia Sedimentar do Recôncavo Norte e embasamento cristalino ocorrem os depósitos de leques aluviais Terciários da Formação Barreiras que aparecem sob a forma de extensos tabuleiros no Estado da Bahia. Na área em estudo esta Formação tem ocorrência limitada, se apresentando como resíduos localizados, principalmente, a leste e oeste do município de Dias d'Ávila. Sua base é composta por conglomerado estratificado onde predominam grãos de quartzo leitoso, fragmentos alterados de rochas metamórficas, arenito e seixos de argila. A matriz é arenosa e por vezes ferruginosa (Foto 01).



**Foto 01:** Incrustações ferruginosas na forma de manchas irregulares da Formação Barreiras localizadas ao sul da Cetrel. Fonte: FONSECA, 2004.



Os arenitos são grosseiros com grãos mal selecionados, subangulares a subarredondados e de cores variadas. A estratificação cruzada domina nos arenitos inferiores (Foto 02). No topo da Formação existe tendência para laminação plano-paralela.



**Foto 02:** Estratos cruzados angulares truncados da Formação Barreiras. Fonte: FONSECA, 2004.

Leitos de argilas amarelas ou vermelha, maciços ou com laminação paralela e espessura de até 30 cm (Foto 03), possuem extensão apreciável e cortam discordantemente as camadas inferiores. O truncamento dos leitos é frequente e os diastemas são frequentemente marcados por superfícies limonitizadas. A canga de óxido de ferro é muito comum, impregnando camadas de arenitos de mais de um metro de espessura (INDA, 1979).



**Foto 03:** Argilite vermelho amarelo da Formação Barreiras. Fonte: FONSECA, 2004.



### 3.3 Formação Marizal

A Formação Marizal ocorre na maior parte da área do Polo Petroquímico de Camaçari (Figura 05) sendo representado por relevo ondulado a plano. Com espessura que varia de 30 a 50 metros, está assentado em contato discordante sobre a Formação São Sebastião constituindo-se assim como topo freático favorecendo a recarga natural do sistema aquífero São Sebastião.

A Formação Marizal é constituída por sedimentos depositados em ambiente de leques aluviais e sistemas fluviais entrelaçados (LIMA, 1991), com grandes variações faciológicas, tanto horizontal quanto vertical é composta, principalmente, por arenitos e conglomerados, mas contém, ainda, siltitos, folhelhos e calcários. Os arenitos têm cores variadas, granulometria fina a grossa, quartzosos, pouco micáceos, contendo grãos de argila branca (Foto 04) resultantes da alteração dos feldspatos originalmente presentes.



**Foto 04:** Nível grosseiro da Formação Marizal com presença de argilas brancas.

Fonte: FONSECA, 2004.

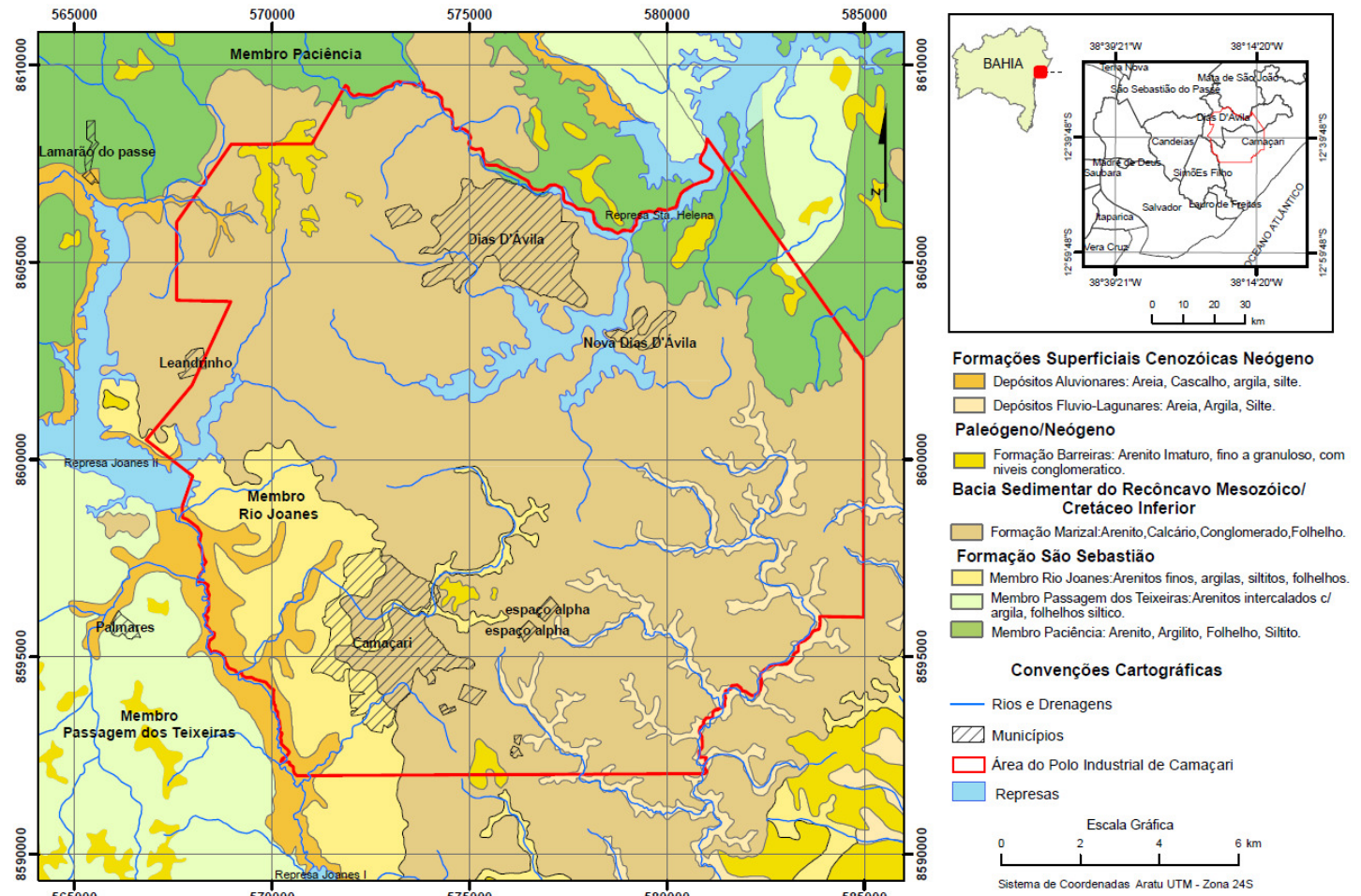
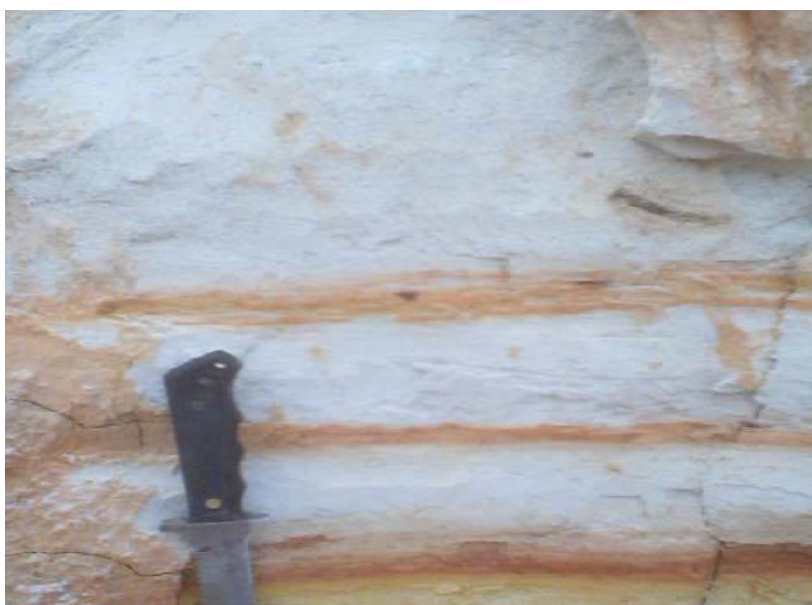


Figura 05: Mapa geológico do Polo Industrial de Camaçari, Bahia. Fonte: CPRM, 2004.

Apresentam estratificações cruzadas de pequeno a grande porte de baixo ângulo. A base da formação geralmente é caracterizada pela ocorrência de conglomerados médios a grossos que se apresentam maciços ou estratificados, possuem matriz predominantemente arenosa e podem conter seixos e calhaus de gnaise, arenito, calcário, quartzo, sílex, siltito, lamito, quartzito e rochas ígneas básicas (BARBOSA, 1996). Os folhelhos são sílticos, pouco calcíferos, às vezes apresentam lâminas de gipsita e barita ou camadas de sílex bandadas. Os siltitos são micáceos, argilosos, raramente ferruginosos e calcíferos. No topo dessa Formação ocorrem fácies lamíticas de argila caulínica clara ou de argilas illíticas avermelhadas ou de cores variadas (Foto 05) (CBPM, 2001).



**Foto 05:** Arenitos brancos de matriz caulínica com níveis limoníticos da Formação Marizal.

Fonte: FONSECA, 2004.

### **3.4 Formação São Sebastião**

A Formação São Sebastião, litologicamente, constitui-se de arenitos grossos a finos, amarelo-avermelhados, friáveis, feldspáticos, intercalados com argilas sílticas. Estratigraficamente sobrepõe-se de forma concordante ao Grupo Ilhas e é recoberto pelas Formações Marizal e Barreiras em contatos discordantes (Foto 06) (SEABRA, 2011).





**Foto 06:** Contato inclinado entre as Formações São Sebastião e Marizal. No detalhe, capa laterítica no contato com gretas de ressecamento. Fonte: FONSECA, 2004.

Sua sedimentação está associada a um regime flúvio-deltaico caracterizado por uma sucessão de espessos corpos de arenitos intercalados com camadas de folhelhos. O sistema fluvial da Formação São Sebastião é composto por associações de fácies de canal e planície de inundação (Foto 07). Morfologicamente os canais fluviais podem ser classificados como rios entrelaçados que possuem geometria em lençol.



**Foto 07:** Paleocanal da Formação São Sebastião. Fonte: FONSECA, 2004.

A sucessão de fácies do sistema deltaico é predominantemente progradacional, onde ocorre a passagem vertical dos sedimentos finos de pró-delta para os depósitos mais arenosos de frente deltaica distal e proximal. A ausência de feições indicativas do retrabalhamento por onda dos depósitos de frente deltaica, associada à predominância de estruturas geradas por correntes unidirecionais, sugerem que a sucessão deltaica foi construída por progradações fluviais (BONGIOLO, 2003). A espessura total desta Formação, na maior parte do Recôncavo, é superior a 1500 m (CAVALCANTI, 2006). Na área estudada a Formação São Sebastião foi compartimentada em três membros:

- **Membro Paciência:** Membro inferior representado, em sua base, por um espesso pacote arenoso esbranquiçado, de granulação fina a grosseira e de matriz caulínica. A seção superior é constituída por intercalações de folhelhos e siltitos calcíferos com nódulos de sílex e de calcário. Inclui uma camada composta por folhelhos pretos carbonosos, contendo lentes de calcário oolítico, ricas em fósseis de ostracóides, gastropodos, lamelibrânquios e restos de vertebrados (CAVALCANTI, 2006).

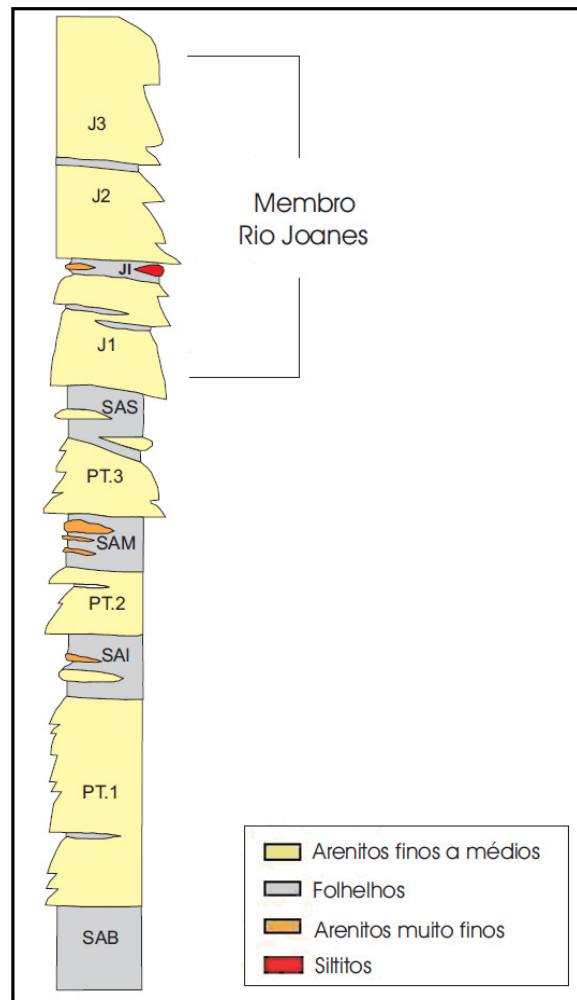
- **Membro Passagem dos Teixeiras:** Membro médio, composto por sucessões de arenitos quartzosos, cinza, amarelos e rosados, empilhados em bancos espessos com estratificação cruzada e alternados com espessos pacotes de argilitos de cores variadas, predominando o cinza-esverdeado. Os arenitos apresentam-se também inter-estratificados com siltitos, arenitos finos argilosos e raros calcários (CAVALCANTI, 2006).

- **Membro Rio Joanes:** Membro superior constituído de arenitos róseos, cinza-avermelhado, vermelho brilhante, maciços, arcoseanos, às vezes com estratificação cruzada e intercalações de argilas silticas, folhelhos, siltitos e arenitos pobremente fossilífero (BARBOSA, 1996). O contato inferior com o Membro Passagem dos Teixeiras é gradacional, enquanto o contato superior é discordante tanto com a Formação Marizal, com a Formação Barreiras e com os aluviões recentes (BAHIA, 1992).

### 3.4.1 Zoneamento de Litofácies

Lima (1999) propôs um zoneamento de litofácies (Figura 06) para seção aquífera explorada da Formação São Sebastião da área de Camaçari e Dias D'Ávila baseado nos estudos de perfis geofísicos de poços, descrições de amostras de calha e testemunhos.

Segundo este zoneamento que inclui os membros médio e superior da Formação São Sebastião existe um limite entre estes caracterizado por uma sequência argilosa de extensão regional denominada Sequência Argilosa Superior (SAS) que possui espessura entre 80 e 120 metros.



**Figura 06:** Coluna composta pelos Membros Rio Joanes e Passagem dos Teixeiras da Formação São Sebastião na região de Camaçari-DiasD'Ávila. Fonte: Mota, 2004.

De acordo com Lima (1999) o Membro Rio Joanes é composto por cinco litofácies que foram caracterizadas da seguinte maneira:

- **Sequência Argilosa Superior (SAS)** - Na base predominam folhelhos cinza-esverdeados escuros a cinza-acastanhados, duros e quebradiços, algo micáceos e com muita pirita disseminada. São ricos em fósseis de ostracóides, restos de peixes e conchas de pelecípodos. Na parte superior, os folhelhos se tornam castanho-amarelados, castanho-avermelhados e arroxeados e possuem intercalações de siltitos (cinza-esverdeados, argilosos e friáveis, com finos estratos cruzados, com bandas cloritosas e matéria orgânica dispersa e bandas claras mais calcíferas) e arenitos (cinza-esverdeados e amarelo-alaranjados, de granulação fina, caolínicos e micáceos, e com estratificação plano-paralela). Existem pelo menos dois corpos de arenitos, de 15 a 30 metros de espessura, inclusos nesta sequência.

- **Fácies Arenosa J1** - A parte basal do Membro Rio Joanes é composta de uma sucessão vertical de bancos arenosos caracterizados por erosão basal e acamadamento gradacional em direção ao topo. Os arenitos são laranja-avermelhados a castanho-avermelhados conglomeráticos com seixos de quartzo e de folhelhos. Contém estratos cruzados na parte da base e passam a arenitos friáveis, maciços, de granulação média a fina, com níveis esparsos de grânulos, seixos quartzosos e pelotas de argilas; tornam-se finamente granulados no topo, argilosos e micáceos, e com estratificação cruzada tabular; finalmente, são recobertos por folhelhos castanho-avermelhados, bandados com siltitos e arenitos finos, na zona de transição. Os folhelhos, pobres em fósseis, podem conter diques centimétricos de arenitos finos, níveis limoníticos e nódulos de manganês.

- **Fácies Argilosa JI** - Folhelhos castanho-avermelhados, duros, com intercalações de siltitos e arenitos finos argilosos. Sua espessura pode atingir de 15 a 20m.

- **Fácies Arenosa J2** - Lençóis empilhados de arenitos rosa a cinza-amarelados, de granulometria média a fina, mas localmente conglomeráticos, separados por intercalações métricas de folhelhos e siltitos micáceos. Acumulam uma espessura da ordem de 200 m e mostram padrões elétricos similares aos de J1.

- **Fácies Argilosa JM** - Folhelhos castanho-amarelados e cinza-esverdeados, maciços, bandeados ou com fissilidade irregular, com intercalações de siltitos e arenitos finos argilosos, como acima. Incluem diques centimétricos de siltitos arenosos. Espessura em torno de 15m. JI e JM possuem características elétricas diagnósticas que permitem utilizá-los em estudos de correlação litoestratigráfica, mas, provavelmente, não são de extensões regionais.

- **Fácies Arenosa J3** - Arenitos cinza, rosa e alaranjados, friáveis, de granulação fina a média, em estratos cruzados acanalados e tabulares de ângulos altos. Níveis esparsos de materiais mais grosseiros com seixos e grânulos acentuam essa estratificação. Intercalam-se níveis de folhelhos castanho-avermelhados, fósseis, siltosos e micáceos, de até 5 m de espessura, como em J2. A espessura composta pode alcançar até 250 m.



#### 4. SOLOS

A área do Polo Industrial de Camaçari está, em sua maior parte, recoberta por sedimentos de Formações de origem cretácea que, segundo a Embrapa (2012), originam diversos tipos de solos, tais como: Latossolo vermelho amarelo, podzólico vermelho amarelo, podzol e areias quartzosas

Na área existe a predominância dos latossolos que, normalmente, são solos muito intemperizados, profundos e apresentam boa drenagem (IBGE, 2007). Suas principais características são a homogeneidade ao longo do perfil, presença de argilas, ausência de minerais primários e baixa capacidade de troca de cátions. Os latossolos encontrados em Camaçari têm cores vermelho-amareladas que indicam a presença de goethita e hematita (KER, 21--.), são profundos, apresentam boa drenagem e normalmente baixa fertilidade natural.

Os argissolos desta classe têm como característica marcante um aumento de argila do horizonte superficial A para o subsuperficial B que é do tipo textural (IBGE, 2007), geralmente acompanhado de boa diferenciação de cores. A profundidade dos solos é variável. No solo, a cor vermelha e amarela indica que há ocorrência dos minerais goethita e hematita.

Já os espodossolos são solos bastante característicos, visto que apresentam diferenciação significativa entre os horizontes, e, na maioria das vezes, têm um horizonte espódico de cores escurecidas ou avermelhadas/ amareladas, precedido de um horizonte eluvial (IBGE, 2007). Em relação ao conteúdo de nutrientes são solos muito pobres. A textura que predomina é a arenosa.

Os neossolos quartzarênicos são solos constituídos por material orgânico pouco espesso (menos de 30 cm de espessura), sem apresentar qualquer tipo de horizonte B diagnóstico (IBGE, 2007). Em geral são profundos e com textura arenosa.

## **5. HIDROGEOLOGIA DA BACIA SEDIMENTAR DO RECÔNCAVO NORTE NA ÁREA DO POLO INDUSTRIAL DE CAMAÇARI (PIC)**

O sistema aquífero encontrado na Bacia Sedimentar do Recôncavo Norte é formado por uma porção livre e outra confinada. A porção livre é representada pelas coberturas das Formações Marizal e Barreiras que tem espessura reduzida e está relacionado aos altos topográficos da região e pelo membro superior da Formação São Sebastião (o Membro Rio Joanes). A porção confinada é composta pelo Membro Passagem dos Teixeiras da Formação São Sebastião que está recoberto por uma espessa camada de argila, a Sequência Argilosa Superior (LIMA, 1999).

### **5.1 Sistema aquífero Barreiras**

O Sistema Aquífero Barreiras tem extensão bastante reduzida na área de estudo, sendo representado em estreitas porções como resultado da erosão do relevo regional. Estes sedimentos sobrepõem-se a Formação Marizal e/ou Formação São Sebastião. A espessura média estimada na Bacia do Recôncavo é da ordem de 50 metros, e comporta-se como aquífero local de transferência de recargas para os sistemas Marizal e/ou São Sebastião (SILVEIRA JÚNIOR, 2004).

### **5.2 Sistema aquífero Marizal**

O sistema aquífero Marizal é constituído de arenitos grossos com níveis sílticos, além de conglomerados em sua porção basal e raras lentes de material argiloso descontínuo. A espessura média na Bacia do Recôncavo é de 200 m (COSTA, 1994), ocorrendo em condições livre e confinada.

Sobre os sedimentos desta formação está implantada a maior parte do Polo Industrial de Camaçari. Nesta área, a formação apresenta condições hidrogeológicas locais de aquífero suspenso e/ou como aquífero de transferência para o sistema sotoposto formado pelos sedimentos da Formação São Sebastião o escoamento subterrâneo deste aquífero é controlado pela topografia do terreno, com as áreas de recarga situadas junto aos altos topográficos e as de descargas junto aos córregos, rios, drenos e áreas alagadas (SILVEIRA JÚNIOR, 2004).

O aquífero Marizal possui, de modo geral, águas de boa qualidade e boa produtividade hídrica. Nas porções não confinadas a vazão média é de 21,3 m<sup>3</sup>/h e capacidade específica média é 2,13 m<sup>3</sup>/h/m (ANA, 2007). Nas porções confinadas os valores médios de vazão e capacidade específica são, respectivamente, de 15,1 m<sup>3</sup>/h e 2,00 m<sup>3</sup>/h/m. A disponibilidade hídrica estimada para esse aquífero é de 7,2 m<sup>3</sup>/s (ANA, 2007).

### **5.3 Sistema aquífero São Sebastião**

O sistema aquífero São Sebastião é constituído predominantemente por camadas arenosas com intercalações de argilas. Suas camadas, que chegam a atingir 3.000 m (COSTA, 1994), apresentam elevado potencial hidrogeológico e pode apresentar água doce até 1000 m de profundidade (LEITE, 1964).

Os afloramentos deste aquífero ocorrem, principalmente, na Bacia Sedimentar do Recôncavo, em subsuperfície estende-se até a Bacia Sedimentar do Tucano. Sua área de recarga é extensa, o que possibilita uma excelente recarga direta a partir dos 1.735 mm de precipitação média por ano (SANTOS, 2010). A qualidade química das águas do São Sebastião é considerada boa. Costa (1994) informa que os níveis de sólidos totais dissolvidos são menores que 500 mg/L.

As cidades de Camaçari, Dias D'Ávila, comunidades vizinhas, o Polo Industrial de Camaçari e o Centro Industrial de Aratu tem seu abastecimento hídrico extremamente dependente deste aquífero. Isto deve-se ao fato de que as águas superficiais encontram-se limitadas em relação a demanda hídrica e com problemas de poluição em função, principalmente, da falta de saneamento básico na maioria dos municípios.

A utilização da água para irrigação é restrita a pequenas áreas e com utilização de baixas vazões. Nas áreas industriais onde o aquífero é densamente explorado os níveis piezométricos apresentam cone de rebaixamento.

O aquífero apresenta elevada produtividade, tanto nas áreas livres como também nas confinadas. Segundo a média do levantamento de 136 poços nesta área a vazão média nas camadas do aquífero é de 49,4 m<sup>3</sup>/h (Tabela 01).

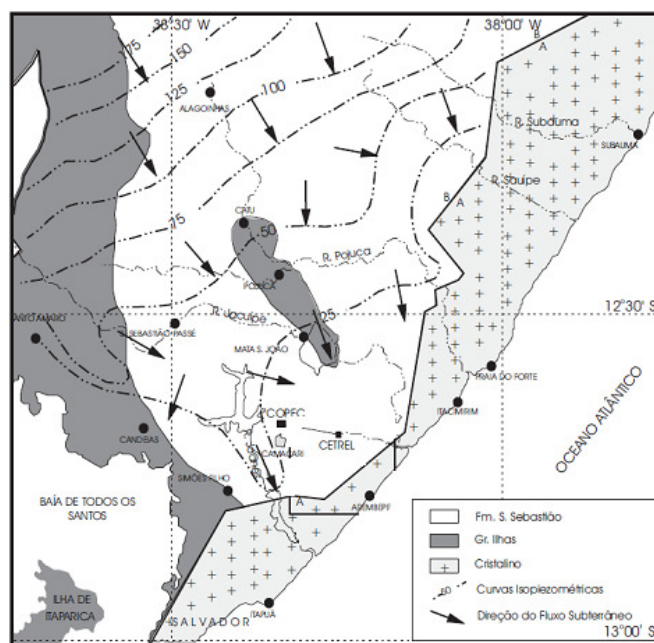
**Tabela 01:** Características dos poços do aquífero São Sebastião.

<b>Profundidade média (m)</b>	132,9
<b>Vazão média (m<sup>3</sup>/h)</b>	49,4
<b>Nível estático (m)</b>	10,0
<b>Nível dinâmico (m)</b>	31,6
<b>Rebaixamento (m)</b>	21,6
<b>Capacidade específica média (m<sup>3</sup>/h/m)</b>	3,0
<b>Poços consultados</b>	136

Fonte: Adaptado de Siagas, 2011 e Santos, 2010.

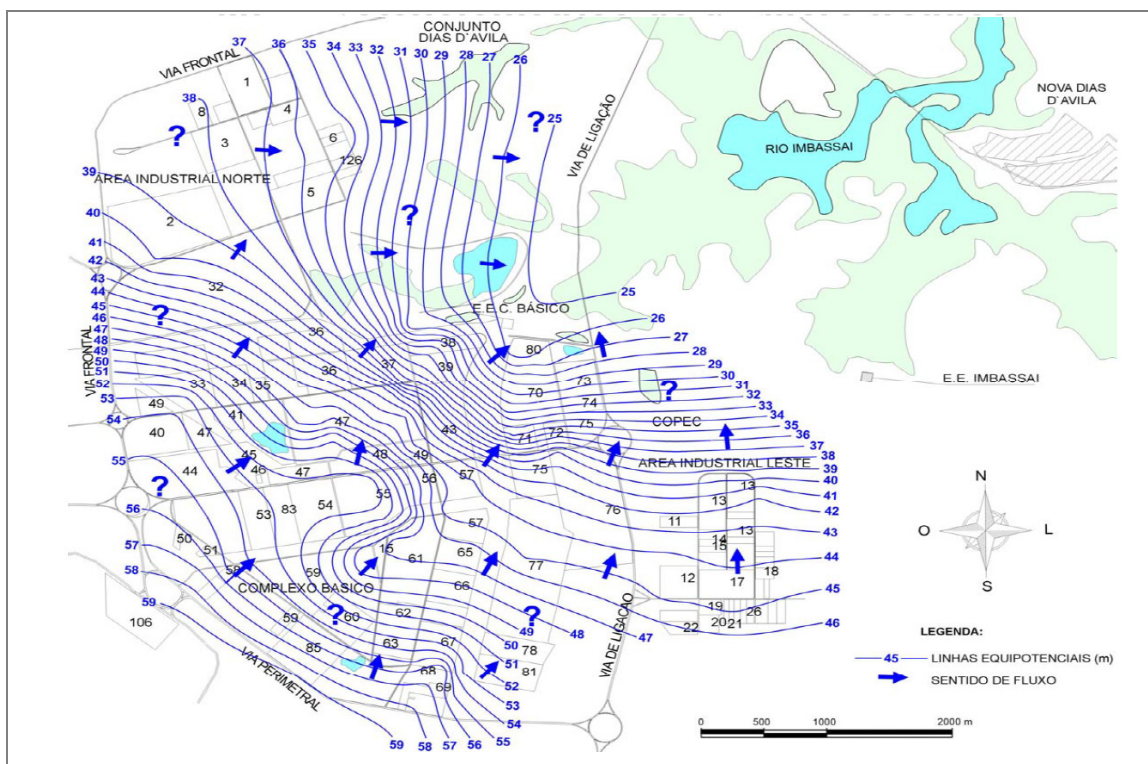
A disponibilidade hídrica estimada para esse sistema é elevada e indica que o São Sebastião pode atender as demandas de água potável dos municípios situados na área deste sistema aquífero.

Do ponto de vista hidráulico, o sistema aquífero São Sebastião constitui-se num meio extremamente heterogêneo. Desta forma, observa-se que o comportamento do fluxo de águas subterrâneas tende a sofrer variações de acordo com a escala em que é observada. Numa visão regional (Figura 07) da área a direção do fluxo subterrâneo é de W-NW para E-SE de acordo com o mergulho regional dos estratos (LIMA, 1999). Localmente (Figura 08), a direção do fluxo converge para alimentar as correntes de água superficial. Há um paralelo muito forte entre as linhas do fluxo subterrâneo e aquelas do fluxo superficial (CAVALCANTI, 2006).

**Figura 07:** Mapa potenciométrico regional do sistema aquífero Recôncavo Norte.

Fonte: Modificado de Leite (1964).

O *trend* do fluxo subterrâneo do aquífero freático na área do Complexo Básico, região central do PIC, é de SW – NE e converge para o rio Imbassaí, área mais próxima da descarga natural do aquífero. Na Área Industrial Norte, o sentido de fluxo ocorre de NW para SE e no Setor Leste é SSE – NNW. Todos esses fluxos convergem também para o rio Imbassaí (SANTOS, 2010).



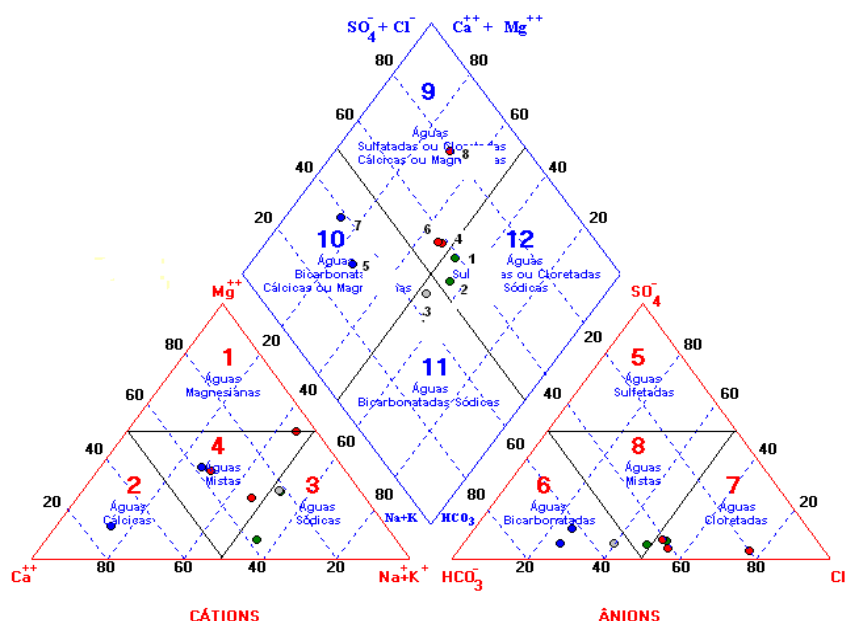
**Figura 08:** Mapa potenciométrico local. Fonte: Cetrel (2003).

## 6. CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DO SISTEMA AQUÍFERO SÃO SEBASTIÃO NA ÁREA DO POLO INDUSTRIAL DE CAMAÇARI (PIC)

Para classificar as águas subterrâneas na área do Polo Industrial de Camaçari foram selecionados oito poços tubulares perfurados na Formação São Sebastião que continham dados de análises químicas completas no banco de dados do SIAGAS/CPRM.

Com os dados das análises químicas e com o auxílio do *software Qualigraf* (FUNCEME, 2003) foi possível classificar as águas subterrâneas da área utilizando o Diagrama Triangular de Piper (1944) e para a Classificação para fins de Irrigação utilizou-se o diagrama SAR de Lemoine (1974).

Através do Diagrama de Piper, estabeleceu-se a classificação das águas subterrâneas e com os dados químicos as suas relações iônicas características, conforme estão mostradas na Figura 09 e Tabela 02. As águas da Central de Polímeros e Copene IV e VII e Rhódia Nordeste são semelhantes (cloretadas-sódicas) enquanto as águas da Copene V são bicarbonatadas-sódicas, Copene VI e Nitroclor são bicarbonatadas cálcicas magnesianas.



**Figura 09:** Diagrama Triangular de Piper para classificação da água subterrânea no PIC.

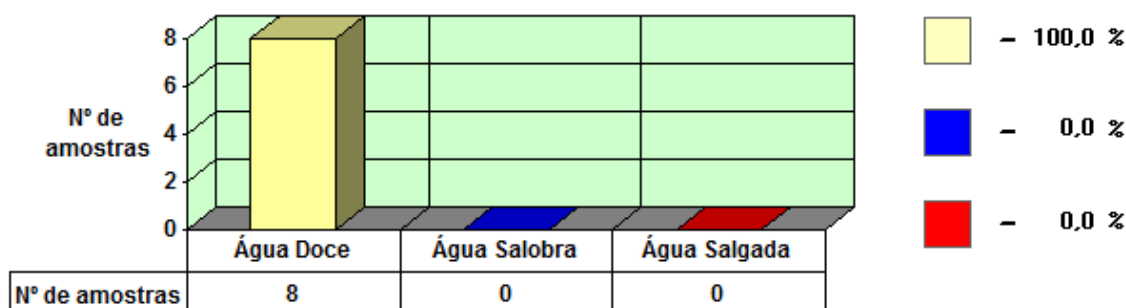
Fonte: Nascimento e Alves, 2011.

**Tabela 02:** Relações iônicas características e classificação das águas subterrâneas.

Local	Cátions	Ânions	Classificação
Central de Polímeros	$rNa > rMg > rCa$	$rCl > rHCO_3 > rSO_4$	Cloretada Sódica
Copene IV	$rNa > rCa > rMg$	$rCl > rHCO_3 > rSO_4$	Cloretada Sódica
Copene V	$rNa > rMg > rCa$	$rHCO_3 > rCl > rSO_4$	Bicarbonatada Sódica
Copene VI	$rCa > rMg > rNa$	$rHCO_3 > rCl > rSO_4$	Bicarbonatada Cálcica Magnésiana
Copene VII	$rNa > rCa > rMg$	$rCl > rHCO_3 > rSO_4$	Cloretada Sódica
Ródia Nordeste	$rNa > rMg > rCa$	$rCl > rHCO_3 > rSO_4$	Cloretada Sódica
Nitroclor	$rCa > rMg > rNa$	$rHCO_3 > rCl > rSO_4$	Bicarbonatada Cálcica Magnésiana
Nitrocarbono II	$rCa > rMg > rNa$	$rCl > rHCO_3 > rSO_4$	Cloretada Cálcica Magnésiana

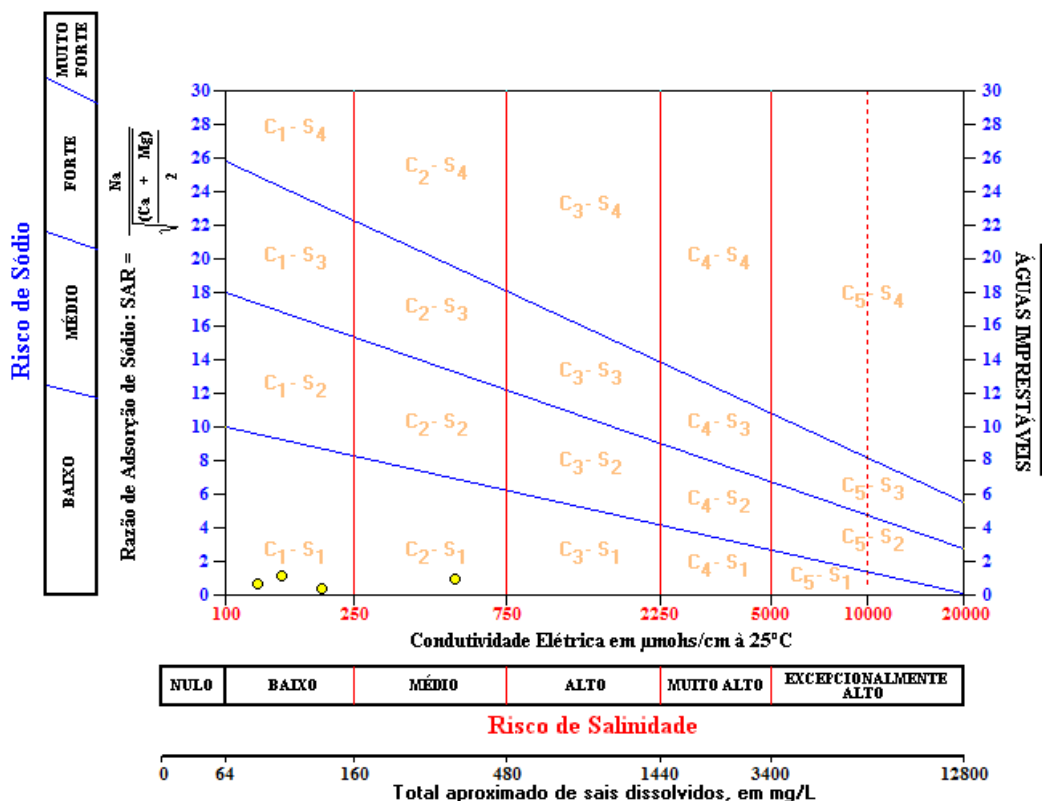
Fonte: Nascimento e Alves, 2011.

A presença dos sólidos totais dissolvidos (STD) determina a classificação das águas em doce, salobra ou salgada a depender do total de constituintes minerais presentes na água por unidade de volume. Todos dos oito poços tubulares avaliados na área do Polo Industrial de Camaçari foram considerados como doce (Figura 10) em decorrência dos baixos valores de condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos.



**Figura 10:** Distribuição relativa da salinidade das águas subterrâneas na área do Polo Industrial de Camaçari.

Com a intenção de classificar a água subterrânea para uso na irrigação utilizou-se o diagrama de Lemoine (1974) do USSL (United States Salinity Laboratory) (Figura 11).



**Figura 11:** Diagrama de Lemoine (1974) do United States Salinity Laboratory - USSL.

Esta classificação está baseada na Razão de Adsorção do Sódio (RAS) como indicador de possível salinização do solo, pois indica a percentagem de sódio contido numa água que pode ser adsorvida pelo solo. No gráfico de Lemoine (1974) são plotados na abscissa os valores de condutividade elétrica e, na ordenada, a Razão de Adsorção de Sódio (RAS), que é calculada segundo a expressão:

$$SAR = \frac{rNa^+}{\sqrt{\frac{r(Ca^{+2} + Mg^{+2})}{2}}}$$



Onde r representa as concentrações de Na, Ca e Mg em miliequivalentes por litro (meq/L). As categorias de águas da classificação do USSL encontradas na área estão relacionadas na Tabela 03:

**Tabela 03:** Resultado da classificação das águas para irrigação.

Local	Classe USLL	Usos
Central de Polímeros Copene IV Copene V Nitrocarbono II	<b>C0S1</b>	Águas de muito baixa salinidade, que podem ser utilizadas sem restrição para irrigação. Água fracamente sódica. Podem ser utilizadas em quase todos os solos com fraco risco de aparição de teores nocivos de sódio suscetível de troca. Presta-se ao cultivo de quase todos os vegetais.
Copene VII Rhódia Nordeste Nitroclor	<b>C1S1</b>	Águas de baixa salinidade, que podem ser utilizadas na maioria das culturas e solos, com pequeno risco de incidentes quanto à salinização do solo, salvo se a permeabilidade deste último for extremamente baixa. Água fracamente sódica. Podem ser utilizadas em quase todos os solos com fraco risco de aparição de teores nocivos de sódio suscetível de troca. Presta-se ao cultivo de quase todos os vegetais.
Copene VI	<b>C2S1</b>	Águas de salinidade média. Devem ser usadas com precaução. Os vegetais de fraca tolerância salina podem ser cultivados, na maioria dos casos, sem perigo. Água fracamente sódica. Podem ser utilizadas em quase todos os solos com fraco risco de aparição de teores nocivos de sódio suscetível de troca. Presta-se ao cultivo de quase todos os vegetais.

Fonte: Adaptado de FEITOSA, 2008.

## 7. QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DO SISTEMA AQUÍFERO SÃO SEBASTIÃO NA ÁREA DO POLO INDUSTRIAL DE CAMAÇARI (PIC)

Para determinar a qualidade das águas subterrâneas da Formação São Sebastião na área do Polo Industrial de Camaçari foram selecionados oito poços tubulares que continham dados de análises químicas completas no banco de dados do SIAGAS/CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais). Os parâmetros analisados encontram-se na Tabela 04. O padrão de referência utilizado para enquadramento foi a Portaria número 2.914 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde.

**Tabela 04:** Resultados analíticos das águas subterrâneas na área do Polo Industrial de Camaçari.

Parâmetro	Unidade	Portaria	Poços							
			CP	Cop IV	Cop V	Cop VI	Cop VII	Rhódia NE	Nitroclor	Nitro II
HCO <sub>3</sub>	mg/L	-	9,0	13,0	16,5	81,6	23,5	21,4	48,1	5,9
Ca	mg/L	-	3,0	5,0	3,0	42,0	8,0	2,0	49,8	7,4
Cl	mg/L	250,0	7,0	8,0	7,0	17,5	17,5	16,6	11,4	13,4
F	mg/L	1,5	0,6	-	0,14	0,18	0,06	0,01	0,15	0,13
Fe	mg/L	0,3	0,2	<b>1,02</b>	0,1	<b>1,3</b>	<b>0,44</b>	<b>0,4</b>	0,02	0,05
K	mg/L	-	4,5	-	5,1	7,0	9,5	4,0	1,4	2,0
Mg	mg/L	-	2,2	0,49	2,2	24,0	3,7	13,0	4,7	4,3
Na	mg/L	200,0	6,0	6,0	5,5	30,0	8,5	20,0	10,0	6,0
Si	mg/L	-	20,8	14,3	9,5	-	12,6	19,5	50,0	25,0
STD	mg/L	1000,0	68,0	100,0	102,0	312,0	82,0	132,0	164,0	42,0
SO <sub>4</sub>	mg/L	250,0	-	0,9	1,0	4,1	2,8	1,0	6,4	0,4
CE	mg/L	-	48,2	72,5	57,0	520,0	126,0	150,0	200,0	70,0
Tur	uT	5,0	4,4	<b>30,0</b>	3,0	<b>32,0</b>	<b>7,6</b>	<b>9,3</b>	1,0	0,5
pH	-	-	7,1	-	6,8	6,8	7,7	6,0	7,0	6,8

Fonte: SIAGAS, 2011.

Nota: Os valores destacados em vermelho indicam que estão acima do recomendado pela Portaria 2.914 do Ministério da Saúde, 2011. Tur: turbidez; STD: sólidos totais dissolvidos; CE: condutividade elétrica.

Segundo a Portaria 2.914/2011 houve atendimento aos padrões de cloreto, dureza, fluoreto, sódio, sólidos totais dissolvidos e sulfato em todas as amostras trabalhadas. No entanto, esta Portaria não registra valores máximos permitidos para bicarbonato, carbonato, potássio, magnésio, sílica, condutividade elétrica e pH. Houve violação do padrão de referência nos teores de ferro total e turbidez nas amostras Copene IV, Copene VI, Copene VII, Rhódia Nordeste. Ressalta-se que o

valor da cor aparente está normal nas unidades estudadas, enquanto a turbidez da água está alterada, provavelmente, devido ao teor de ferro total.

### **7.1 Matriz de correlação linear (Pearson)**

Com o intuito de quantificar a associação dos elementos analisados nas águas subterrâneas foi utilizada a correlação linear de Pearson (Tabela 05) com o auxílio do *software Excel*.

O coeficiente de correlação de Pearson é uma medida do grau de relação linear entre duas variáveis quantitativas. Este coeficiente varia entre os valores -1 e 1. O valor 0 (zero) significa que não há relação linear, o valor 1 indica uma relação linear perfeita e o valor -1 também indica uma relação linear perfeita mas inversa, ou seja, quando uma das variáveis aumenta a outra diminui. Quanto mais próximo estiver de 1 ou -1, mais forte é a associação linear entre as duas variáveis.

Para o total de oito amostras utilizadas nos cálculos do coeficiente de correlação linear de Pearson o valor crítico adotado foi de 0,632 para um nível de confiabilidade de 95%.

As possíveis associações ocorrem em virtude dos elementos apresentarem mobilidades similares, tendendo então a agruparem-se em um mesmo local. Observando a condutividade elétrica, que representa a salinidade, nota-se que está em associação com  $\text{HCO}_3$ , Ca, Mg, Na, Si e STD. A turbidez está relacionada apenas com o ferro total. Já o ferro total encontra-se vinculado ao Na, STD e turbidez.

**Tabela 05:** Matriz de correlação linear entre os elementos.

	HCO3	Ca	Cl	F	Fe	K	Mg	Na	Si	STD	SO4	CE	Tur	pH
HCO3	1,00													
Ca	<b>0,86</b>	1,00												
Cl	0,50	0,29	1,00											
F	-0,17	-0,09	<b>-0,63</b>	1,00										
Fe	0,55	0,21	0,31	-0,09	1,00									
K	0,22	-0,18	0,42	-0,10	0,59	1,00								
Mg	<b>0,81</b>	0,49	<b>0,69</b>	-0,24	0,59	0,24	1,00							
Na	<b>0,82</b>	0,49	<b>0,69</b>	-0,26	<b>0,63</b>	0,26	<b>0,99</b>	1,00						
Si	<b>0,72</b>	<b>0,92</b>	0,06	0,04	-0,46	-0,71	0,16	0,16	1,00					
STD	<b>0,97</b>	<b>0,74</b>	0,43	-0,15	<b>0,66</b>	0,21	<b>0,87</b>	<b>0,88</b>	0,52	1,00				
SO4	<b>0,75</b>	<b>0,93</b>	0,22	0,43	0,03	-0,05	0,29	0,33	<b>0,80</b>	0,59	1,00			
CE	<b>0,96</b>	<b>0,74</b>	0,60	-0,18	0,65	0,27	<b>0,92</b>	<b>0,91</b>	<b>0,68</b>	<b>0,96</b>	0,57	1,00		
Tur	0,49	0,19	0,19	-0,07	<b>0,99</b>	0,51	0,51	0,55	-0,38	0,62	0,00	0,58	1,00	
pH	-0,02	0,11	-0,06	0,25	-0,06	0,48	-0,41	-0,42	-0,04	-0,20	0,35	-0,11	-0,12	1,00

Nota: Os valores destacados em vermelho indicam correlação linear positiva, maior ou igual a  $r = 0,63$ .

## 7.2 Distribuição do ferro total, condutividade elétrica e bicarbonato na área

Com o intuito de representar a distribuição das concentrações do ferro, condutividade elétrica e bicarbonato nas águas subterrâneas do aquífero São Sebastião foram confeccionados mapas que mostram a dispersão desses parâmetros na área.

O mapa de distribuição das concentrações do ferro total (Figura 12) mostra variações dos teores que vão de 0,01 a 4,00 mg/L. As maiores concentrações (acima de 0,03 mg/L) encontram-se no setor oeste e noroeste da área enquanto que a sul foram detectados os menores níveis deste elemento.

A condutividade elétrica na área variou de 35 a 520  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . O mapa de distribuição destes valores (Figura 13) mostra que existe dispersão uniforme em toda área industrial de Camaçari, não existindo, desta forma, concentrações localizadas em alguns setores.

O bicarbonato apresentou níveis que variaram de 0,3 a 81,6 mg/L (Figura 14). Assim como o ferro, as maiores concentrações de bicarbonato encontram-se a oeste e noroeste da área.

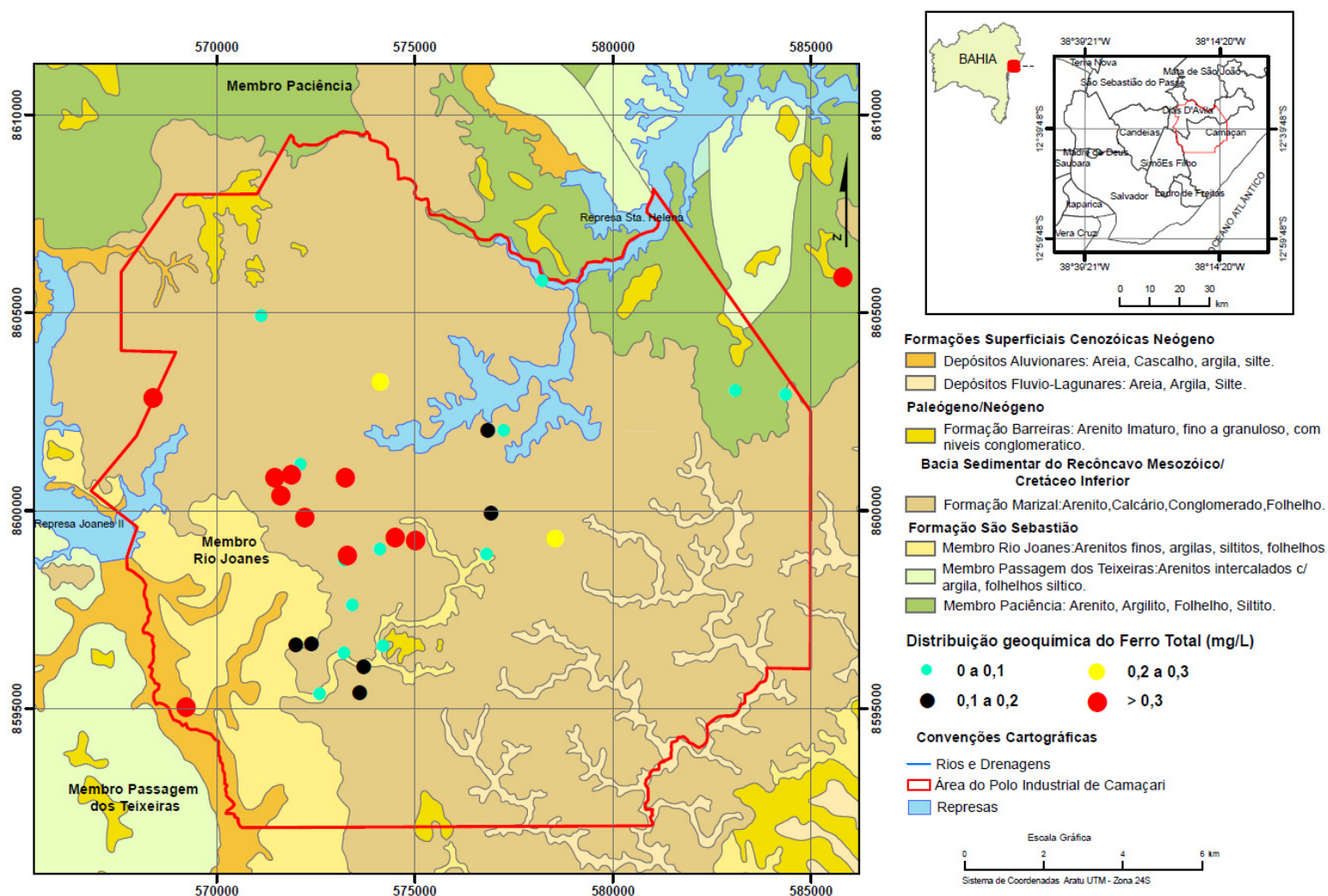


Figura 12: Mapa geoquímico de distribuição do ferro. Fonte: Siagas, 2012 e CPRM, 2004.

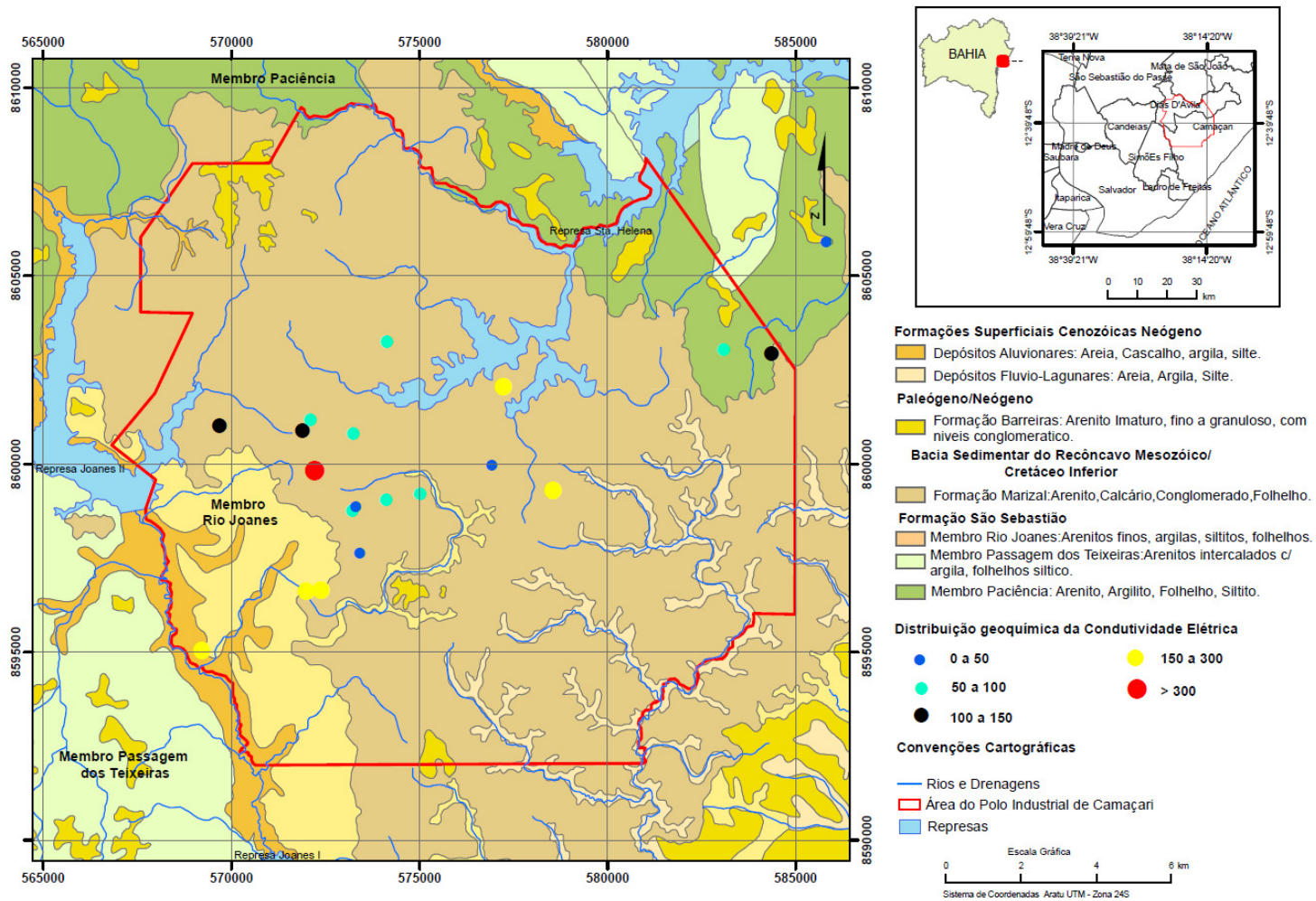


Figura 13: Mapa geoquímico de distribuição da condutividade elétrica. Fonte: Siagas, 2011 e CPRM, 2004.



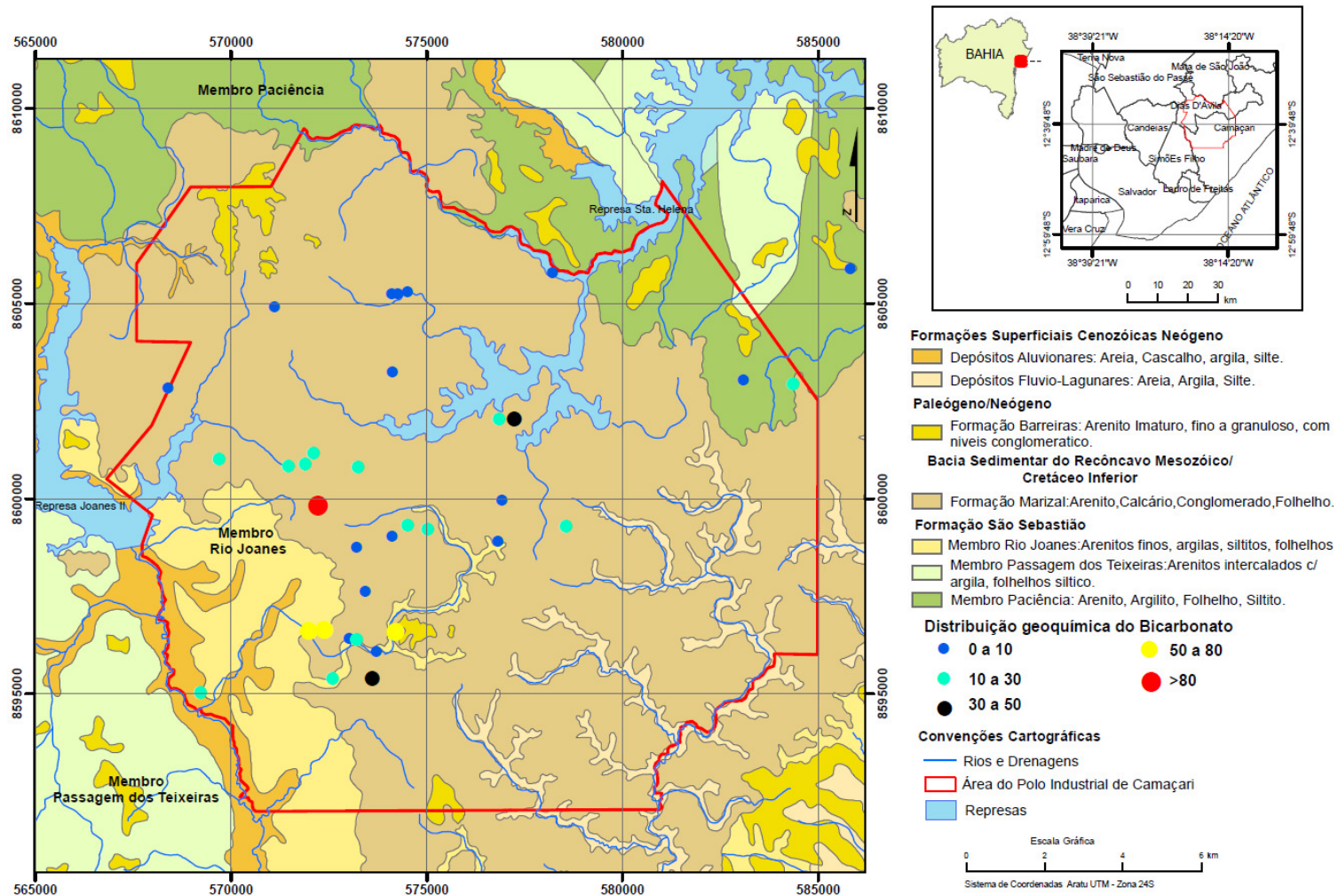


Figura 14: Mapa geoquímico de distribuição do bicarbonato. Fonte: Siagas, 2011 e CPRM, 2004.



## 8. ÍNDICE DE SATURAÇÃO, FASE MINERAL E ESPECIAÇÃO QUÍMICA DO FERRO TOTAL NAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DO SISTEMA AQUÍFERO SÃO SEBASTIÃO

Com a intenção de determinar as fases minerais que se encontram nas águas subterrâneas do aquífero São Sebastião na área do Polo Industrial de Camaçari calculou-se o Índice de Saturação (IS) e as espécies que se encontram dissolvidas nestas águas com o auxílio do *software PHREEQE* (PARKHURST *et al.*, 1999). Os elementos químicos utilizados no cálculo foram: HCO<sub>3</sub>, Ca, Cl, Fe, K, Mg, Na, Si, SO<sub>4</sub> e também foram considerados os parâmetros pH e temperatura.

O índice de saturação é uma relação entre o Produto da Atividade Iônica (IAP) dos diversos cátions e ânions dissociados na água pela constante de equilíbrio da equação química a uma determinada temperatura (Kc), ou seja:

$$IS = IAP / Kc$$

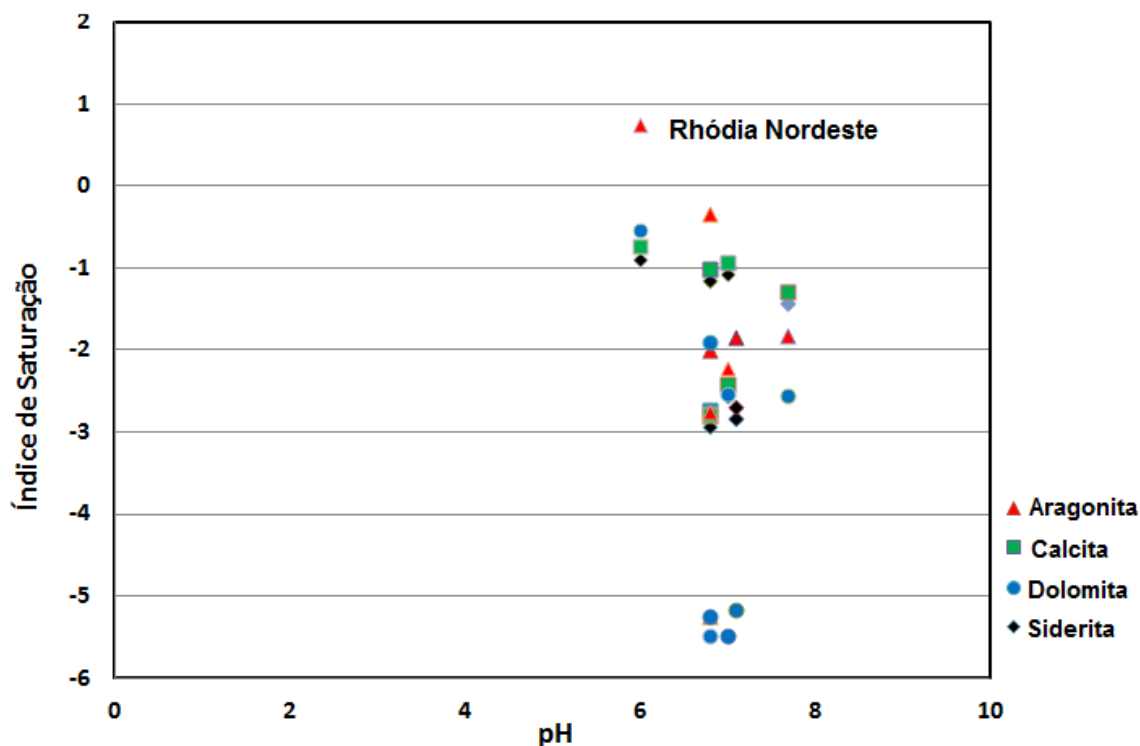
Quando o valor do IAP é maior que o Kc, os valores do IS são positivos, proporcionando condições físico-químicas adequadas para a precipitação de fases minerais e o movimento da equação química é no sentido produtos-reagentes, ou seja, saturação. Em caso contrário, quando o IAP é menor do que o Kc os produtos dissociados não se precipitam devido à condição de subsaturação, desta forma o valor de IS será negativo e o sentido do movimento da equação é reagente-produto. Índices de saturação próximos de zero (- 0,05 a 0,05) indicam que a água está em equilíbrio com uma determinada fase mineral.

### 8.1 Análise dos índices de saturação mineral

Para a região do Polo Industrial de Camaçari foram realizados os cálculos de IS para oito poços que captam água do aquífero São Sebastião. Estes índices foram selecionados e plotados no gráfico em função do pH para investigar os efeitos da dissolução e/ ou precipitação mineral nestas águas subterrâneas tendo em vista que o pH determina a solubilidade de muitos solutos.

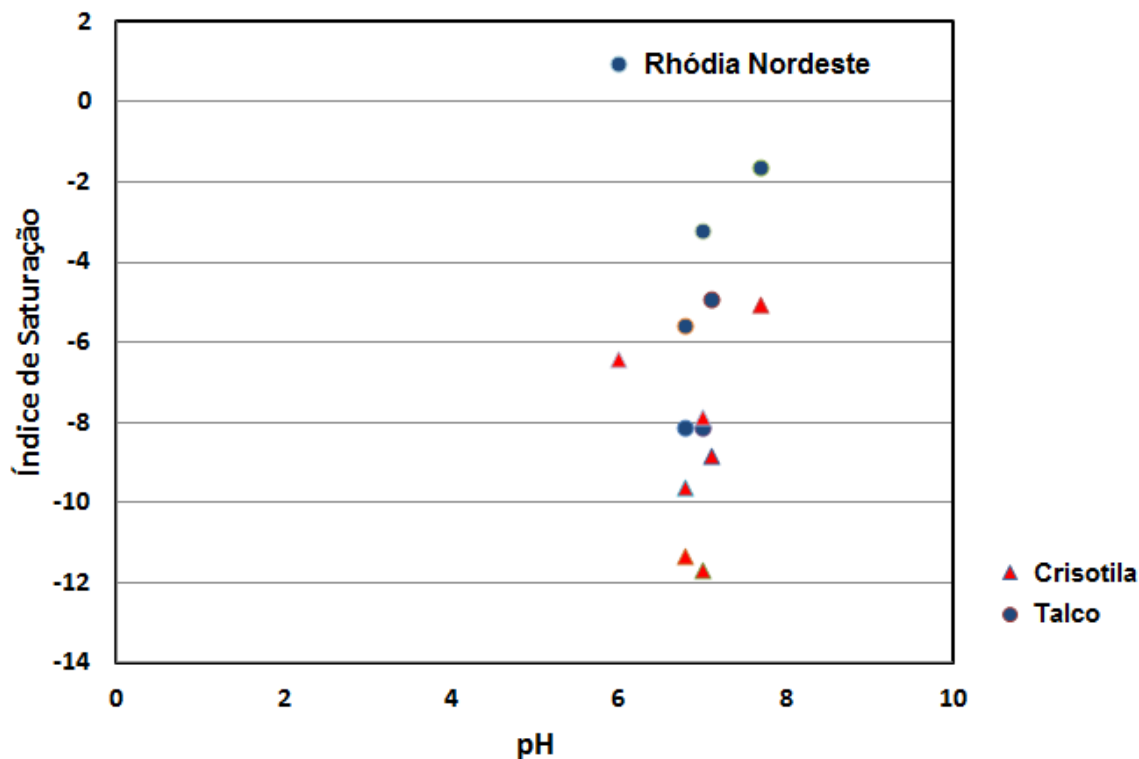
Nos minerais de composição carbonática (aragonita, calcita, dolomita e siderita) o IS apresentou valores entre - 5,49 e 0,74. No gráfico da Figura 15 é visível que em uma pequena parcela das amostras, os minerais encontram-se

próximo ao equilíbrio. No entanto, a maior parte das amostras apresentou IS negativo indicando que as águas encontram-se subsaturadas para carbonatos. Apenas em um ponto pode haver precipitação de aragonita e este corresponde ao poço Rhódia Nordeste.



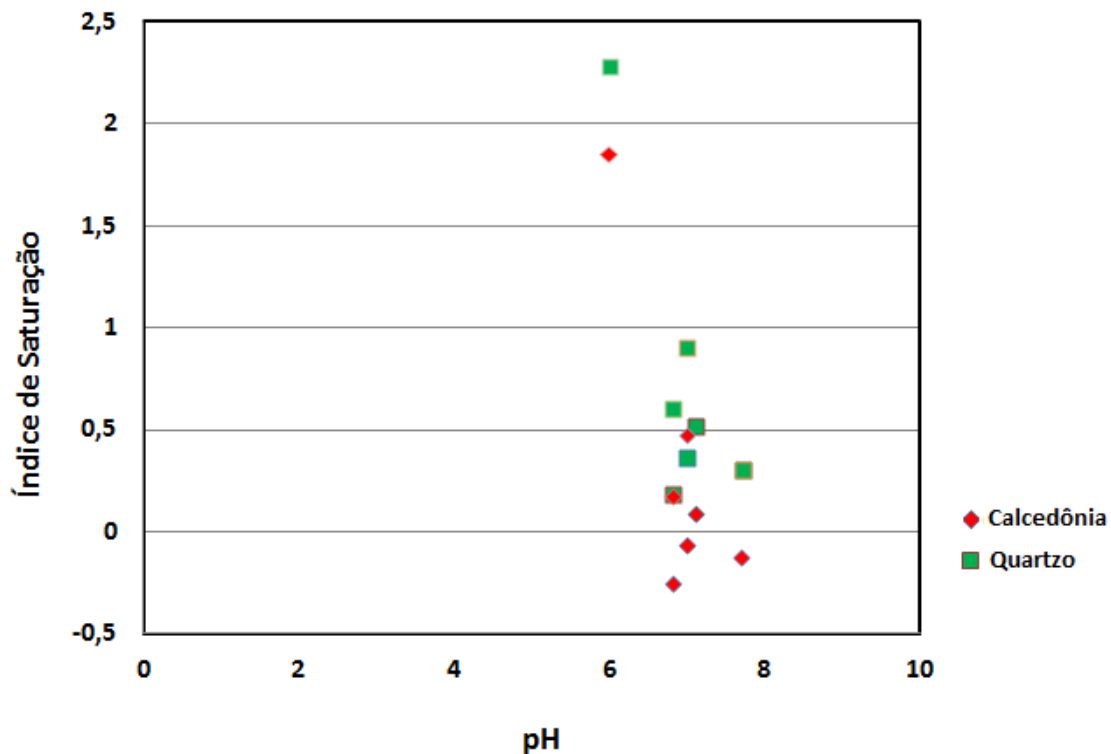
**Figura 15:** Relação entre os índices de saturação e o pH para a fase mineral do carbonato.

Para os silicatos de magnésio (crisotila e talco) os valores de IS encontrados estão entre - 11,7 e 0,97. Na Figura 16 nota-se que a quase totalidade das amostras avaliadas obtiveram IS negativo demonstrando que a água está subsaturada para magnésio. Contudo, pode haver precipitação da fase mineral do talco em um ponto estudado no poço da Rhódia Nordeste.



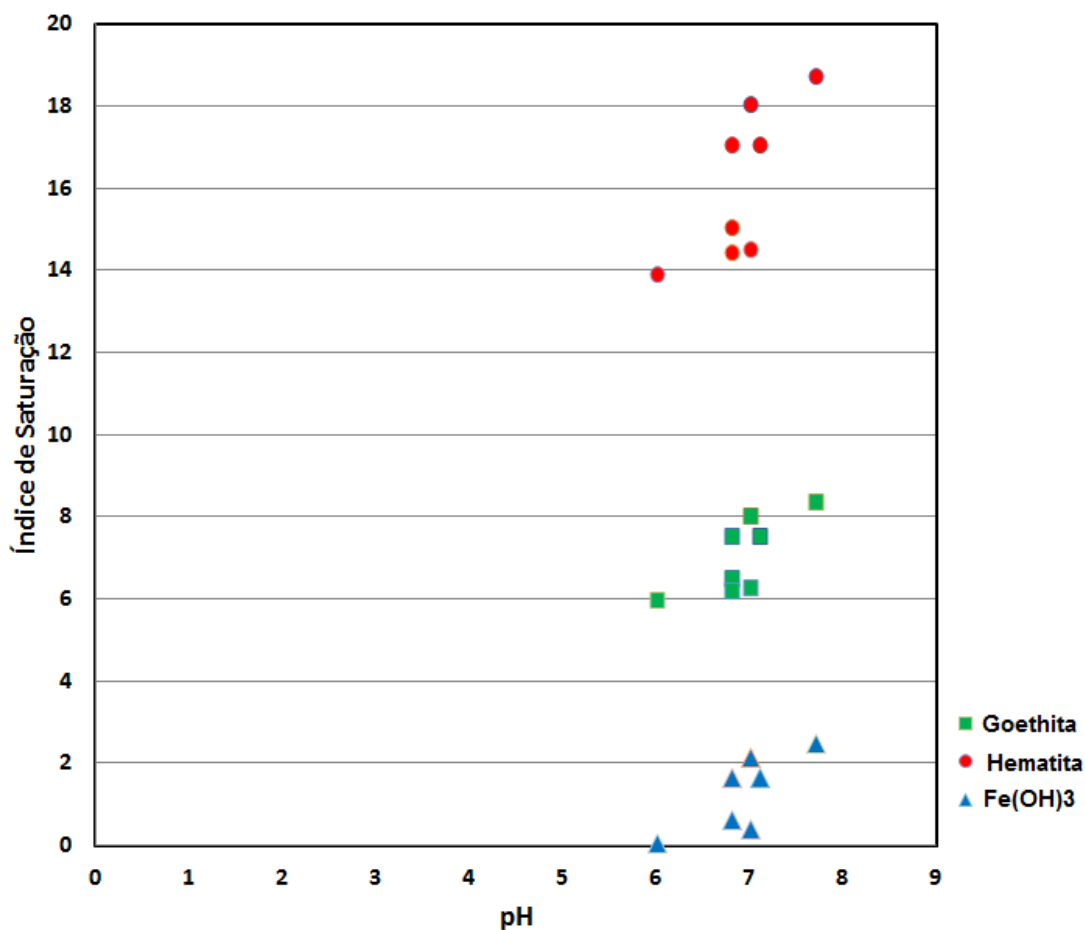
**Figura 16:** Relação entre os índices de saturação e o pH para a fase mineral de minerais de silicato de magnésio.

Os IS para os minerais de sílica (calcedônia e quartzo) variaram de  $-0,07$  a  $2,28$  (Figura 17). Nota-se que em uma parte das amostras estes minerais encontram-se próximo ao equilíbrio, e em outras é possível haver a precipitação destas fases minerais, sendo que existe uma tendência maior a precipitação do quartzo. Em quatro poços pode haver precipitação de quartzo (Central de Polímeros, Nitrocarbono II, Nitroclor e Rhódia Nordeste) e em dois de calcedônia (Nitroclor e Rhódia Nordeste).



**Figura 17:** Relação entre os índices de saturação e o pH para a fase mineral da sílica.

Os óxidos e hidróxidos de ferro (goethita, hematita e  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ) obtiveram IS entre 0,6 e 18,73, ou seja, encontram-se em níveis de saturação na água. Observando a Figura 18 nota-se que em todos os oito poços estudados pode haver precipitação de goethita, hematita e  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ . Estas fases minerais encontradas devem estar relacionadas a mineralogia das rochas sedimentares encontrados no local.



**Figura 18:** Relação entre os índices de saturação e o pH para a fase mineral de óxido e hidróxido de ferro.

## 8.2 Especificação química dos elementos

A especificação química é a avaliação da distribuição dos elementos entre várias formas ou espécies, ou seja, a forma na qual um elemento está presente em uma dada matriz considerando a distinção entre diferentes estados de oxidação. (TONIETTO, 2006). Na Tabela 06 tem-se a especificação química dos principais elementos analisados nas águas subterrâneas do aquífero São Sebastião na área do Polo Industrial de Camaçari. Para cada elemento são apresentadas as principais espécies químicas que ocorrem e suas concentrações em percentagem.

Observando o nível de carbono (C) disponível nestas águas nota-se que as espécies de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e bicarbonato ( $\text{HCO}_3$ ) são as espécies mais

abundantes. A primeira representa 59,2% do carbono total e a segunda 37,8%, em conjunto representam aproximadamente 97%. A representatividade do restante das espécies de carbono é de 3%.

O cálcio (Ca) está presente quase que exclusivamente sob a forma do cátion bivalente,  $\text{Ca}^{+2}$  (94,2%), mas também ocorre em concentrações significativas sob a forma do complexo  $\text{CaHCO}_3^+$  (4,6%), os quais juntamente com o íon de cálcio representam 98% do cálcio total presente na água.

O cloro (Cl) surge na água essencialmente sob a forma de ânion cloreto. As espécies em formas complexas ocorrem em concentrações residuais, portanto pode-se considerar que todo o cloro está sob a forma de cloreto ( $\text{Cl}^-$ ).

O íon fluoreto ( $\text{F}^-$ ) é a espécie química de flúor (F) que predomina na água representando 95,2% do total. As outras espécies presentes em concentrações reduzidas são:  $\text{MgF}$  (4,4%),  $\text{NaF}$  (0,08%) e  $\text{CaF}^+$  (0,3%).

Um dos elementos mais abundantes na água em estudo é o ferro (Fe) que ocorre em dois estados de oxidação, o Fe (II) e o Fe (III). A forma Fe (II) está presente na água principalmente sob as espécies  $\text{Fe}^{+2}$  (54,8%),  $\text{FeHCO}_3$  (43,3%) e  $\text{FeSO}_4$  (1,2%). Já no estado Fe (III) as espécies predominantes são  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  (65,4%) e  $\text{Fe}(\text{OH})^{2+}$  (32,5%).

O potássio (K) está quase que unicamente (99,8%) sob a forma do cátion monovalente ( $\text{K}^+$ ) e residualmente (0,2%) associado ao sulfato ( $\text{KSO}_4^-$ ). O magnésio (Mg) ocorre na água principalmente sob a espécie do cátion bivalente ( $\text{Mg}^{2+}$ ), o qual representa 89,2% do magnésio total. Formas com o sulfato ( $\text{MgSO}_4$ ) e bicarbonato ( $\text{MgHCO}_3$ ) constituem o restante das espécies químicas do magnésio.

O sódio (Na) está majoritariamente presente sob a forma do cátion monovalente  $\text{Na}^+$  (99%). Residualmente ocorre em associação com o bicarbonato ( $\text{NaHCO}_3$ ), sulfato ( $\text{NaSO}_4^-$ ) e carbonato ( $\text{NaCO}_3$ ).

O enxofre (S) está presente nestas águas em seu estado mais oxidado,  $\text{S}^{6+}$ , ocorrendo principalmente sob as espécies  $\text{SO}_4^{2-}$  (63,5%),  $\text{MgSO}_4^{2-}$  (28,5%),  $\text{CaSO}_4^{2-}$  (4,7%),  $\text{NaSO}_4^{2-}$  (2,3%),  $\text{KSO}_4^{2-}$  (0,7%). Outros compostos estão presentes em concentrações reduzidas.

O silício (Si) ocorre essencialmente sob a forma de  $\text{H}_4\text{SiO}_4$  (98,4%). A espécie resultante da primeira dissociação química ( $\text{H}_3\text{SiO}_4^-$ ) está presente, bem como outros complexos, mas em muito baixas concentrações.

**Tabela 06:** Especificação química de alguns elementos presentes nas águas subterrâneas do aquífero São Sebastião na área do Polo Industrial de Camaçari.

Elemento	Espécie química	Concentração (mmol/L)	Proporção (%)
<b>C</b>		$7,75 \times 10^{-3}$	<b>100</b>
	CO <sub>2</sub>	$4,59 \times 10^{-3}$	59,2
	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	$2,93 \times 10^{-3}$	37,8
	CO <sub>3</sub>	$5,52 \times 10^{-7}$	0,01
<b>Ca</b>		$618,712 \times 10^{-6}$	<b>100</b>
	Ca <sup>+2</sup>	$582,915 \times 10^{-6}$	94,2
	CaHCO <sub>3</sub> <sup>+</sup>	$28,494 \times 10^{-6}$	4,6
	CaSO <sub>4</sub>	$7,765 \times 10^{-6}$	1,2
<b>Cl</b>		$236,3462 \times 10^{-5}$	<b>100</b>
	Cl <sup>-</sup>	$236,3462 \times 10^{-5}$	100
<b>F</b>		$10,903 \times 10^{-6}$	<b>100</b>
	F <sup>-</sup>	$10,383 \times 10^{-6}$	95,2
	MgF <sup>+</sup>	$4,76 \times 10^{-7}$	4,36
	NaF	$9 \times 10^{-9}$	0,08
	CaF <sup>+</sup>	$32 \times 10^{-9}$	0,3
<b>Fe(II)</b>		$54,844 \times 10^{-6}$	<b>100</b>
	Fe <sup>+2</sup>	$3,005 \times 10^{-5}$	54,8
	FeHCO <sub>3</sub>	$23,735 \times 10^{-6}$	43,3
	FeSO <sub>4</sub>	$6,35 \times 10^{-7}$	1,2
<b>Fe(III)</b>		$2,158 \times 10^{-6}$	<b>100</b>
	Fe(OH) <sup>2+</sup>	$7,02 \times 10^{-7}$	32,5
	Fe(OH) <sub>3</sub>	$1,411 \times 10^{-6}$	65,4
<b>K</b>		$679,222 \times 10^{-6}$	<b>100</b>
	K <sup>+</sup>	$678,192 \times 10^{-6}$	99,8
	KSO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	$1,358 \times 10^{-6}$	0,2
<b>Mg</b>		$183,8881 \times 10^{-5}$	<b>100</b>
	Mg <sup>2+</sup>	$164,1025 \times 10^{-5}$	89,2
	MgSO <sub>4</sub>	$47,237 \times 10^{-6}$	2,6
<b>Na</b>		$289,1512 \times 10^{-5}$	<b>100</b>
	Na <sup>+</sup>	$287,0075 \times 10^{-5}$	99
	NaHCO <sub>3</sub>	$9,638 \times 10^{-6}$	0,5
	NaSO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	$4,819 \times 10^{-6}$	0,2
	NaCO <sub>3</sub>	$2,409 \times 10^{-6}$	0,1
<b>S</b>		$166,059 \times 10^{-6}$	<b>100</b>
	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	$105,564 \times 10^{-6}$	63,5
	MgSO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	$47,237 \times 10^{-6}$	28,5
	CaSO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	$7,765 \times 10^{-6}$	4,7
	NaSO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	$3,791 \times 10^{-6}$	2,3
	KSO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	$1,23 \times 10^{-6}$	0,7
<b>Si</b>		$31 \times 10^{-5}$	<b>100</b>
	H <sub>4</sub> SiO <sub>4</sub>	$309,9414 \times 10^{-6}$	98,4
	H <sub>3</sub> SiO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	$1,154 \times 10^{-6}$	0,3

## 9. CONCLUSÕES

A Formação São Sebastião é composta, litologicamente, por arenitos grossos a finos, amarelo-avermelhados, friáveis, feldspáticos, intercalados com argilas sílticas. Está compartimentado em três Membros: Paciência (membro inferior), Passagem dos Teixeiras (membro médio) e Rio Joanes (membro superior).

As águas subterrâneas do aquífero São Sebastião na área do Polo Industrial de Camaçari foi considerada doce e adequada para a irrigação de diferentes culturas. De acordo com o Diagrama Triangular de Piper estas águas são de natureza cloretada sódica (50%), bicarbonatada cálcica magnésiana (25%), bicarbonatada sódica (12,5%) e cloretada cálcica magnésiana (12,5%). Desta forma tem-se que estas águas subterrâneas evoluem de cloretada para bicarbonatadas e de sódicas para cálcicas magnésianas.

Considerando os componentes maiores ( $\text{HCO}_3$ , Ca, Cl, K, Mg, Na,  $\text{SO}_4$ ) 100% dessas águas atendem ao padrão de referência especificado pela Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde para consumo humano. No entanto, em 50% das amostras houve violação do padrão para os parâmetros ferro total e turbidez. Observando a caracterização mineralógica do Membro Rio Joanes da Formação São Sebastião nota-se a existência de nódulos e concreções limoníticas, pirritas disseminadas e arenitos com películas de cores castanho-claro, castanho-avermelhados e laranja-avermelhados sendo, provavelmente, a fonte principal do ferro nas águas da Formação São Sebastião no Polo Industrial de Camaçari. Já a alteração da turbidez está, provavelmente, relacionada à presença do ferro e de materiais particulados como silte e argilas.

Os latossolos encontrados na área estudada apresentam boa drenagem, ausência de minerais primários e são de cor vermelho-amareladas indicando que existe a presença de minerais como goethita e hematita, sendo desta forma, uma possível fonte de ferro para a água subterrânea local.

Observando a distribuição geoquímica dos teores de ferro, condutividade elétrica e bicarbonato, nota-se que os níveis mais elevados detectados destes parâmetros estão localizados no setor oeste e noroeste do Polo Industrial de Camaçari. A condutividade elétrica e o bicarbonato estão abaixo do limite máximo recomendado, segundo a Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde.



Estas águas apresentam-se saturadas em ferro e, em menor proporção, em sílica e carbonatos. Quando as condições de pH são adequadas pode haver precipitação de goethita, hematita e quartzo. O ferro que ocorre em dois estados de oxidação, o Fe (II) e o Fe (III), está presente principalmente sob as espécies  $\text{Fe}^{+2}$ ,  $\text{FeHCO}_3$ ,  $\text{FeSO}_4$ ,  $\text{Fe(OH)}_3$ ,  $\text{Fe(OH)}^{2+}$ . Já o silício ocorre essencialmente sob a espécie  $\text{H}_4\text{SiO}_4$  (ácido silícico).

Desta forma, o ferro presente nas águas subterrâneas do aquífero São Sebastião na área do Polo Industrial de Camaçari tem sua origem relacionada ao contato com rochas e sedimentos, ou seja, tem origem geogênica.

O ferro pode ter origem também nos sedimentos das Formações Barreiras e Marizal, tendo em vista que estas contêm concreções ferruginosas e muitas vezes sobrepõem-se a Formação São Sebastião.

## 10. REFERÊNCIAS

ANA – Agência Nacional das Águas. *Disponibilidade e demandas de recursos hídricos no Brasil*. Brasília : ANA, 2007. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/planejamento/estudos/sprtew/2/2-ANA.swf>>. Acesso em: 8 de janeiro de 2012.

BAHIA. Plano Diretor de Recursos Hídricos. *Bacias Hidrográficas do Recôncavo Norte e Inhambupe*: Documento síntese, Secretaria de Recursos Hídricos, Saneamento e Habitação, Salvador: 1996.

BAHIA. *Plano Diretor de Mineração para a Região Metropolitana de Salvador*. Secretaria do Planejamento Ciência e Tecnologia, Salvador: 1992.

BARBOSA, J. S. F.; DOMINGUEZ, J. M. L. *Mapa Geológico do Estado da Bahia*, texto explicativo. 1996.

BIZZI, L. A.; SCHOBENHAUS, C.; VIDOTTI, R. M.; GONÇALVES, J. H. *Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil*. Brasília - DF: CPRM, 2003.

BONGIOLO, D. E.; SCHERER, C. M. S. *Estratigrafia de seqüências e heterogeneidade dos Reservatórios flúvio-deltaicos da Formação São Sebastião, Bacia do Recôncavo*. In: 2º Congresso de Petróleo e Gás. Rio de Janeiro, 2003.

CAVALCANTI, S. S. *Quantificação dos recursos hídricos subterrâneos do aquífero Recôncavo na bacia do rio Capivara*. 121 f. Tese (Doutorado) - Pós-Graduação em Geofísica. Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia, 2006.

CBPM – Companhia Baiana de Pesquisa Mineral. *Depósitos de argila do Recôncavo Baiano: geologia e potencialidade econômica*. Valter Mônaco Conceição Filho; Marcos Donadello Moreira. Série Arquivos Abertos Volume 15, 2001.

CETREL (2003). *Crítérios para determinação da eficiência da barreira hidráulica na descontaminação de aquíferos no Pólo Industrial de Camaçari, Bahia*. Salvador: 2003.

COFIC - Comitê de Fomento Industrial de Camaçari. *O Polo Industrial de Camaçari*. Disponível em <http://www.coficpolo.com.br/>, acessado em 09 de março de 2012.

COSTA, W.D. *Água subterrânea e o desenvolvimento sustentável do semi-árido nordestino*. In: Projeto ÁRIDAS. Brasília - DF: Secretaria de Planejamento, Orçamento e Coordenação da Presidência da República, 1994.

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. *Carta geológica do Brasil ao milionésimo*. Governo Federal do Brasil: 2004.

CUNHA, J.E.M.; NEGRÃO, F.I.; SANTOS, P.R.P. *Panorama atual das águas subterrâneas no Estado da Bahia*. IV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, Brasília – DF, 1986.

DELVIN T. M. et al. *Manual de Bioquímica com correlações clínicas*. Editora Edgard Blucher Ltda. 1998.

EMBRAPA. *Solos do Nordeste*. Disponível em: <http://www.uep.cnps.embrapa.br/solos/>, acessado em 12 de maio de 2012.

FEITOSA, F.A.C. et al. 2008. *Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações*. 3ª ed. rev. e ampl. - Rio de Janeiro: CPRM: LABHID, 2008.

FENZL, Norbert; RAMOS, J. F. *Introdução à Hidrogeoquímica*. Belém: Universidade Federal do Pará, 1986.

FUNCEME – Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. *Guia do Usuário para Qualigraf*. FUNCEME/PROURB-RH. Fortaleza-Ceará, 2003.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Manual técnico de Pedologia*, 2ª edição. Brasília – DF: IBGE, 2007.

INDA, H. A. V. *Geologia e Recursos Minerais do Estado da Bahia: textos básicos*, volume 1. Salvador: Secretaria das Minas e Energia/ Coordenação da Produção Mineral, 1979.

KER, J. C. *Fundamentos para desenvolvimento da pedologia e da fertilidade do solo*. Disponível em: <http://jararaca.ufsm.br/websites/classolos/download/TextosSol/Texto03.pdf>. Acesso em 4 de fevereiro de 2012.

LEITE, D. C. *Possibilidade de água subterrânea na Bacia do Recôncavo Baiano*. Rel Int. Petrobrás, Salvador-BA; 1964.

LEMOINE, B. *Essai de Classification et de cartographie de la qualité chimique des eaux souterraines*. Bulletin du Bureau de Recherches Géologiques et Minières. Supplement. France: 1974.

LIMA, O. A. L. *Avaliação hidrogeofísica de arenitos aquíferos na Bacia Recôncavo-Tucano (BA)*. In: *Anais, 2º Congr. Internat. Soc. Bras. Geof.*, vol. 1, pp. 1016–1022, Salvador: SBGf, 1991.

LIMA, O. A. L. *Caracterização hidráulica e padrões de poluição no aquífero Recôncavo na região de Camaçari - Dias D' Ávila*. Tese Prof. Titular, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 1999.

LIMA, A. *Composição e Origem das Águas Minerais Naturais: Exemplo de Caldas da Saúde*. Páginas: 246; Editor: Edições Almedina. Portugal: 2010.

MOTA, S.U.S. *Caracterização Hidrogeológica do setor Oriental do Pólo*. Salvador – BA, Instituto de Geociências - UFBA, Programa de Pesquisa em Geologia e Geofísica Dissertação de Mestrado, 68 pp; 2004.

NASCIMENTO, S. A. M.; ALVES, J. E. *Caracterização hidrogeoquímica e evolução da água subterrânea na área do Polo Industrial de Camaçari – Bahia*. In: Cadernos de Geociências, Vol. 8, No 2, 2011.

PARKHURST, D. L. E APPELO, C. A. J. *User's guide to PHREEQC (Version 2)*—A computer program for speciation, batch-reaction, one-dimensional transport, and inverse geochemical calculations. U.S. Geological Survey Water-Resources Investigations, Report 99-4259, 310 pp 1999.

MS 2914/2011 - *Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde*. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

SEABRA, G. M. *A presença do flúor nas águas subterrâneas da formação sergi (jurássico superior) da bacia do recôncavo no estado da Bahia, Brasil*. 2011. Tese (Monografia). 76 f. Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia, Salvador: 2011.

SANTOS, P. R. P. *Estudo da vulnerabilidade à poluição do aquífero Marizal na região de influência do Pólo Industrial de Camaçari (PIC)*. Tese (Mestrado) - Pós-Graduação em Geofísica. Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2010.

SEPLAN – Secretaria do Planejamento. *Rodovias: sistema BA-093*. Disponível em <<http://www.seplan.ba.gov.br/verProjeto.php?varCodigo=7>>. Acesso em fevereiro de 2012.

SILVA, O. B.; CAIXETA, J.M.; MILHOMEM, P. S.; KOSIN, M. D. *Bacia do Recôncavo*. Boletim de Geociências da Petrobrás. v. 15, n. 2, p. 423-431, maio/Nov. Rio de Janeiro: 2007.

SILVEIRA JÚNIOR, J. S. C. *Avaliação do grau de internalização da proteção da água subterrânea no Pólo Industrial de Camaçari*. Salvador: 2004.

SEI - Superintendência de Estudos Sociais e Econômicos. *Análises de atributos climáticos do Estado da Bahia*. In: *Série Estudos e Pesquisas*, vol. 38, 1998.

SIAGAS (2011). *Fichas de poços tubulares*. Disponível em <[http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/pesquisa\\_complexa.php](http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/pesquisa_complexa.php)>. Acesso em 20 de agosto de 2011.

TONIETTO, A. E. *Especiação química de cobre e zinco nas águas do reservatório do Iraí: efeitos da matéria orgânica e interação com microalgas*. Disponível em: <<http://dspace.c3sl.ufpr.br/dspace/bitstream/handle/1884/5954/Alessandra%20E.%20Tonietto.pdf?sequence=1>>. Acesso em 15 de janeiro de 2012.