

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS

Alex Cardoso Silva

**CARACTERIZAÇÃO DO PROCESSO DE SALINIZAÇÃO
DO AQÜÍFERO MARITUBA NO BAIRRO DO MUTANGE,
LAGOA MUNDAÚ – MACEIÓ - ALAGOAS**

Dissertação de Mestrado
2005

ALEX CARDOSO SILVA

Engenheiro de Minas, Universidade Federal da Bahia, 1999
Mestre, Universidade Federal de Pernambuco, 2005

**CARACTERIZAÇÃO DO PROCESSO DE SALINIZAÇÃO DO AQÜÍFERO MARITUBA
NO BAIRRO DO MUTANGE , LAGOA MUNDAÚ – MACEIÓ - ALAGOAS**

Dissertação que apresentou ao Programa de Pós-Graduação em Geociências do Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, orientada pelo Prof. José Geilson Alves Demétrio, em preenchimento parcial para obter o grau de Mestre em Geociências, área de concentração hidrogeologia, defendida e aprovada em 25/11/2005.

RECIFE, PE
2005

Silva, Alex Cardoso

Caracterização do processo de salinização do aquífero Marituba no bairro do Mutange, Lagoa Mundaú – Maceió - Alagoas / Alex Cardoso Silva. – Recife : O Autor, 2005.

134 folhas : il., fig., tab.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Geociências, 2005.

Inclui bibliografia e anexos.

1. Geociências – Hidrogeologia. 2. Aquífero Marituba, Maceió (AL) – Processo de salinização - Caracterização . 3. Transmissividade do aquífero – Teste de bombeamento – Carga hidráulica. 4. Evolução hidrogeoquímica – Temporal e espacial. I. Título.

**556.334
551.49**

**CDU (2.ed.)
CDD (22.ed.)**

**UFPE
BC2006-178**

CARACTERIZAÇÃO DO PROCESSO DE SALINIZAÇÃO DO AQÜÍFERO MARITUBA
NO BAIRRO DO MUTANGE , LAGOA MUNDAÚ – MACEIÓ – ALAGOAS

ALEX CARDOSO SILVA

Aprovado

José Geilson Alves Demétrio	25/11/2005
-----------------------------	------------

João Manoel Filho	25/11/2005
-------------------	------------

José Geraldo de Melo	25/11/2005
----------------------	------------

Ata da Defesa de Dissertação de Mestrado de Alex Cardoso Silva

Aos 25 de novembro de 2005 (dois mil e cinco), às 9h00 (nove horas), no anfiteatro do Departamento de Geologia do Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, reuniu-se a banca examinadora para a defesa da Dissertação de Mestrado de Alex Cardoso Silva, da área de concentração Hidrogeologia do Programa de Pós-Graduação em Geociências, composta pelos professores José Geilson Alves Demetrio (orientador), João Manoel Filho e José Geraldo de Melo (Departamento de Geologia da UFRN), cujos nomes foram indicados pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Geociências e aprovados pela Diretoria de Pós-Graduação da PROPESQ/UFPE em 09 de novembro de 2005, uma vez que a referida banca atende às exigências da Resolução nº 03/98 do Conselho Coordenador de Ensino, Pesquisa e Extensão. A Profa. Lúcia Maria Mafra Valença, coordenadora do programa, abriu a sessão apresentando os membros da banca examinadora e passou a palavra ao Prof. José Geilson Alves Demetrio, Presidente da Banca Examinadora, o qual apresentou o mestrando, passando-lhe a palavra e concedendo-lhe 50 (minutos) minutos para exposição da dissertação intitulada "Caracterização do Processo de Salinização do Aquífero Marituba no Bairro do Mutange, Lagoa Mundaú - Maceió - AL". Após a exposição da dissertação pelo mestrando, o Prof. José Geilson Alves Demetrio passou a palavra ao Prof. José Geraldo de Melo, que teceu seus comentários sobre a dissertação e argüiu o mestrando, que apresentou sua defesa usando da palavra. Em seguida, foi dada a palavra ao Prof. João Manoel Filho, que também teceu seus comentários sobre a dissertação e argüiu o mestrando, o qual apresentou sua defesa usando da palavra. O Prof. José Geilson Alves Demetrio, usou da palavra, teceu seus comentários e fez algumas observações argüindo o mestrando, que apresentou sua defesa usando da palavra. Encerrada a fase de apresentação e defesa da dissertação, o Prof. José Geilson Alves Demetrio solicitou aos presentes que se retirassem do recinto para que a banca deliberasse. Após 05 (cinco) minutos, foi reaberta a sessão e tornada pública a menção "Aprovado" que foi dada por unanimidade pela banca examinadora. Em seguida, o senhor presidente deu por encerrada a sessão da qual eu, Moisés Marcelino da Silva, Secretário do Programa de Pós-Graduação em Geociências da UFPE, lavrei a presente ata, que assino com os componentes da banca examinadora. Recife, 25 de novembro de 2005.

Moisés Marcelino da Silva

A presente cópia é a reprodução fiel
do original, que me foi apresentado.
Recife, 31.03.2006

Moisés Marcelino da Silva
Secretário
SLAPE 1131400
UFPE Pós-Graduação em Geociências - UFPE

Aos meus pais , Marinalva e Hermes; aos meus irmãos, Ahiram e Álisson; e a minha esposa Viviane, pelo incentivo e apoio durante a elaboração deste trabalho.

RESUMO

O aquífero Marituba pertence ao sistema Barreiras/Marituba, e está situado dentro da Bacia Sedimentar de Alagoas na região costeira do estado, exercendo um papel importante no sistema de abastecimento de água urbano e industrial do município de Maceió desde a década de 70, principalmente nas baterias de poços de Bebedouro e Mutange.

A crescente demanda por água registrada nas últimas décadas em Maceió, impulsionada pelo crescimento populacional, vem aumentando de forma exponencial o volume de água captado do aquífero Marituba.

O efeito do aumento de exploração foi percebido na bateria de poços do Mutange na década de 90, quando mudanças significativas na qualidade da água foram evidenciadas por meio de alterações nas concentrações dos íons. Os registros históricos das análises químicas mostraram uma elevação contínua e gradativa dos teores dos íons cloreto, cálcio, magnésio e sulfato, que demonstram estar evoluindo em direção à composição iônica da água do mar.

Os estudos hidrodinâmicos revelaram a existência de drenança para o aquífero Marituba, bem como pequenas variações cíclicas da carga hidráulica associadas às variações da maré. A transmissividade do aquífero Marituba na área estudada varia entre $3,3 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ e $1,1 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$. As regiões que apresentam menores transmissividades revelaram-se mais salinizadas.

PALAVRAS-CHAVE: aquífero Marituba, drenança, salinização, cloreto, cálcio, magnésio, sulfato.

ABSTRACT

The Marituba aquifer belongs to the Barreiras / Marituba system and is located inside of Alagoas Sedimentary Basin, in Alagoas' coastal region. Since the 1970's, aquifers play an important role in urban and industrial water supply to the city of Maceió, involving mainly wells from the Bebedouro and Mutange's group.

Maceió's demand for water has been increasing, especially during the last decades, stimulated by population growth. As a result, water exploitation from the Marituba aquifer has increased substantially. The impact of this increase in exploitation was observed by Mutange's wells in 1990's, when significant changes in water quality were noticed. Historical records of the chemical analyses of produced water showed a continuous and gradual concentration rise in the chloride, calcium, magnesium and sulphate ions, demonstrating a development towards seawater ionic composition.

Hydrodynamic studies showed water drainage from the Barreiras aquifer to the Marituba aquifer, as well as, small cyclical variations of hydraulic head associate with tide variations. The transmissivity of the Marituba aquifer in the area of study is between $3.3 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ and $1.1 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$. It has been observed that when transmissivity is lower, the water is more saline.

ÍNDICE

RESUMO	IV
ABSTRACT	V
ÍNDICE	VI
LISTA DE TABELAS	VIII
LISTA DE FIGURAS	IX
1 - INTRODUÇÃO	11
1.1 - OBJETIVO	14
1.2 - METODOLOGIA	14
2 – CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA ESTUDADA	15
2.1 - ASPECTOS SÓCIOECONÔMICOS	15
2.2 - ASPECTOS CLIMATOLÓGICOS	17
2.3 - VEGETAÇÃO	18
2.4 - LAGOA MUNDAÚ	19
2.5 - EXTRAÇÃO DE SAL-GEMA	19
3 - GEOLOGIA	23
3.1 - GEOLOGIA REGIONAL	23
3.2 - GEOLOGIA LOCAL	25
4 - HIDROGEOLOGIA	30
4.1 - CAPTAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	36
4.2 - HISTÓRICO DA CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA BRASKEM	39
4.3 - POTENCIOMETRIA DO AQÜÍFERO MARITUBA	42
4.4 - PARÂMETROS HIDRODINÂMICOS	48
4.4.1 - Primeiro teste de bombeamento	48
4.4.2 – Segundo teste de bombeamento	49
4.4.3 - Influência da maré no aquífero Marituba	62
4.4.4 - Mapa de transmissividade	65
5 - HIDROGEOQUÍMICA	68
5.1 – PROCESSOS DE SALINIZAÇÃO	70

5.2 – SALINIZAÇÃO DO AQÜÍFERO MARITUBA	72
5.2.1 - <i>Evolução dos teores de cloreto na água</i>	72
5.2.2 - <i>Evolução dos teores de cálcio e magnésio</i>	80
5.2.3 - <i>Teor de sulfato na água</i>	83
5.2.4 - <i>Salmoura produzida na atividade mineral</i>	85
5.2.5 - <i>Relações iônicas</i>	87
6 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	90
7 – AGRADECIMENTOS	92
8 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	93
9 – ANEXOS	98

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Distribuição da captação de água na área de estudo.....	36
Tabela 2 - Dados dos poços construídos na década de 70.....	42
Tabela 3 - Dados dos poços atuais da bateria do Mutange	44
Tabela 4 - Rebaixamento observado no poço PW-09B durante o bombeamento	48
Tabela 5 - Parâmetros hidrodinâmicos calculados no 1º teste	49
Tabela 6 -Nível da água (m) nos poços antes do bombeamento	50
Tabela 7 - Vazão de bombeio do poço PW-19.....	51
Tabela 8 - Vazão de bombeio de todos os poços da bateria do Mutange	52
Tabela 9 - Rebaixamento no poço PW-20 durante o bombeamento do PW-19	54
Tabela 10 - Rebaixamento no poço PW-10A durante o bombeamento do PW-19	55
Tabela 11 - Variação da maré nos dias anteriores ao bombeamento (DHN,2005).....	63
Tabela 12 - Variação da maré e nível estático do PW-13 no dia 6/5/2005	64
Tabela 13 - Parâmetros hidrodinâmicos do aquífero Marituba na área de estudo.....	65
Tabela 14 - Parâmetros hidrodinâmicos equivalentes do aquífero Barreiras/Marituba	65
Tabela 15 - Espessura do aquífero Marituba	67
Tabela 16 - Principais íons da água do mar.....	70
Tabela 17 - Composição da salmoura produzida	86
Tabela 18 - Valores de cloreto, cálcio e magnésio na água utilizada na extração do sal	86
Tabela 19 - Características físico-químicas da água do aquífero Marituba , da lagoa Mundaú e do mar.....	88

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Evolução da população mundial e do uso da água doce no mundo.....	11
Figura 2 - Evolução da população urbana e rural.....	12
Figura 3 - Localização da Área de Estudo	16
Figura 4 - Precipitações e umidade relativa na estação Maceió (1961 – 1990).....	17
Figura 5 - Evaporação e temperatura média na estação Maceió (1961 – 1990).	18
Figura 6 - Taxas de insolação mensais na estação Maceió (1961 – 1990).	18
Figura 7 - Localização dos poços de sal	21
Figura 8 - Completação dos poços de sal	22
Figura 9 - Carta Estratigráfica da Bacia de Alagoas.....	24
Figura 10 - Mapa Geológico da Bacia de Alagoas	26
Figura 11 - Seção geológica dos poços 1CS 01AL - M# 7 –1PV-1AL.....	29
Figura 12 - Mapa sub-Barreiras na região metropolitana de Maceió	32
Figura 13 - Mapa de localização dos poços de água	33
Figura 14 - Seção geológica dos poços PW-19 ao PW-12B	34
Figura 15 - Seção geológica dos poços PW-20 ao PW-18.....	35
Figura 16 - Bateria de poços próxima à área de estudo.....	37
Figura 17 - Fluxograma de Processo	38
Figura 18 - Mapa de localização dos poços em 1975	41
Figura 19 - Potenciometria do aquífero Marituba em 1975	43
Figura 20 - Evolução da carga hidráulica nos poços (PW-07 e PW-12B).....	45
Figura 21 - Evolução da carga hidráulica nos poços (PW-14, PW-15 e PW-16)	45
Figura 22 - Evolução da carga hidráulica nos poços (PW-17, PW-18, PW-19 e PW-20).....	46
Figura 23 - Potenciometria do aquífero Marituba em 2004	47
Figura 24 - Curva de rebaixamento observado no poço PW-09B	49
Figura 25 - Variação dos níveis dos poços antes do bombeamento	51
Figura 26 - Curva de rebaixamento do poço PW-20	53
Figura 27 - Curva de rebaixamento do poço PW-10A.....	56
Figura 28 - Curva de rebaixamento do poço PW- 08	57
Figura 29 - Curva de rebaixamento do poço PW-13	57
Figura 30 - Curva de rebaixamento do poço PW-14	58
Figura 31 - Curva de rebaixamento do poço PW-16	58
Figura 32 - Curva de rebaixamento do poço PW-17	59

Figura 33 - Curva de rebaixamento do poço PW-17A.....	59
Figura 34 - Curva de rebaixamento do poço PW-07	60
Figura 35 - Curva de rebaixamento do poço PW-07B.....	60
Figura 36 - Curva de rebaixamento do poço PW-23	61
Figura 37 - Curva de rebaixamento do poço PW-12B.....	61
Figura 38 - Curva de rebaixamento do poço PW-18	62
Figura 39 - Variação da maré e do nível estático no poço PW-13.....	64
Figura 40 - Mapa de transmissividade do aquífero Marituba.....	66
Figura 41 - Mapa de espessura do aquífero Marituba.....	67
Figura 42 - Comportamento em coluna experimental da intrusão salina	71
Figura 43 - Evolução da concentração de cloreto no poço PW-10A.....	72
Figura 44 - Evolução da concentração de cloreto no poço PW-08.....	73
Figura 45 - Evolução da concentração de cloreto no poço PW-19.....	74
Figura 46 - Evolução da concentração de cloreto no poço PW-09B.....	75
Figura 47 - Evolução da concentração de cloreto no poço PW-23.....	75
Figura 48 - Evolução da concentração de cloreto no poço PW-12B.....	76
Figura 49 - Evolução da concentração de cloreto no poço PW-18.....	76
Figura 50 - Mapa de isoteores de cloreto em 1998	77
Figura 51 - Mapa de isoteores de cloreto em 2001	78
Figura 52 - Mapa de isoteores de cloreto em 2003	79
Figura 53 - Mapa de isoteores de cloreto em 2004	80
Figura 54 - Correlação entre os teores de cloreto e cálcio / magnésio.....	81
Figura 55 - Mapa de isoteores de cálcio em 2004.....	82
Figura 56 - Mapa de isoteores de magnésio em 2004	83
Figura 57 - Correlação entre os teores de cloreto e sulfato.....	84
Figura 58 - Mapa de isoteores de sulfato em 2004	85
Figura 59 - Evolução do teor de magnésio na salmoura	87
Figura 60 - Correlação entre cloreto x cálcio e cloreto x magnésio nas águas do Marituba, da lagoa Mundaú e do mar	89

1 - INTRODUÇÃO

A água é uma substância essencial à vida, e como tal, está presente no nosso cotidiano, quer seja no consumo humano, no agronegócio, como matéria-prima na indústria ou como força motriz na geração de energia elétrica. Com tantas utilidades, o suprimento de água doce, na quantidade e qualidade desejadas tornou-se um grande desafio para a humanidade no século 21.

As fontes de água doce do planeta são escassas, visto que apenas 30% estão disponíveis sob a forma de rios, lagos ou água subterrânea; por outro lado, 70% estão concentradas na Antártida como icebergs e formações glaciais (UN & WWAP,2003). Em contrapartida, o consumo mundial de água doce se elevou de 1 bilhão de quilômetros cúbicos por ano registrados na década de 40, para mais de 5 bilhões de quilômetros cúbicos por ano em 2000 (figura 1). Isto é resultado do crescimento acelerado da população mundial, que nos últimos 100 anos saltou de 1,5 bilhão para mais de 6 bilhões de pessoas no ano de 2000 (UN & WWAP,2003 op. cit).

População mundial e uso da água doce no mundo

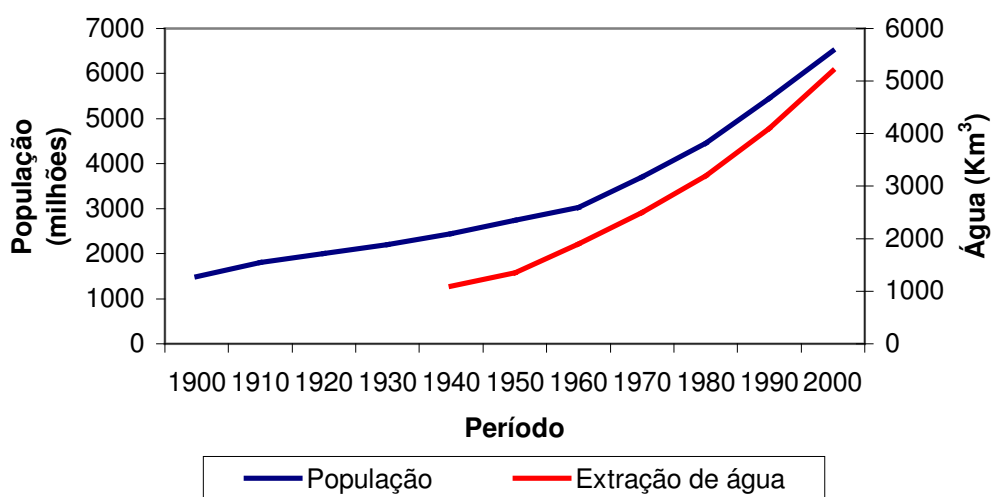


Figura 1- Evolução da população mundial e do uso da água doce no mundo.

Adaptado(UN & WWAP,2003)

Apesar do crescimento populacional expressivo observado nos últimos 50 anos, foi o aumento da densidade demográfica em algumas regiões, provocado pela migração de pessoas da zona rural para a urbana, que causou os maiores problemas de gestão dos recursos hídricos. De acordo com a Secretaria do 3º Fórum Mundial da Água, realizado em

2003 no Japão, metade da população mundial está concentrada nas grandes cidades ocupando apenas 4% das terras do planeta, e a expectativa é que em 2020 (UN & WWAP,2003 op. cit) este número ultrapasse 60% desta população, enquanto que a população rural deverá estabilizar-se em 2010 (figura 2).

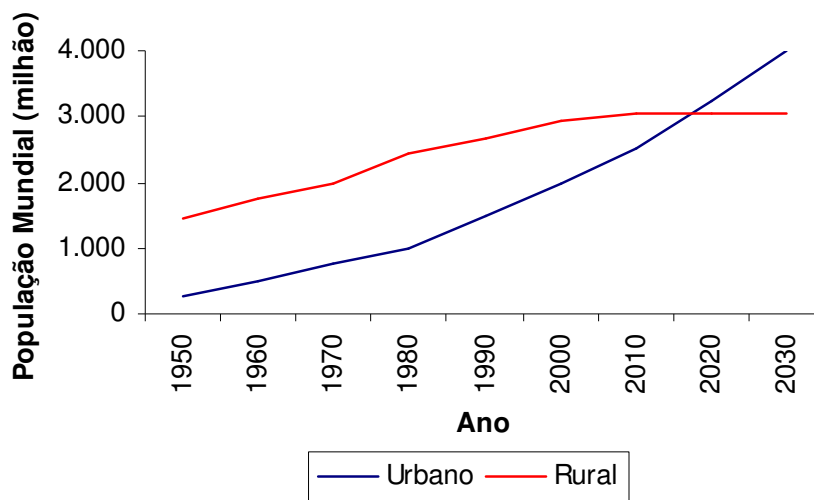


Figura 2 - Evolução da população urbana e rural.
Adaptado (UN & WWAP,2003)

Como consequência deste processo de ocupação, as águas superficiais, como rios e lagos, foram as mais afetadas pela poluição doméstica e industrial, e ao longo dos anos sofreram modificações quanto à qualidade da água. Por outro lado, os aquíferos, por estarem em sua grande maioria protegidos dos efeitos da atividade humana devido às camadas impermeáveis e semipermeáveis que se lhes sobrepõem, sofreram um menor impacto do efeito da poluição.

Entretanto, o avanço do conhecimento geológico, o advento de novas tecnologias de perfuração e equipamentos de bombeio permitiram a crescente expansão da extração da água subterrânea ocorrida entre 1950 e 1975 em países industrializados, e entre 1970 e 1990 nos países em desenvolvimento (UN & WWAP,2003 op. cit). Estes fatos, acompanhados pela elevada demanda de água nas grandes cidades, induziram altas taxas de extração nos aquíferos, que provocaram mudanças significativas na qualidade da água, principalmente em zonas urbanas localizadas em regiões costeiras e suas proximidades.

A captação de água nos aquíferos em zonas costeiras situa-se, às vezes, muito próxima da interface da água doce com a água do mar. Sendo assim, extrações em níveis elevados nestes aquíferos provocam rebaixamentos expressivos, alterando o equilíbrio hidrodinâmico preexistente. Como resultado deste processo, o fluxo de água doce que migra para o oceano é reduzido, permitindo que água do mar penetre no aquífero, contaminando-o

com sais solúveis, como cloreto de sódio (NaCl), cloreto de magnésio (MgCl_2), e sulfato de magnésio (MgSO_4), que são abundantes no ambiente marinho. Este fenômeno é conhecido como intrusão marinha.

Todavia, a intrusão marinha não é a única forma de salinização. Stuyfzand & Stuurman (1994) identificaram pelo menos mais oito fontes de contaminação por sais. São elas:

- Agricultura;
- Evaporação e concentração / precipitação de sais ;
- Hiperfiltração;
- Infiltração de poluentes de águas superficiais de origem não marinha;
- Lavra de evaporitos;
- Transgressão marinha;
- Poluição local;
- Contaminação por águas conatas.

No mundo, vários casos de contaminação da água subterrânea por intrusão salina já foram estudados. Izbicki (1996) demonstrou que a contaminação do aquífero Mugu na costa da Califórnia (EUA), onde foram observados teores de cloreto acima 6.300 ppm, foi provocada pela penetração da água do mar. Na Espanha, Cuenca et al (1988) mostraram que uma intrusão marinha fóssil ligada à transgressão marinha no período quartenário em materiais detriticos não cimentados contaminou o aquífero da região de Cartagena.

No Brasil, alguns casos de salinização estão sendo estudados, dentre eles, a contaminação do aquífero na região metropolitana de Recife. Farias et al (2003) apontam como prováveis causas desta contaminação a drenança proveniente de camadas superiores salinizadas pela presença de mangues e a passagem de água salinizada dessas camadas superiores através do espaço anelar de poços mal construídos ou abandonados.

Barroso (2001) realizou estudos hidroquímicos do sistema Barreiras –Marituba em Maceió identificando um processo de salinização em alguns poços de água pertencentes à Companhia de Abastecimento D'Água e Saneamento do Estado de Alagoas - CASAL, cujos teores de cloreto aumentaram vertiginosamente, passando de 40 para 616 ppm em 6 anos de operação.

Às margens da lagoa Mundaú, onde está localizada a unidade de extração de sal da Braskem S.A., maior empresa petroquímica da América Latina, produtora de soda cáustica e PVC, observa-se também um processo gradativo de salinização no aquífero Marituba, cujos primeiros indícios ocorreram no início da década de 90.

1.1 - OBJETIVO

A contenção e a prevenção do avanço da salinização do aquífero Marituba tornam-se necessárias, no entanto é fundamental entender os mecanismos que regem o processo de salinização, a origem e a distribuição da salinidade, para que medidas adequadas sejam tomadas objetivando a proteção do aquífero. Sendo assim, a proposta do presente trabalho é caracterizar a salinização neste aquífero, utilizando dados físico-químicos e hidrodinâmicos obtidos dos poços de água da Braskem S.A., localizada no bairro do Mutange, na cidade de Maceió-AL.

1.2 - METODOLOGIA

O estudo da salinização do aquífero Marituba foi baseado nas informações provenientes do acervo técnico da Braskem S.A., onde foram obtidos os dados geológicos (perfis litológicos) dos poços perfurados para extração de sal-gema, mapas geológicos (PETROBRÁS/DNPM), perfis construtivos dos poços de captação de água, coordenadas e cotas de todos os poços de água e de extração de sal, níveis estáticos da década de 70, além do histórico de dados físico-químicos da água disponíveis, contendo informações, como teores dos íons Cl^- , Ca^{+2} , Mg^{+2} , SO_4^{-2} e HCO_3^- . Outrossim, informações sobre as características físico-químicas da salmoura produzida entre os períodos de 1995 e 2004, tais como teores de Cl^- , Ca^{+2} , $\text{Mg}^{+2,+}$, foram coletadas com a finalidade de avaliar a possibilidade de contaminação do aquífero pela atividade de extração da halita.

A fim de verificar uma possível contaminação do aquífero Marituba pela lagoa Mundaú, foram coletadas amostras e realizadas, pelo laboratório Betz GE, análises físico-químicas da água (pH, Cl^- , Ca^{+2} , Mg^{+2} , SO_4^{-2} e HCO_3^- , condutividade elétrica), efetuando a comparação com os resultados das análises da água dos poços.

Para estimar os parâmetros hidrodinâmicos do aquífero Marituba foram realizados dois testes em 2003. O primeiro foi realizado durante um período de 12 horas, no qual foram observados os rebaixamentos em apenas um poço, enquanto o segundo teste foi realizado durante um período de 72 horas, utilizando 14 poços de observação. Em 2005 foram coletadas informações do nível estático de um poço durante um período de 24 horas, para verificar possíveis influências da variação da maré no aquífero Marituba.

De posse de todas as informações, foram construídas as seções geológicas, os mapas de isoteores de cloreto, cálcio, magnésio e sulfato, elaborados os mapas de transmissividade, potenciometria e o mapa de espessura do aquífero, como também calculadas as relações entre os íons contidos na água. Estes dados foram interpretados e

correlacionados, a fim de identificar as prováveis causas da salinização e propor soluções para minimizar a contaminação do aquífero.

2 – CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA ESTUDADA

A área de estudo situa-se dentro da Bacia Sedimentar de Alagoas, entre as coordenadas UTM 8.933.000 e 8.934.600 mN, e 197.600 e 198.800 mE, 35º W, zona 25L (figura 3), no bairro do Mutange, localizado na cidade de Maceió, no Estado de Alagoas, às margens da lagoa Mundaú, ocupando uma área de 0,42 km².

A lagoa Mundaú é um sistema estuarino do rio Mundaú, localizado a oeste da cidade de Maceió, ocupando uma área de 23.122 km², cuja direção do eixo principal é noroeste-sudeste (figura 3).

Inserida na área de estudo estão a unidade de extração de sal-gema da Braskem S.A., conjuntos habitacionais, hospitais, órgãos estaduais (Instituto do Meio Ambiente), escolas estaduais e particulares, além de pequenos estabelecimentos comerciais.

2.1 - ASPECTOS SÓCIOECONÔMICOS

Maceió, a capital do Estado de Alagoas, é uma cidade litorânea com 797.759 habitantes (IBGE, 2000), e uma área de 511 km². Na condição de cidade mais importante do estado, possui um porto, um aeroporto, e uma malha rodoviária estadual e federal ligando-a aos estados de Pernambuco, Bahia e Sergipe.

A economia é voltada principalmente para o comércio e o setor de serviços, no qual o turismo se destaca como uma importante fonte de renda. No setor industrial, Maceió conta com uma planta de cloro-soda e seus derivados, fábricas de alimentos, equipamentos eletromecânicos, além da indústria de açúcar e álcool, responsável por grande parte da movimentação do porto de Maceió, atingindo 2,7 milhões de toneladas em 2002, dos quais 2 milhões para exportação (Porto de Maceió, 2002). O setor mineral é bastante restrito; neste se destacam a extração de sal-gema, água mineral, produção de petróleo e gás, como também, unidades de beneficiamento de rochas ornamentais.

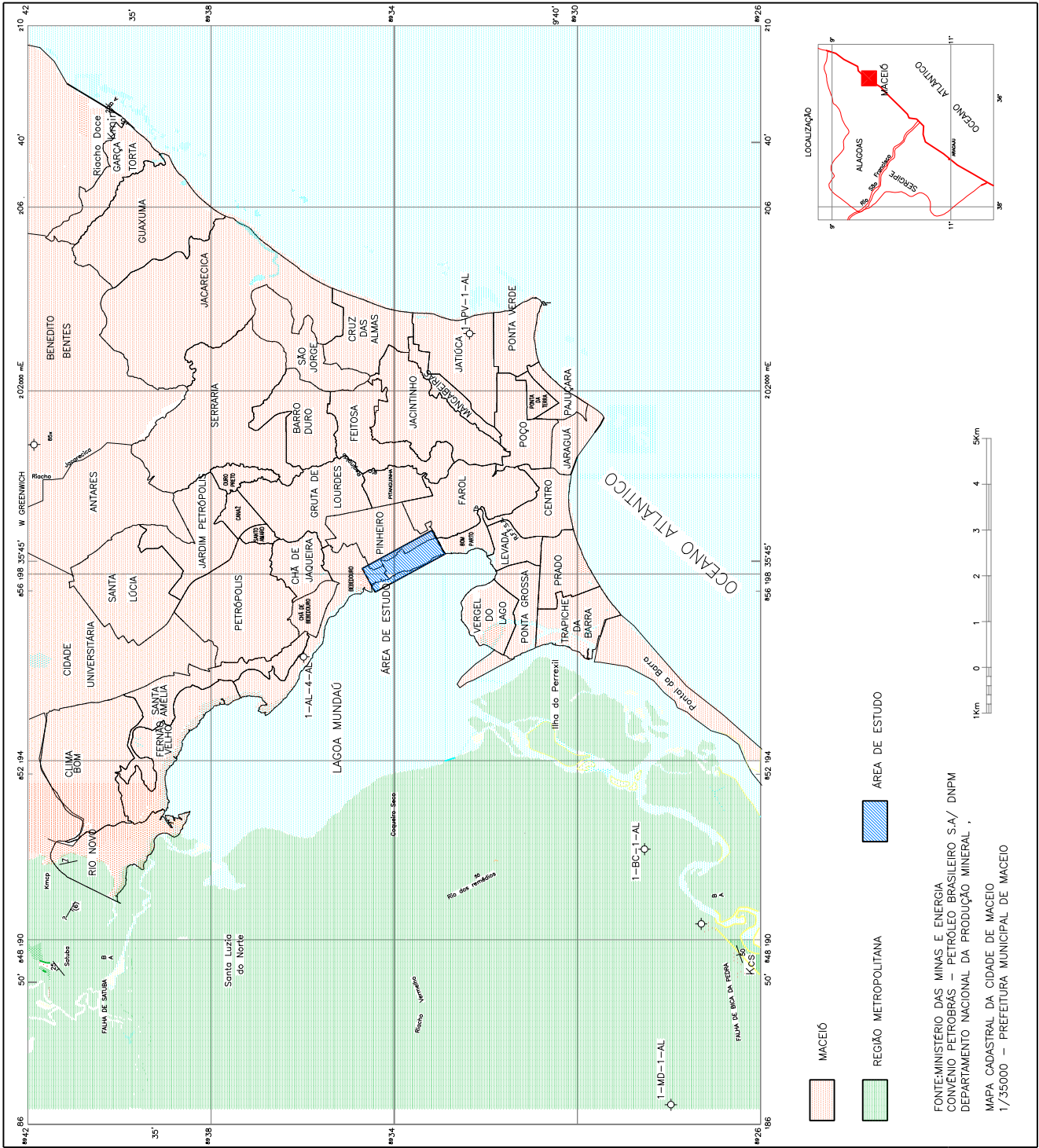


FIGURA 3 - LOCALIZAÇÃO ÁREA DE ESTUDO

2.2 - ASPECTOS CLIMATOLÓGICOS

O clima na cidade de Maceió é caracterizado como tropical úmido com dois períodos distintos: chuvoso, entre março e agosto, e seco, entre setembro e fevereiro. Segundo o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET,2005), no período entre 1961 e 1990, as precipitações na estação chuvosa atingiram valores médios de 300 mm/mês, enquanto nas estações secas, valores médios menores que 50 mm/mês foram observados (figura 4).

Durante o período chuvoso a umidade relativa do ar varia entre 79% e 83%, enquanto que no período seco, a umidade relativa fica em torno de 75% (figura 4). As taxas de evaporação (figura 5) atingem 130 mm no mês de dezembro e 70 mm em maio, segundo o INMET (2005).

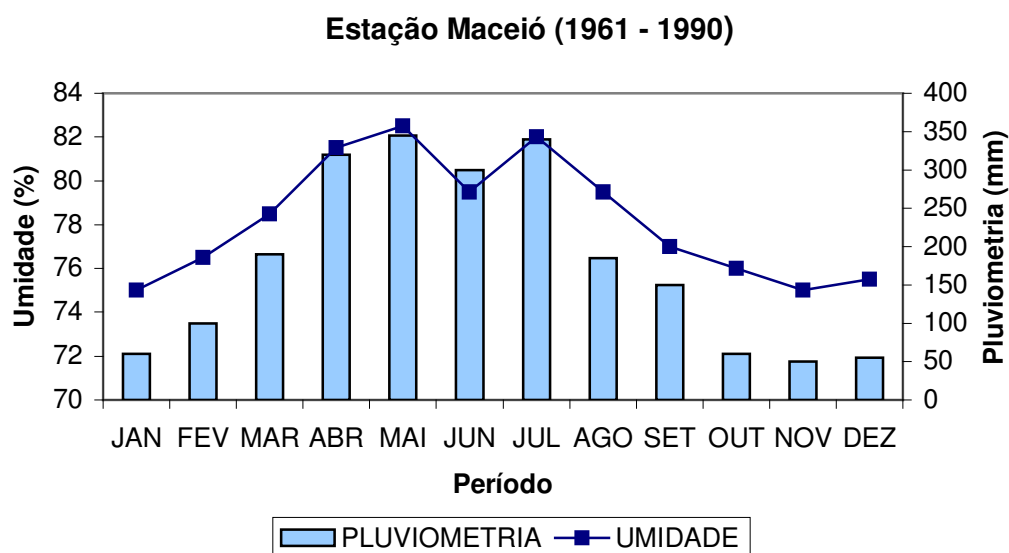


Figura 4 - Precipitações e umidade relativa na estação Maceió (1961 – 1990).

Adaptado (INMET, 2005)

A temperatura média anual em Maceió situa-se entre 23,5 °C e 26,5°C (INMET,2005), entretanto, é no mês de dezembro que os valores máximos são registrados (figura 5). Quanto à taxa de insolação, no verão atingem valores acima de 250 horas/mês, e no inverno, valores abaixo de 190 horas/mês são observados (figura 6).

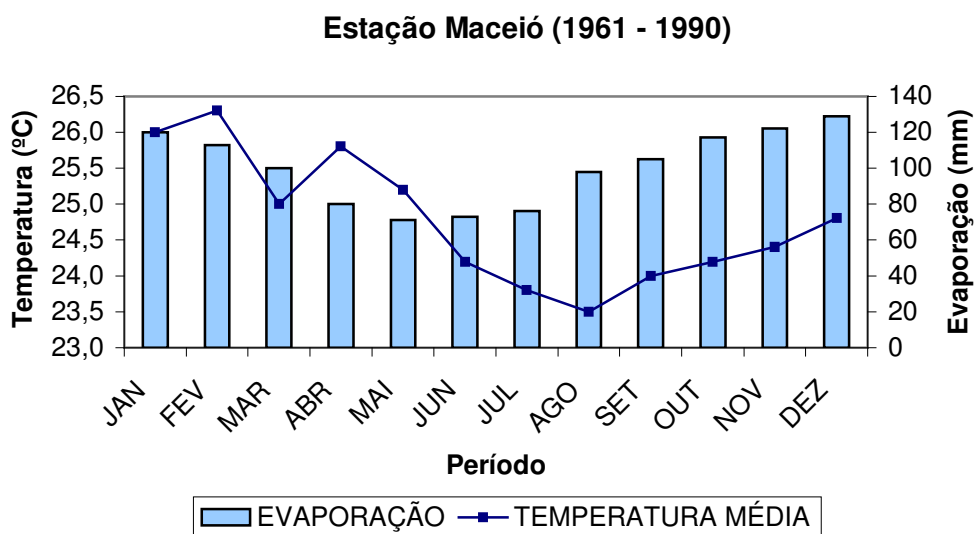


Figura 5 - Evaporação e temperatura média na estação Maceió (1961 – 1990).

Adaptado (INMET,2005)

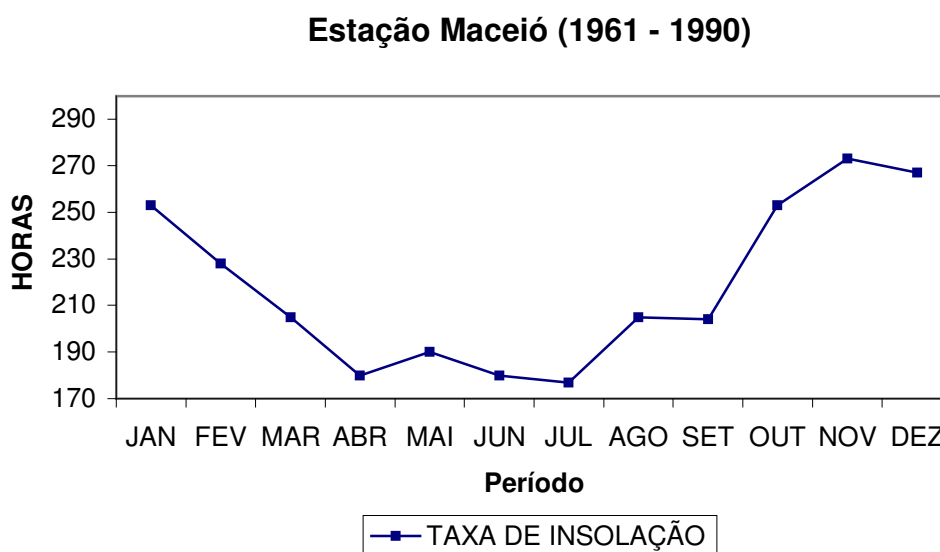


Figura 6 - Taxas de insolação mensais na estação Maceió (1961 – 1990).

Adaptado (INMET,2005)

2.3 - VEGETAÇÃO

Segundo Diegues (1998), a vegetação da região estudada é constituída por espécies da restinga e dos mangues. Encontram-se espécies como *Ipomoea pescaprae* (salsa da

praia), *Remirea maritima* (alecrim da praia), *Canavalia obtusifolia* (feijão da praia) e *Paspalum vaginatum* (capim da praia). Dentre as espécies de mangue ocorrem vegetações como *Laguncularia racemosa* (mangue branco), *Rhizophora mangle* (mangue vermelho), *Hibiscus titiaceus* (guaxuma) e *Avicenia schueriana* (mangue preto).

2.4 - LAGOA MUNDAÚ

A lagoa Mundaú é o estuário do rio Mundaú, cuja bacia hidrográfica está situada parte em Pernambuco, onde o rio nasce, e outra em Alagoas. Segundo COTEC (1999), a lagoa Mundaú está interligada com a lagoa Manguaba na região dos canais, existindo uma única comunicação com o mar. O complexo estuarino lagunar Mundaú - Manguaba (CELMM) margeia vários núcleos urbanos dos municípios de Maceió, Marechal Deodoro, Pilar, Coqueiro Seco, Santa Luzia do Norte, Satuba e Rio Largo.

Segundo Lima (1990), a lagoa Mundaú sofre influências das marés que, através dos inúmeros canais, facilitam a entrada e saída da água do mar, como também das cheias do rio Mundaú. A presença de água salgada, por sua vez, a torna salobra, propiciando a presença de mangues que a margeiam. Santos (1998) constatou que, em junho de 1984, a amplitude máxima da maré na estação Porto de Maceió foi de 2,04 m e na lagoa Mundaú foi de 0,31 m.

Segundo Santos (1998 op. cit), a salinidade da lagoa Mundaú na estação seca alcança valores de 36,2‰ próximo à região de comunicação com o mar e 8,8‰ no delta do rio Mundaú, enquanto na estação chuvosa foram observados valores da ordem de 33,5‰ na região de comunicação com o mar e 0,1‰ no delta do rio.

Segundo COTEC (1999), o rio Mundaú sofre a influência dos esgotos lançados às suas margens em Satuba, Santa Luzia do Norte, Coqueiro Seco e região metropolitana de Maceió.

2.5 - EXTRAÇÃO DE SAL-GEMA

Os depósitos salinos na cidade de Maceió foram descobertos na década de 40 pelo Conselho Nacional de Petróleo, no local onde hoje está situado o Centro Sportivo Alagoano, mais conhecido como CSA. A jazida de halita está disposta em camadas intercaladas por folhelhos. O topo do sal encontra-se a 900 m, e a base a 1.200 m de profundidade.

A extração do mineral é realizada através do método de dissolução subterrânea que consiste na injeção de água através de poços profundos que atravessam a camada de sal-gema, com a finalidade de dissolvê-lo e conduzi-lo até a superfície sob a forma de salmoura.

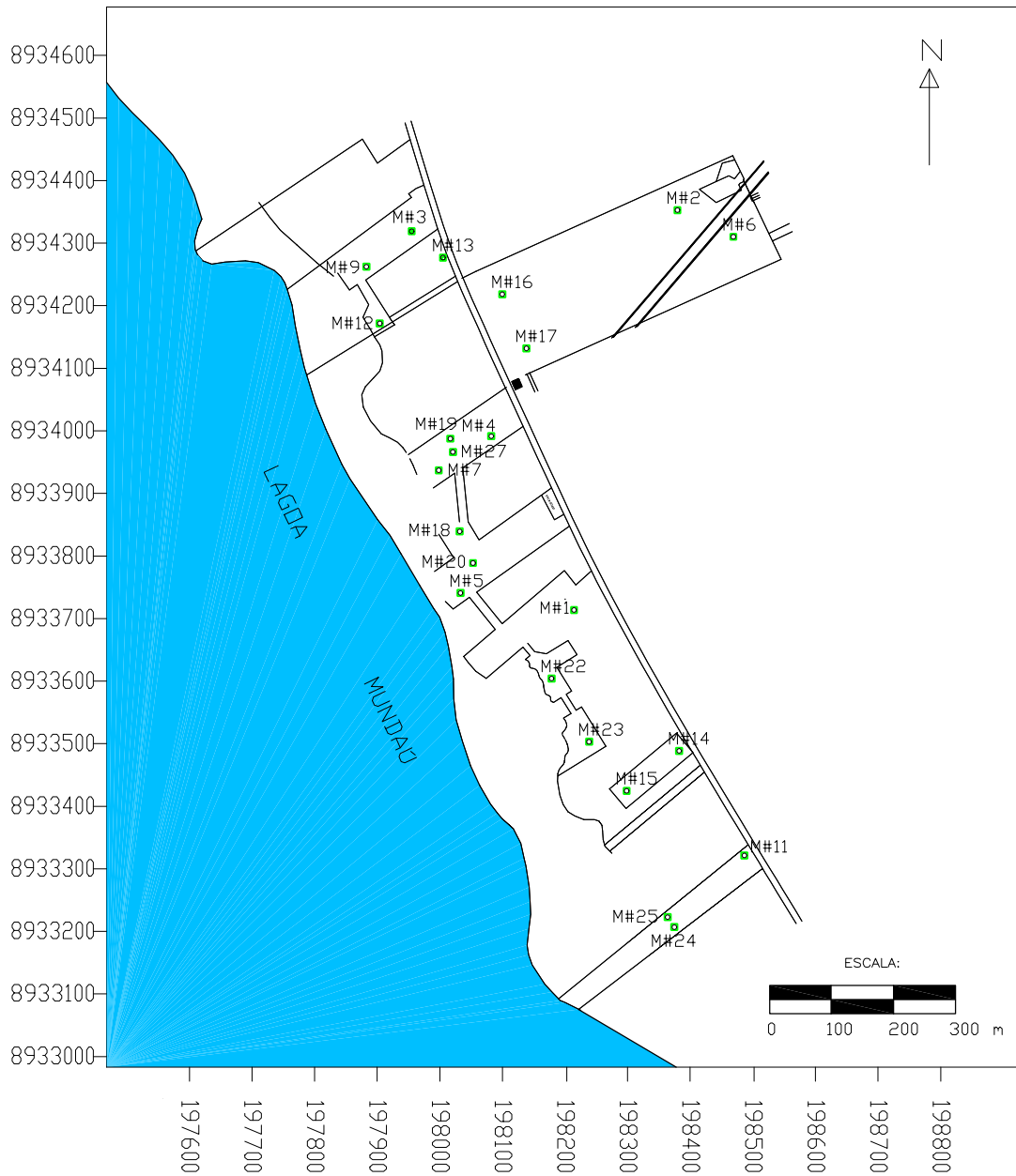
Os poços de extração de sal-gema (figura 7) serão denominados neste trabalho de poços de sal. Estes poços são perfurados e completados segundo a tecnologia petrolífera utilizada mundialmente. Os poços de sal podem ter o perfil vertical ou direcional; este último é empregado quando o acesso vertical à jazida é difícil, geralmente devido à presença de mangues ou mesmo a lagoa Mundaú.

A perfuração dos poços de sal é composta por etapas e controles que visam garantir a integridade do projeto. A 1ª etapa executada durante a construção de um poço de sal é a cravação de uma tubulação de 20" de diâmetro até 20 m de profundidade, cuja finalidade é evitar a perda do fluido de perfuração nos primeiros metros. Na 2ª etapa inicia-se a perfuração propriamente dita, utilizando-se um fluido à base de bentonita, e uma broca de 17 ½" que perfura até 305 m de profundidade, onde posteriormente é cimentado um revestimento de 13 3/8" de aço carbono, cuja sapata fica posicionada a 300 m. A fim de verificar a qualidade da cimentação é realizado um exame CBL /VDL (Cement Bound Log/ Variable Density Log) em toda sua extensão.

Após o controle de qualidade da primeira cimentação, prossegue a perfuração utilizando-se uma broca de 12 ¼" que perfura até 800 m utilizando fluido à base de carboximetilcelulose (CMC), e entre 800 m e 1.200 m utiliza-se outro de tipo de CMC saturado em cloreto de sódio para evitar a dissolução da camada de sal ao atravessá-la. Completada esta etapa, é instalado um revestimento de 9 5/8" até 1.100 m de profundidade, onde é realizada a cimentação em dois estágios para evitar fraturamento da formação.

A completação do poço de sal é a última etapa da construção. Neste estágio são instalados 1.180 m de revestimento de 7" e 1.195 m de revestimento de 4 ½", que permanecem suspensos e ancorados na cabeça do poço (figura 8). O processo de dissolução inicia-se no momento em que a água é injetada, por meio de bombas centrífugas localizadas na estação de bombeio, através do revestimento de 4 ½". O sal dissolvido, sob a forma de salmoura, ascende à superfície pelo espaço anular entre os revestimentos de 7" e 4 ½", e é conduzido até a estação de bombeio por meio de tubulações de 8" de aço carbono.

UTM N (m)



UTM E (m)

FIGURA 7 -LOCALIZAÇÃO DOS POÇOS DE SAL

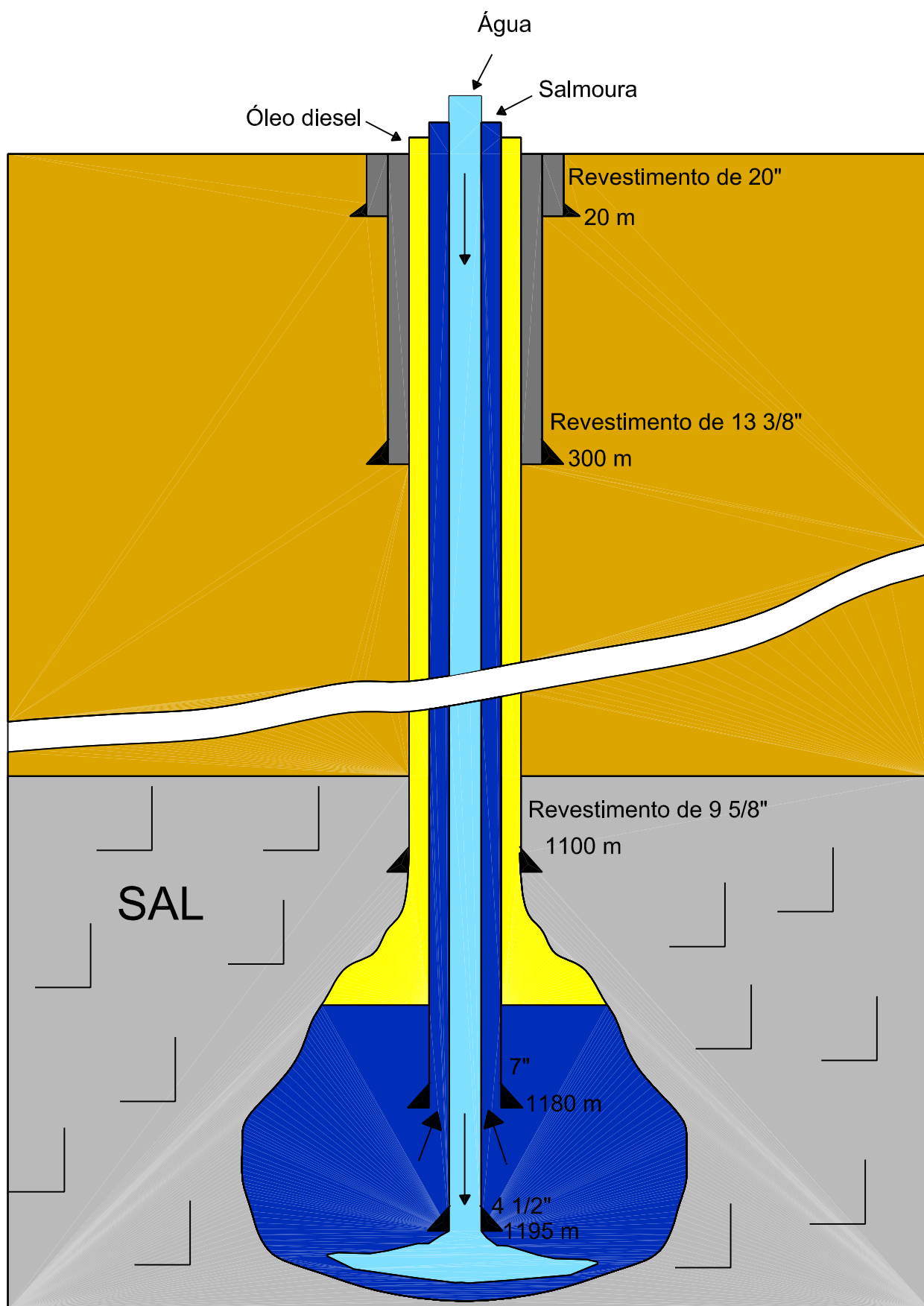


FIGURA 8 - COMPLETAÇÃO DOS POÇOS DE SAL

3 - GEOLOGIA

3.1 - GEOLOGIA REGIONAL

As bacias de Sergipe e Alagoas ocupam uma faixa alongada na costa leste brasileira, entre os paralelos 9° e 11° sul, limitada ao norte pelo Alto do Maragogi, com a bacia Pernambuco-Paraíba, e ao sul com a Bacia de Jacuípe. A área emersa destas bacias é de 13.000 km², e a porção submersa alcança 20.000 km² até a cota batimétrica de -2000 m, (Feijó, 1994).

As bacias de Sergipe e Alagoas foram individualizadas a partir de diferenças importantes em seu caráter estrutural e estratigráfico (Feijó, 1994 op. cit), e são limitadas pelo Alto de Jaboatã-Penedo. A nomenclatura litoestratigráfica mantém a precedência das definições de Schaller (1969), tendo sido incorporadas as modificações propostas por Figueiredo (1978) e Feijó & Lana (1990).

Segundo Feijó (1994 op. cit), a deposição da Bacia Alagoas sobre o embasamento iniciou-se no período Neopaleozóico, quando foram depositadas as formações Batinga e Aracaré do Grupo Igreja Nova. Sobrepostas a estas, foram depositadas as rochas clásticas flúvio-lacustres neojurássicas e eocretáceas pertencentes ao Grupo Perucaba, composto pelas formações Candeeiro, Bananeiras e Serraria.

No período Cretáceo foram depositados os sedimentos clásticos e evaporíticos do Grupo Coruripe (Formações Barra de Itiúba, Penedo, Coqueiro Seco, Poção, Ponta Verde e Maceió), caracterizados pelas rápidas variações de fácies, correspondentes aproximadamente às fases rift e transicional das bacias de Sergipe e Alagoas. Sobrepostas a estas, foram depositadas as rochas carbonáticas de origem marinha do Grupo Sergipe, compostas pelas formações Riachuelo e Cotinguiba no período albião-cenomaniano. Durante os períodos neocretáceo e terciário foram depositados os sedimentos clásticos e carbonáticos de origem marinha do Grupo Piaçabuçu, composto pelas formações Calumbi, Mosqueiro e Marituba. No período neoceno-zóico foram depositados os sedimentos clásticos continentais finos e grossos da Formação Barreiras (figura 9).

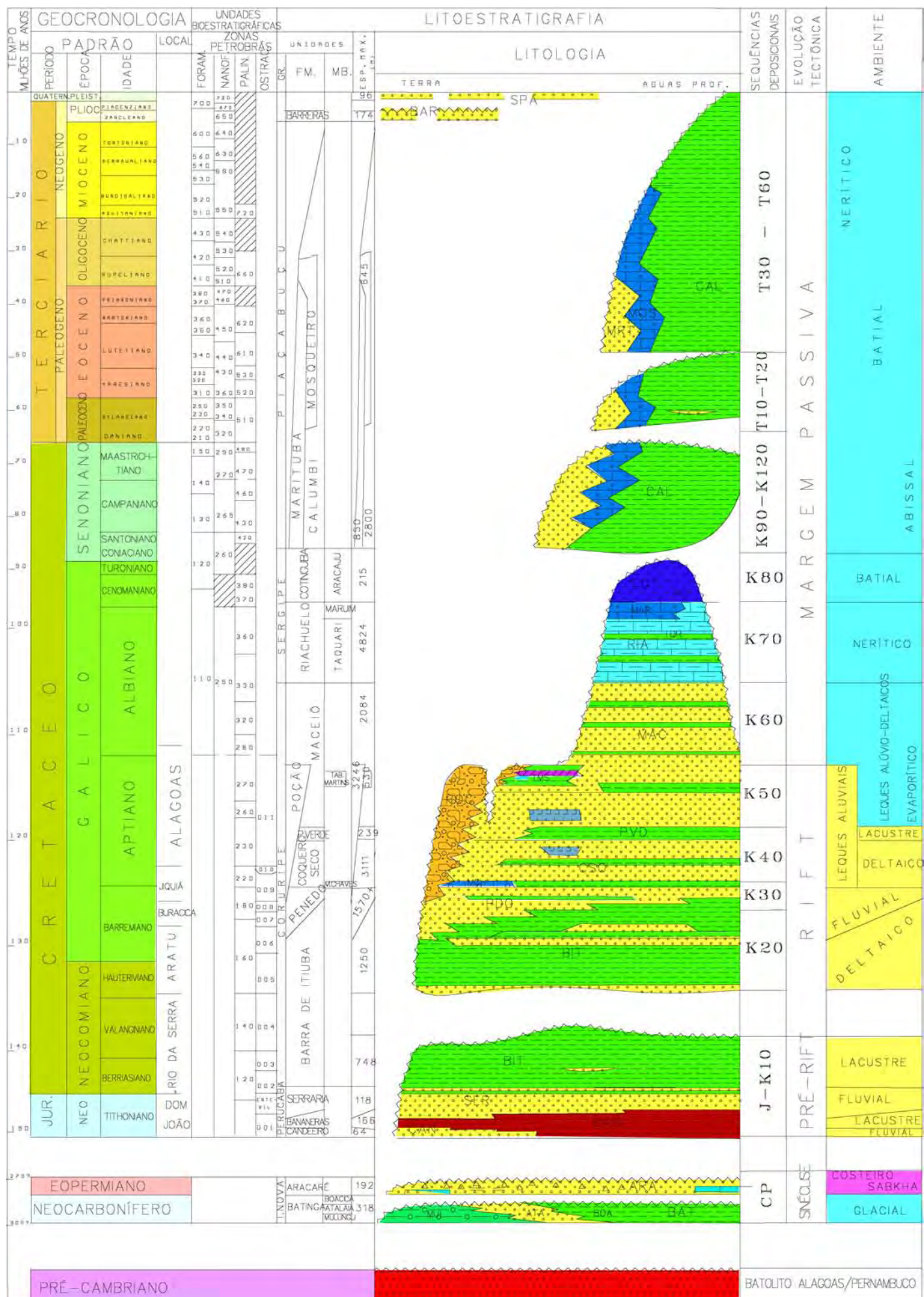


Figura 9 - Carta Estratigráfica da Bacia de Alagoas (Feijó, 1994)

3.2 - GEOLOGIA LOCAL

Na região metropolitana de Maceió observa-se o afloramento apenas das Formações Barreiras e Sedimentos de Praia e Aluvião, como pode ser visto no mapa geológico da figura 10. A descrição da geologia local adotada neste trabalho é baseada na classificação mais recente feita por Feijó (1994).

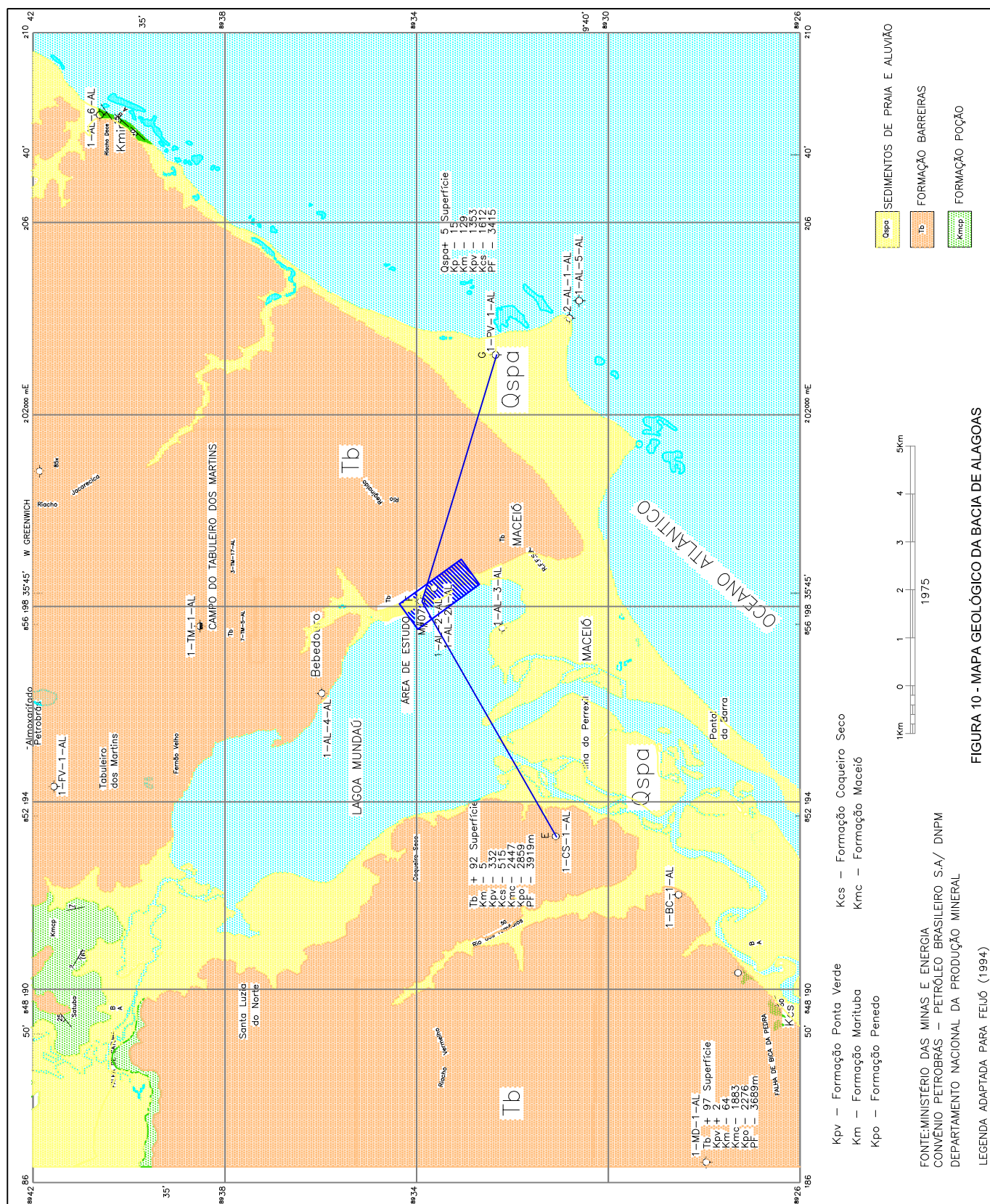
Grupo Coruripe – as rochas do Grupo Coruripe são principalmente clásticas e evaporíticas, e notabilizam-se pelas bruscas variações de fácies. Englobam as formações Barra de Itiúba, Penedo, Rio Pitanga, Coqueiro Seco, Ponta Verde, Poção, Maceió e Muribeca.

Formação Penedo – formada por espessos leitos de arcóseo fino a grosso, mal selecionado, branco e cinzento a amarelado, com estratificação cruzada acanalada freqüentemente deformada por gigantescas fluidizações. Está sotoposta concordantemente à Formação Coqueiro Seco. Esta unidade foi relatada no poço da Petrobrás 1CS 01-AL (figura 11) a 2.954 m de profundidade.

Formação Coqueiro Seco – é constituída por alternâncias de arcóseo fino a grosso, acastanhado, micáceo e folhelho siltico castanho. Está sotoposta concordantemente à Formação Ponta Verde e Maceió. Grada lateralmente para a Formação Poção na Bacia de Alagoas. Esta unidade foi relatada no poço da Petrobrás 1CS 01-AL (figura 11) e está compreendida entre 606 e 2.954 metros de profundidade. Nos municípios de Coqueiro Seco, Marechal Deodoro e Satuba esta unidade encontra-se sob a Formação Barreiras (figura 12).

Formação Maceió – é formada por intercalações de arcóseo fino a grosso cinza – claro e castanho, folhelho betuminoso castanho com interlaminações de anidrita e dolomita, e camadas de halita informalmente denominadas de Evaporitos Paripueira. Esta unidade era membro da Formação Muribeca (Schaller, 1969), mas foi promovida a formação por ser mapeável como unidade independente. Os folhelhos betuminosos, com anidrita subordinada, foram reunidos no membro Tabuleiro dos Martins. Esta unidade foi relatada no poço de sal da Braskem M# 07 (figura 11) e está compreendida entre 680 e 1.200 metros de profundidade.

Formação Poção – caracterizada por conglomerados com seixos e matacões de rochas graníticas de até 3 m de diâmetro em matriz arcoseana muito mal selecionada. Estas rochas ocorrem somente na Bacia de Alagoas, e eram anteriormente chamadas de membro Carmópolis da Formação Muribeca (Schaller, 1969). A Formação Poção grada lateralmente para as formações Penedo, Coqueiro Seco e Maceió. Esta unidade foi relatada no poço de sal da Braskem M# 07 (figura 11) e está compreendida entre 330 e 680 metros.



Formação Ponta Verde – é constituída por folhelho cinza-esverdeado, com formato acicular em amostras de calha. Interpõe-se concordantemente às formações Coqueiro Seco e Maceió, em parte da bacia de Alagoas. Esta unidade foi relatada no poço da Petrobrás 1CS 01-AL (figura 11) e está compreendida entre 427 e 606 metros de profundidade.

Grupo Piaçabuçu – definido por Schaller (1969) como formação, foi promovido a grupo reunindo as rochas clásticas e carbonáticas marinhas neocretáceas e terciárias das formações Calumbi, Mosqueiro e Marituba.

Formação Mosqueiro – caracteriza-se pela predominância de calcarenitos bioclásticos cinzentos, compostos basicamente por foraminíferos e moluscos, e ocorre ao longo de uma faixa alongada na direção nordeste, junto à atual linha de costa. Anteriormente, estas rochas eram incluídas no Membro Marituba da Formação Piaçabuçu (Schaller, 1969 op. cit). A Formação Mosqueiro grada lateralmente para as formações Marituba e Calumbi, e representa a plataforma carbonática ativa do Campaniano ao Mioceno na Bacia de Alagoas, e do Paleoceno ao Holoceno na Bacia de Sergipe. Esta unidade foi relatada no poço de sal da Braskem M# 07 (figura 11) e está compreendida entre 140 e 330 metros de profundidade.

Formação Marituba – anteriormente era considerada um membro da Formação Piaçabuçu e incluía os carbonatos agora individualizados na Formação Mosqueiro (Schaller, 1969 op. cit). A Formação Marituba grada lateralmente para as Formações Mosqueiro e Calumbi. Estas rochas foram depositadas em leques costeiros do Campaniano ao Holoceno. Segundo Cavalcante (1978 op. cit), o contato inferior é discordante com a Formação Barreiras e é caracterizado pela presença de arenitos piritosos. A Formação Marituba não aflora, aparecendo em subsuperfície abaixo da Formação Barreiras, desde a margem da lagoa Mundaú, prolongando-se para o nordeste numa faixa paralela ao litoral (figura 12). Esta unidade foi relatada no poço de sal da Braskem M# 07 (figura 11) e está compreendida entre 40 e 140 metros de profundidade.

Formação Barreiras – composta por clásticos continentais finos e grossos, de coloração variada e grau de compactação insignificante (Schaller, 1969 op. cit). Na área de Maceió é constituída por arenito quartzoso com intercalações de argilas arenosas, aflorando em quase toda extensão do município (figura 10). Esta unidade foi relatada no poço de sal da Braskem M# 07 (figura 11) e está compreendida entre a superfície e 40 metros de profundidade.

Sedimentos de praia e aluvião – nas planícies costeiras ocorrem areias cinza-claras, ligeiramente amareladas, enquanto que nas planícies aluviais predominam areias, argilas e cascalho (Schaller, 1969 op. cit).

O perfil geológico da figura 11 mostra uma descontinuidade das formações Marituba, Mosqueiro e Poção sob a lagoa Mundaú, visto que estas unidades são encontradas no

município de Maceió (M# 07 e 1PV-1-AL) , mas não são verificadas no poço da Petrobrás 1CS-01AL localizado no município de Marechal Deodoro. É provável que esta descontinuidade seja uma falha sob a lagoa Mundaú, dada a diferença de cotas verificada nas formações Maceió, Ponta Verde e Coqueiro Seco entre os poços Petrobrás 1CS-01AL e 1PV-1-AL.

4 - HIDROGEOLOGIA

Na região estudada foi identificada a presença de quatro aquíferos que são divididos em Poção, Mosqueiro, Marituba e Barreiras.

Aquífero Poção

É um aquífero confinado composto por conglomerado, limitado no topo por folhelho e na base por calcário. Localizado entre 320 e 420 m de profundidade na área de estudo, a água deste aquífero é caracterizada pela cor escura, presença de gás sulfídrico, pH na faixa de 7,5 e teor de cloreto em torno de 400 ppm. Atualmente explotando neste aquífero existe apenas o poço PW-24, com capacidade específica de $1,5 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$ em regime permanente.

Aquífero Mosqueiro

É um aquífero confinado composto por calcarenito, limitado no topo por calcário e na base por folhelho. Localizado entre 210 e 240 m de profundidade na área de estudo, a água deste aquífero é caracterizada pela dureza elevada, pH entre 7,0 e 7,5 e teor de cloreto em torno de 25 ppm. Atualmente é explotado pelos poços PW-21 e PW-22, com capacidade específica média de $0,8 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$.

Aquífero Marituba

Embora os aquíferos Barreiras e Marituba sejam considerados um único sistema hidrodinâmico, neste trabalho serão tratados separadamente, visto que localmente encontram-se separados por uma camada argilosa ou argilo-arenosa que confina o aquífero Marituba.

Segundo Cavalcante et. al (1993) , o Marituba é um aquífero não aflorante e ocorre numa faixa que se inicia na margem da lagoa Mundaú, estendendo-se para nordeste sob o aquífero Barreiras (figura 12). GEORENA (1975) realizou estudos no aquífero Marituba e mostrou que o mesmo é semiconfinado, limitado tanto no topo como na base por camadas argilo-arenosas que se comportam como unidades semipermeáveis, onde ocorrem drenanças através do aquífero Barreiras. GEORENA (1975 op. cit) também determinou a

transmissividade para o aquífero Marituba ($T = 2,16 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$), o coeficiente de armazenamento ($S = 2,73 \times 10^{-4}$) e a condutividade hidráulica do aquitard ($k' = 2,32 \times 10^{-8} \text{ m/s}$).

Aquífero Barreiras

Calvacante et. al (1975) propuseram um sistema aquífero caracterizado por uma zona livre e por várias camadas confinantes descontínuas que intercalam as regiões mais permeáveis. A transmissividade do aquífero é da ordem de $1,35 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$, possuindo forte anisotropia e permeabilidade vertical muito baixa em relação à horizontal, mas possivelmente conectado hidráulicamente com a lagoa Mundaú ou com o oceano Atlântico.

Cavalcante (1978) mostrou que o escoamento da água no Sistema Barreiras/Marituba se processa ao longo de várias frentes, destacando-se o litoral Atlântico e as margens das lagoas Mundaú e Manguaba, e que o gradiente hidráulico decresce do litoral, onde assume valores da ordem de 2%, para a borda da bacia, com 0,3%.

A figura 13 mostra a localização dos poços produtores na área estudada, enquanto que as figuras 14 e 15 mostram os perfis litológicos dos mesmos. Observa-se, nos perfis das figuras 14 e 15, que todos os poços possuem seção filtrante no aquífero Marituba entre as cotas -40 e -85 m aproximadamente, e apenas os poços PW- 07B, PW- 10A, PW- 15A e 17A possuem seção filtrante também no aquífero Barreiras, cujos filtros encontram-se entre as cotas -20 e -35 m aproximadamente.

A presença da camada argilo-arenosa que separa os aquíferos Barreiras e Marituba, localizada entre as cotas -30 e -40 m, pode ser observada em todos os perfis, cujas seções são mostradas nas figuras 14 e 15. Entretanto, esta camada torna-se descontínua entre os poços PW-15A e PW-12B, bem como entre os poços PW- 07B e PW- 16, indicando portanto uma zona susceptível à existência de uma conexão hidráulica entre os dois aquíferos nestas regiões.

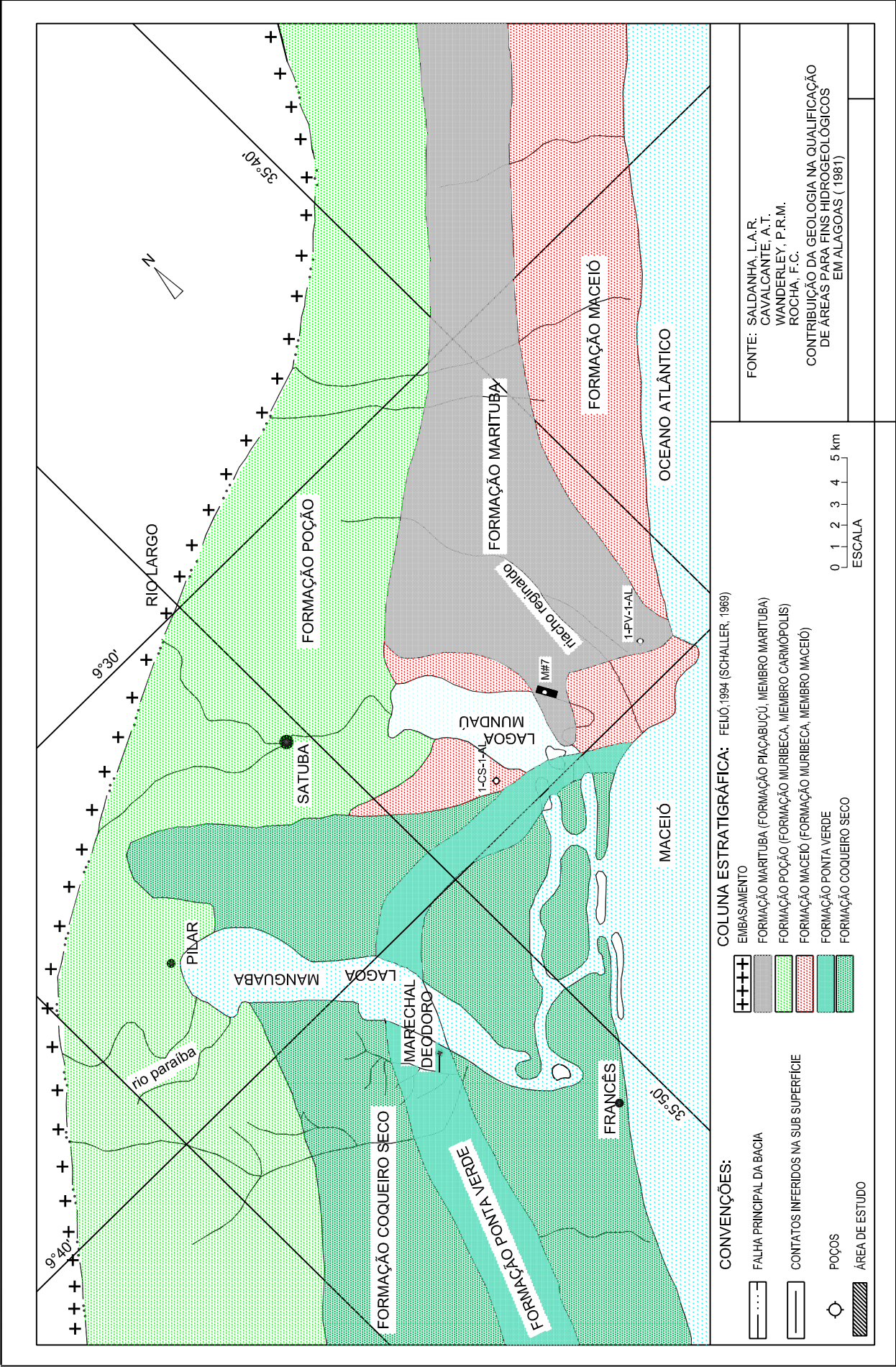


FIGURA 12 - Mapa sub-Barreiras na região metropolitana de Maceió

UTM N (m)

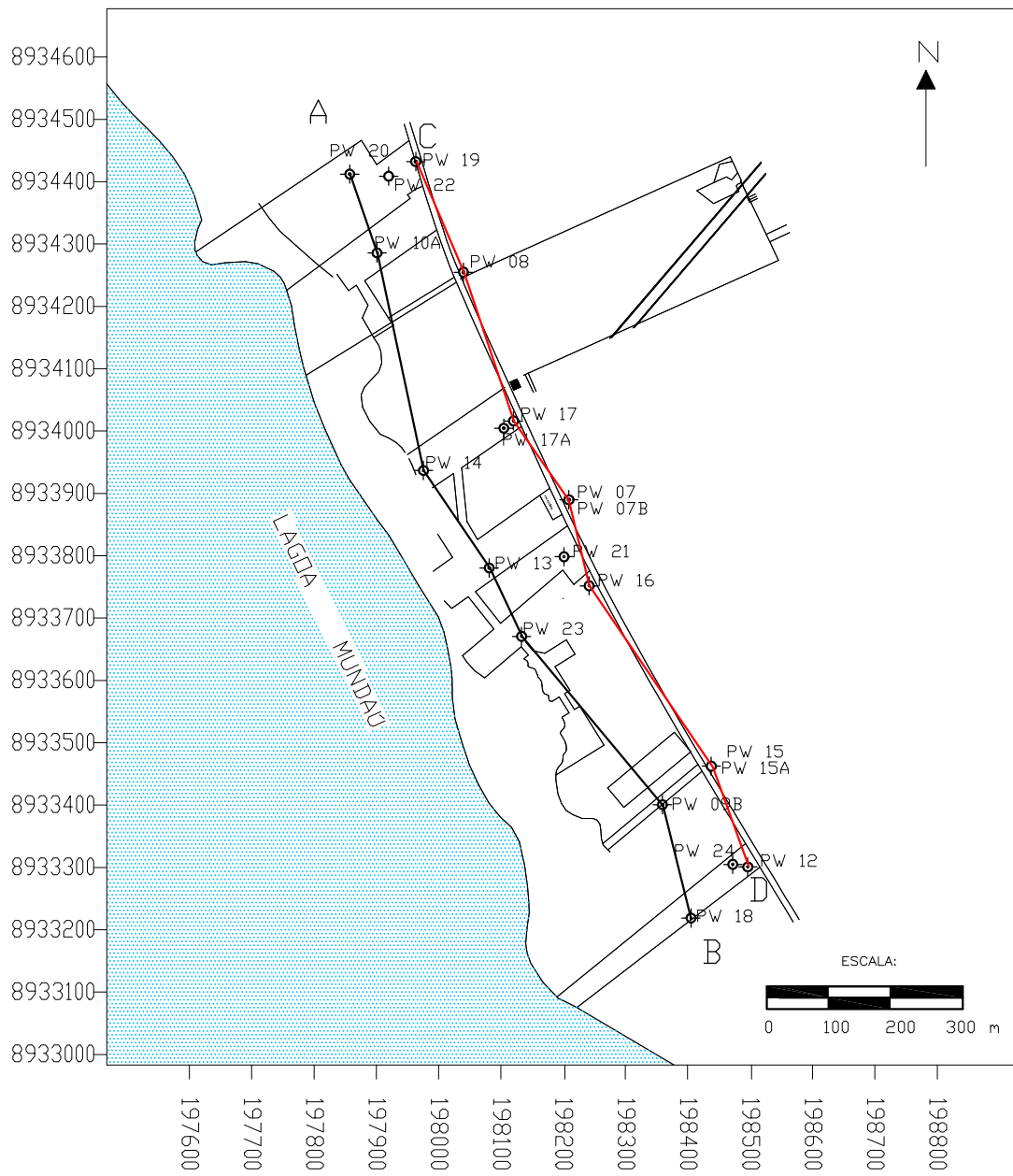


FIGURA 13 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO DOS POÇOS DE ÁGUA

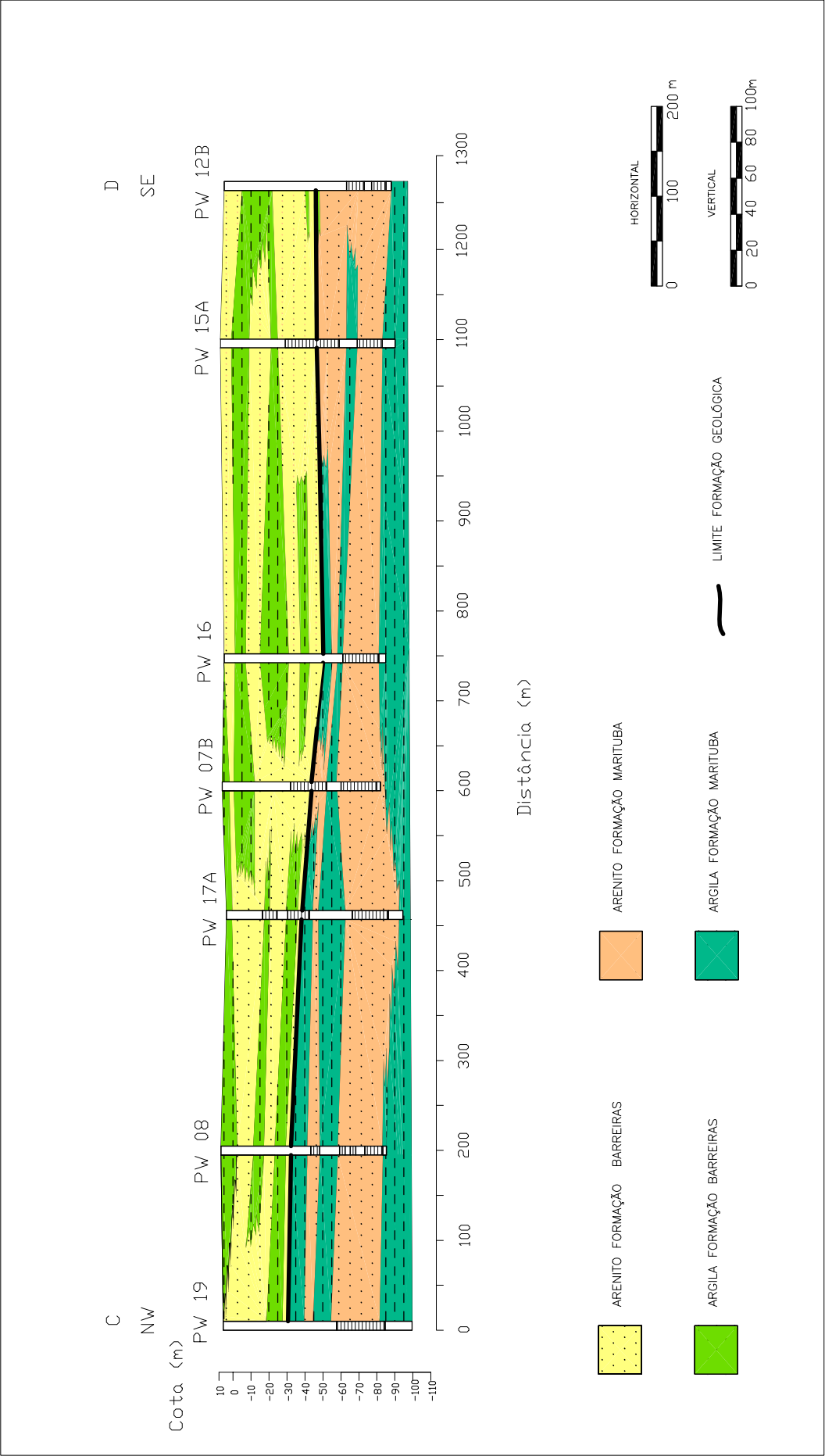


FIGURA 14 - SEÇÃO GEOLÓGICA PW 19 - PW 12B

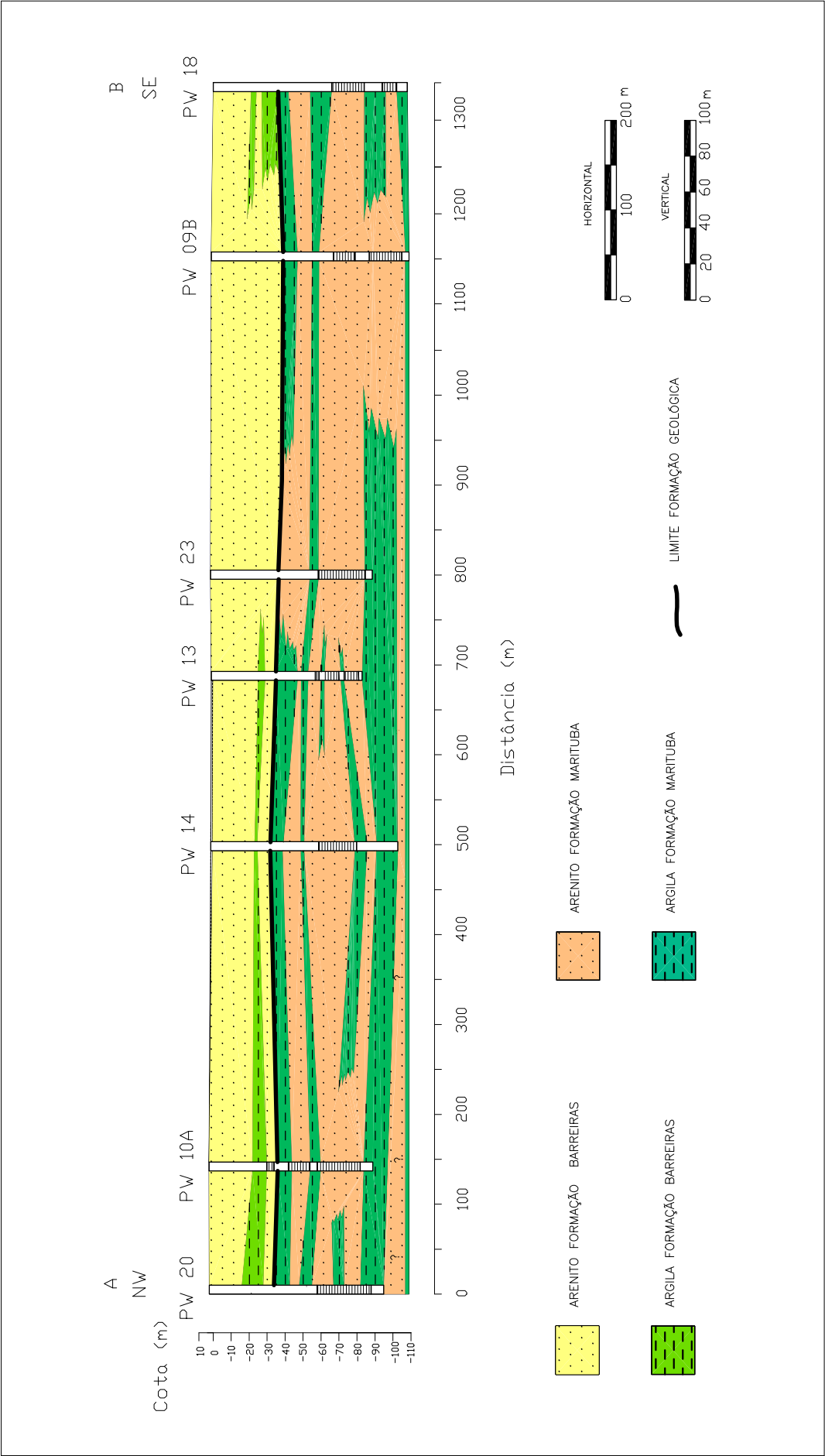


FIGURA 15 - SEÇÃO GEOLÓGICA PW 20- PW 18

4.1 - CAPTAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

O abastecimento de água do município de Maceió é suprido através de sistema de superfície com produção estimada em 2.000 m³/h, associado a poços tubulares que captam nos diferentes aquíferos cerca de 5.200 m³/h, representando 72% da captação de água, Calvalcante (1995). Esta captação está distribuída por baterias de poços pertencentes a CASAL, localizados na região do tabuleiro e litorânea (Bebedouro, Gonçalves Ledo, Bolão e Baixo Reginaldo), bem como poços particulares (figura 16).

As baterias mais próximas da área estudada são Bebedouro, localizada a aproximadamente 1.000 m na direção noroeste, e Bolão, situada a aproximadamente 2.000 m na direção sudeste; ambas captam água dos aquíferos Barreiras e Marituba. Na região estudada encontra-se a bateria de poços da Braskem S.A. (figura 16), com capacidade para captar 500 m³/h distribuídos nos aquíferos Barreiras, Marituba, Mosqueiro e Poção (tabela 1). Deste total, 320 m³/h são direcionados para o processo de extração de sal-gema, enquanto que 180 m³/h são enviados através de uma adutora de 8 Km para a planta de Cloro-Soda localizada no bairro do Pontal da Barra. A figura 17 mostra o fluxograma de processo da unidade Mineração.

Tabela 1 - Distribuição da captação de água na área de estudo

Aquíferos	Vazão (m ³ /h)	Distribuição (%)
Barreiras/Marituba	145	29
Marituba	200	40
Mosqueiro	85	17
Mosqueiro/Poção	70	14
Total	500	100

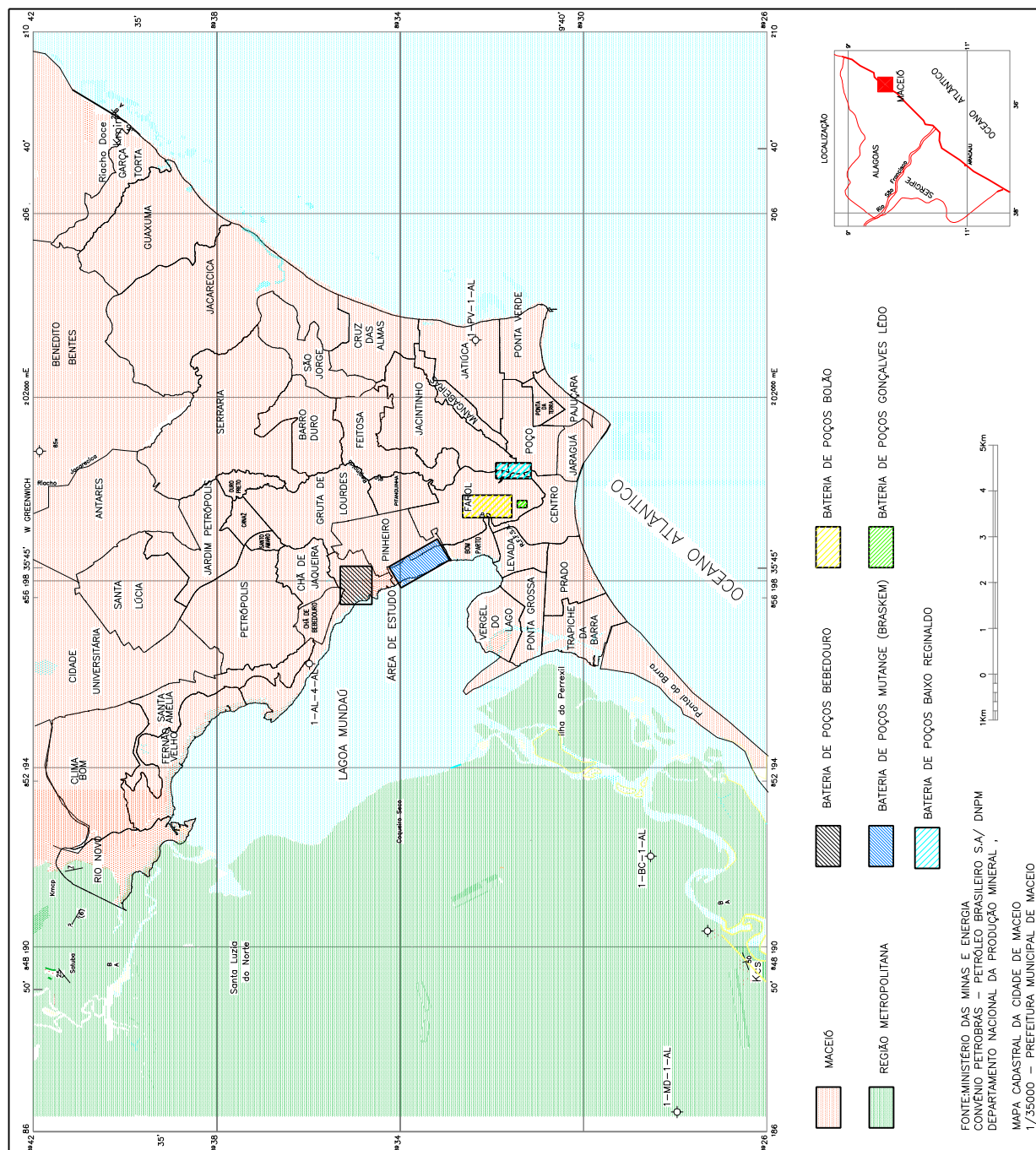
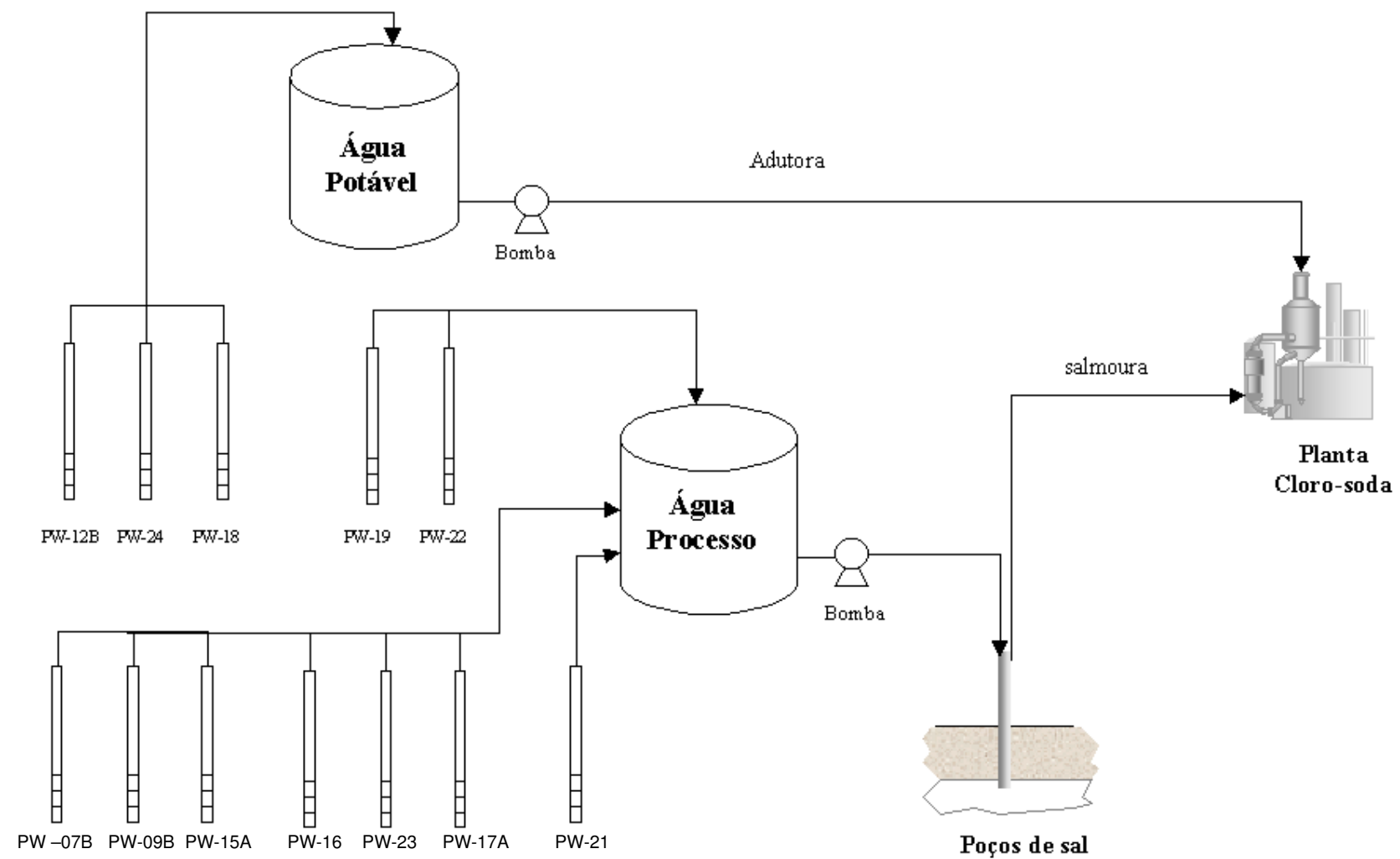


FIGURA 16 - BATERIA DE POÇOS PRÓXIMA A ÁREA DE ESTUDO



PW – Poços de água

Figura 17 – Fluxograma de processo

4.2 - HISTÓRICO DA CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA BRASKEM

Os primeiros poços de captação localizados na área de estudo foram perfurados entre 1974 e 1975. Os poços PW- 01, PW- 02, PW- 03 , PW- 04 e PW- 05 (figura 18) foram construídos para extrair, juntos, 230 m³/h, dos quais 80 m³/h visavam suprir a unidade Cloro-Soda pertencente à antiga Salgema Indústrias Químicas via adutora, e 150 m³/h eram utilizados no processo de extração de sal da antiga Salgema Mineração.

Os poços possuíam seção filtrante no aquífero Marituba em aço inox 304 com 6" de diâmetro e revestimento de 9 5/8" cimentado. A operação dava-se através de bombas de eixo prolongado que, devido ao pH baixo da água, entre 3,5 e 4,5, utilizavam bombeadores em aço inox.

Naquela época o processo construtivo do poço não utilizava pré-filtro, e sim a técnica de desenvolvimento natural. Como consequência, os poços produziam quantidades expressivas de areia que danificavam as tubulações de aço carbono que transportavam a água.

Em 1978 a unidade Cloro-Soda passou por um processo de ampliação com a implantação da planta de DCE (1,2 dicloroetano), sendo necessário elevar o volume de água captado. Portanto, em meados daquele ano foram perfurados mais três poços: PW- 06, PW- 07 e PW- 08, elevando em 70 m³/h a vazão de extração. No final da década de 70, a construção dos novos poços passou a utilizar filtros de aço inox 316 com abertura de 0,75 mm, pré-filtro com granulometria entre 1 e 3 mm, e bombas submersas.

No início da década de 1980, os primeiros poços PW- 01, PW- 02, PW- 03, PW- 04 PW- 05 e PW -06 foram desativados devido à elevada produção de areia. Desta forma, foram construídos os poços PW- 09, PW- 10, PW-11, PW- 12, PW-13 e PW-14 para substituí-los. Em meados da década de 80, o poço PW-13 foi desativado devido à baixa produção de água.

No final da década de 80 foi iniciada a ampliação da unidade Cloro-Soda, exigindo conseqüentemente um aumento do volume de água captado que passou de 300 m³/h para 500 m³/h. Com a finalidade de suprir esta necessidade foi ampliada a bateria do Mutange, onde foram construídos os poços PW-15, PW-16, PW-17, PW-18, PW-19 e PW-20, todos já utilizando revestimentos e filtros em PVC geomecânico.

Em 1990, os poços PW-14 e PW-20 começaram a indicar um processo de salinização, alcançando teores de 1.000 ppm de cloretos, enquanto que, nesta época, os teores médios de cloreto não ultrapassavam 200 ppm. A partir desta constatação, os poços PW-14 e PW-20 passaram a operar de forma esporádica para evitar o avanço da salinização.

Em meados de 1996, os poços PW-21 e PW-22 foram construídos para captar água no aquífero Mosqueiro, localizado entre 210 e 240 metros de profundidade. Esta foi a primeira, de um conjunto de medidas que foram tomadas visando reduzir a captação no aquífero Marituba, e conseqüentemente o processo de salinização. Em 1997, o poço PW-23 foi perfurado para substituir o poço PW-11, cuja desativação foi provocada por um rompimento do filtro de aço inox.

Em 1998, os poços PW-14, PW-20, PW-07, PW-10, PW-15 e PW-17 foram desativados, os dois primeiros por conta da salinização, e os demais foram substituídos pelos poços PW-07B, PW-10A, PW-15A e PW-17A, que passaram a captar água nos aquíferos Barreiras e Marituba simultaneamente, visando reduzir a captação no Marituba, bem como melhorar a qualidade da água bruta transferida para a unidade industrial, visto que as concentrações de cloreto na água do aquífero Barreiras estavam em torno de 150 ppm, enquanto que a média dos teores de cloreto da água do aquífero Marituba já ultrapassava 400 ppm no final da década de 90.

Em 2001, o programa de desativação de poços salinizados estendeu-se com a paralisação do PW-10A decorrente do elevado teor de cloreto na água, que alcançou 1.500 ppm. Em meados de 2002, o poço PW-08 foi desativado devido ao rompimento do filtro de aço inox. Ambos os poços foram substituídos em 2003 pelo poço PW-24, que capta água no aquífero Mosqueiro entre 210-240 metros de profundidade e no aquífero Poção, localizado entre 310-360 metros de profundidade.

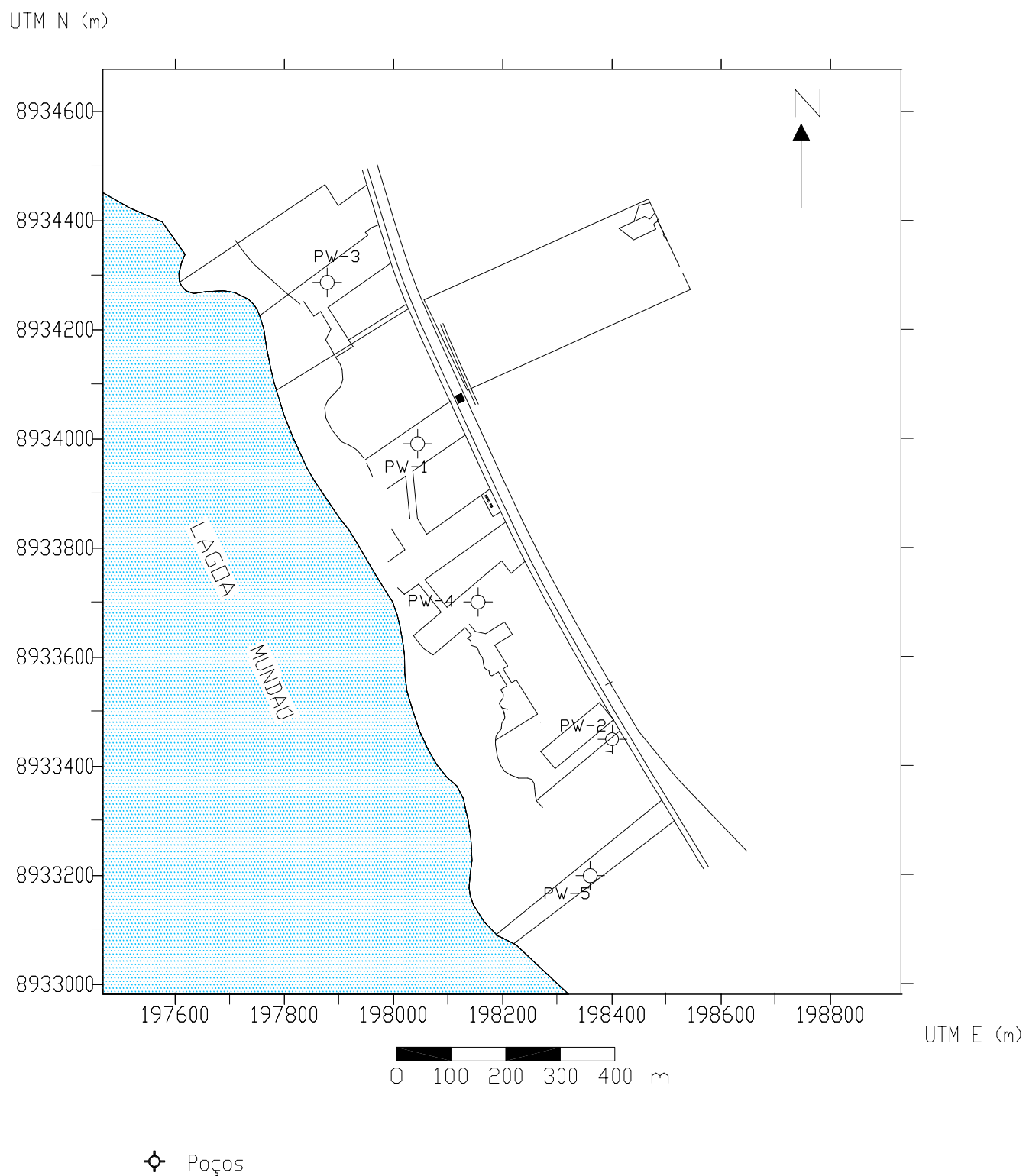


FIGURA 18 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO DOS POÇOS EM 1975