

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

Leanize Teixeira Oliveira

**ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS DA REGIÃO  
COSTEIRA NORTE DE PERNAMBUCO –  
PAULISTA A GOIANA**

Dissertação de Mestrado  
2003

LEANIZE TEIXEIRA OLIVEIRA

Geóloga , Universidade Federal da Bahia, 1990

**ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS DA REGIÃO COSTEIRA NORTE DE  
PERNAMBUCO (PAULISTA A GOIANA)**

Dissertação que apresentou ao Programa de Pós-Graduação em Geociências do Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, orientada pelo Professor Dr. José Geilson Alves Demetrio, em preenchimento parcial para obter o grau de Mestre em Geociências, área de concentração Hidrogeologia, defendida e aprovada em 29.08.2003.

**RECIFE, PE**

**2003**

**ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS DA REGIÃO COSTEIRA NORTE DE  
PERNAMBUCO (PAULISTA A GOIANA)**

LEANIZE TEIXEIRA OLIVEIRA

Aprovado:

-----  
Professor Dr. José Geilson Alves Demetrio data

-----  
Professor Dr. José Geraldo de Melo data

-----  
Professor Dr. João Manoel Filho data

## **APRESENTAÇÃO**

A presente dissertação representa o requisito final para a obtenção do grau de Mestre em Hidrogeologia da Pós-Graduação em Geociências da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE.

Os limites da área de estudo foram definidos em função do projeto ao qual este trabalho está vinculado, que foi o Projeto hidrogeológico da região costeira norte de Pernambuco elaborado pelo LABHID/CPRH.

Este trabalho foi desenvolvido a partir das informações contidas nas fichas de poço gentilmente cedidas pela CPRH, CPRM, Compesa, DNPM, FUNASA SRH, e dados bibliográficos, destacando-se o cadastramento de poços realizado para o projeto Hidrorec e relatórios técnicos da CPRM/COMPESA e Sudene.

Os resultados obtidos no desenvolvimento deste estudo podem ser considerados como uma contribuição ao conhecimento da hidrogeologia da porção norte da região costeira de Pernambuco. Assim, espera-se que esta dissertação auxilie usuários e gerenciadores dos recursos hídricos no aproveitamento mais ordenado e sustentável dos recursos hídricos subterrâneos exploráveis.

## **AGRADECIMENTOS**

Este trabalho foi realizado graças ao apoio do Centro Federal de Educação Tecnológica da Bahia (CEFET-BA), que permitiu o meu afastamento das atividades docentes na instituição, e à Companhia Pernambucana do Meio Ambiente (CPRH) que possibilitou o seu desenvolvimento através de convênio com o Fundo Estadual do Meio Ambiente – FEMA.

Gostaria de registrar o empenho e dedicação de várias pessoas, as quais devo externar os meus sinceros agradecimentos.

Aos meus pais que além de viabilizar a minha existência representam os alicerces da minha vida.

À minha amiga e irmã Learsi de Fátima e meu amigo e cunhado Gustavo Morais que sempre acreditaram e me apoiaram em minha jornada.

À minha querida amiga Clélia Aragão por sua solidariedade e companheirismo, que nos momentos alegres ou difíceis esteve sempre presente. E a amiga Kilvia Aragão pelo seu apoio e paciência.

A Sávio que me apoiou nos momentos difíceis de adaptação na cidade do Recife.

Ao meu orientador e amigo Professor José Geilson Demétrio pela orientação, apoio, compreensão, incentivo e motivação que contribuíram para o meu desenvolvimento técnico, intelectual e humano.

Ao Professor João Manoel Filho pelo seu apoio e participação fundamental no desenvolvimento desta dissertação.

Aos Professores Almany Costa e Edilton Feitosa pelas discussões técnicas, apoio e cordialidades típicas de cavaleiros.

Ao Labhid pelo apoio logístico e em especial a Teresa Maciel por sua dedicação e eficiência.

Às alunas Maria Emília e Cleidiane por seus esforços e contribuição no desenvolvimento do trabalho.

Ao Professor Mario Lima Filho pelas contribuições e informações técnicas.

Aos Geólogos Hélio André, Robson Duarte e Helena Magalhães pela colaboração no fornecimento de informações técnicas.

Aos colegas da Pós-Graduação por poder compartilhar da experiência árdua porém gratificante da vida acadêmica.

À secretária da Pós-Graduação Valmísia por suas informações eficientes e colaboração.

A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho e que por falha minha não tenham sido citados.

## RESUMO

A área de estudo está compreendida entre as coordenadas geográficas de latitude S07°27'34" e 07°58'55" e longitude W034°48'29" e 035°08'45", e abrange os municípios de Paulista, Abreu e Lima, Araçoiaba, Itamaracá, Igarassu, Itapissuma, Goiana e Itaquitanga. Atividades econômicas terciárias e secundárias são predominantes na porção sul da área, e atividades agrícolas na porção norte. Problemas sociais e dificuldades do ponto de vista dos recursos hídricos impedem o pleno desenvolvimento econômico.

O objetivo principal desta pesquisa é o levantamento dos principais aspectos da hidrogeologia da área de estudo. Foram utilizadas informações de perfis litológicos-constructivos de poços, testes de bombeamento e boletins de análise físico-química de 388 poços tubulares, além de dados bibliográficos que possibilitaram a confecção dos mapas de contorno estrutural do embasamento cristalino, potenciométrico, transmissividade e isópacas do aquífero Beberibe. A recarga do aquífero Beberibe pode ser preliminarmente analisada através do balanço hídrico elaborado a partir de dados de precipitação pluviométrica, evapotranspiração potencial e deflúvio.

A geologia é representada pelo Grupo Paraíba, além de depósitos quaternários e Formação Barreiras, assentados sobre o embasamento cristalino. Do ponto de vista hidrogeológico destaca-se a ocorrência dos aquíferos intersticiais Beberibe/Itamaracá, Barreiras e Depósitos de cobertura, além do aquífero fissural representado pelo Embasamento Cristalino.

Os resultados obtidos demonstram alguns aspectos relevantes quanto à geometria dos aquíferos e dinâmica da água subterrânea. Foi realizado ainda um zoneamento, denominado de Zoneamento de Áreas de Exploração (ZAE), distinguindo-se quatro zonas denominadas de Zonas I, II, III e IV, sendo esta última subdividida em subzonas denominadas IVA, IVB e IVC.

**PALAVRAS CHAVE:** Água subterrânea, aquífero , Hidrogeologia, Geologia, Aquífero Beberibe.

## ABSTRACT

The area under study is situated between meridians  $34^{\circ} 48' 29''$  and  $35^{\circ} 08' 45''$ W and between parallels  $7^{\circ} 27' 34''$  and  $7^{\circ} 58' 55''$  S, including the cities of Paulista, Abreu e Lima, Araçoiaba, Itamaracá, Igarassu, Itapissuma, Goiana and Itaquitinga. Tertiary and secondary economic activities are prevalent in the southern part of the area while a crop-raising economy prevails in its northern part. Social problems and difficulties concerning water resources management constitute main constraints to a full economic development of the area.

Literature information and data from 388 wells were obtained concerning lithology, drilling and completion, pumping tests and chemical analysis, which made possible to draw iso-thickness and iso-transmissivity lines of the Beberibe Aquifer, contour lines of the crystalline basement and contour lines of the Beberibe hydraulic head. The recharge of Beberibe Aquifer was analysed by water budget of the área, using precipitation, evaporation and runoff.

The geologic scenery of the area comprises the Paraíba Group resting on the crystalline basement and, at its turn, nearly covered over with the Barreiras Formation and Quaternary deposits. From a hydrogeologic point of view are pointed out the aquifers namely the crystalline basement where groundwater occurs only in fracture zones; and the Barreiras, and Beberibe/Itamaracá formations, where groundwater is more plentiful given their granular porosity.

The results obtained draw attention to some important features regarding the geometry of the aquifers and groundwater dynamics. An Exploitation Areas Zoning was established where Zones I, II, III and IV may be distinguished and where Zone IV is divided into Sub-zones IVA, IVB and IVC.

Key Words: Groundwater, aquifer, hydrogeology, geology, Beberibe Aquifer



## INDICE

1 . INTRODUÇÃO.....	6
LOCALIZAÇÃO.....	8
CARACTERÍSTICAS SÓCIO-ECONÔMICAS RELEVANTES .....	9
2 . OBJETIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS .....	11
3 . METODOLOGIA.....	11
4 . CADASTRAMENTO DE POÇOS .....	13
5 . TRABALHOS ANTERIORES .....	16
5.1. GEOLOGIA .....	16
5.2. HIDROGEOLOGIA.....	18
6 . ASPECTOS DO MEIO FÍSICO .....	19
6.1. CLIMA .....	19
6.2. VEGETAÇÃO.....	24
6.3. GEOLOGIA .....	25
6.3.1. ESTRUTURA E EVOLUÇÃO DA BACIA SEDIMENTAR COSTEIRA - TRECHO PAULISTA-GOIANA.....	25
6.3.2. LITOLOGIA E ESTRATIGRAFIA.....	29
6.4. RELEVO .....	40
6.5. SOLOS .....	43
6.6. RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS .....	45
7 . HIDROGEOLOGIA.....	47
7.1. GEOMETRIA DOS AQÜÍFEROS .....	48
7.2. ASPECTOS LITOLÓGICOS E PARÂMETROS HIDRÁULICOS .....	57
7.3. POTENCIOMETRIA DO AQÜÍFERO BEBERIBE.....	64
8 . BALANÇO HÍDRICO .....	72
9 . ZONEAMENTO DE ÁREAS DE EXPLOTAÇÃO .....	82
10 . CONCLUSÕES.....	88
11 . REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	89
12 . ANEXOS.....	100

## Lista de Tabelas

Tabela 1.1. População, área e densidade demográfica dos municípios da área de estudo em ordem decrescente de população. ....	9
Tabela 1.2. Domicílios particulares e permanentes abastecidos por rede geral, poços/nascentes e outros. ....	10
Tabela 6.1. Principais rios e suas características hidrológicas. ....	46
Tabela 6.2 . Condutividade elétrica mínima e máxima em $\mu\text{S}/\text{cm}$ de alguns rios da região no Ano de 1997. ....	47
Tabela 7.1. Espessura máxima, media e mínima dos aquíferos presentes na área de estudo, de acordo com perfis litológicos dos poços tubulares cadastrados. ....	54
Tabela 7.2 Área de afloramento das Formações Beberibe e Itamaracá nos respectivos municípios. ....	60
Tabela 7.3. Principais características dos poços tubulares que captam os aquíferos Beberibe, Itamaracá ou simultaneamente Beberibe/Itamaracá. ....	62
Tabela 7.4. Principais características físico-químicas das águas do Beberibe e Itamaracá.....	69
Tabela 8.1. Coordenadas dos Postos Pluviométricos presentes na área de estudo, com dados de chuva disponíveis para um período de observação de 30 anos e seus respectivos coeficientes de influência. ....	73
Tabela 8.2. Dados de Evapotranspiração estimados da bacia GL1 .....	73
Tabela 8.3. Estatística descritiva dos dados de excedente hídrico. ....	76
Tabela 8.4. Probabilidade [ $\text{Prob}(x \geq a)$ ] do excedente hídrico mensal na área de estudo, segundo o Balanço hídrico de Thornthwaite. ....	77
Tabela 8.5. Valores mensais dos deflúvios observados nas bacias hidrográficas dos rios Botafogo/Catucá, Utinga/Bonança, Barro Branco e Paratibe no período de maio de 1979 a abril de 1980. ....	79
Tabela 8.6. Valores da constante de recessão ( $\alpha$ ), Descarga inicial de recessão ( $Q_0$ ) e Lâmina d'água representativa da Infiltração em milímetros para as diferentes bacias hidrográficas, obtidos a partir das curvas de recessão da figura 8.6. ....	81
Tabela 8.7. Resultado do Balanço Hídrico segundo Thornthwaite para o ano de 1976.....	82

## Lista de Figuras

Figura 1.1. Evolução da descarga de bombeamento diário dos poços de abastecimento público da Compesa. ....	7
Figura 1.2 . Mapa de localização da área de estudo .....	8
Figura 4.1. Mapa de localização dos poços cadastrados. ....	<b>Erro! Indicador não definido.</b> 5
Figura 6.1. Precipitação média mensal nos municípios de Goiana, Itaquitanga e Igarassu para os seguintes períodos de observação: Goiana (1980-2000), Itaquitanga (1967-2000) e Igarassu (1963-1985).....	21
Figura 6.2 . Precipitação média mensal da estação Itapirema (1980-1993).....	22
Figura 6.3. Valores de temperaturas médias, calculados para os postos de Goiana, Igarassu e Itaquitanga.....	22
Figura 6.4. Temperaturas médias mínimas, médias máximas e médias mensais observadas na estação de Itapirema no período de 1980 a 1993.....	23
Figura 6.5. Evapotranspiração Potencial estimada para as bacias Goiana e GL1.....	23
Figura 6.6. Umidades relativas médias mensais calculadas para os postos de Goiana, Itaquitanga e Igarassu.....	24
Figura 6.7 . Mapa geológico da área de estudo .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Figura 6.8. Sub-bacias da Bacia Pernambuco-Paraíba, segundo Mabesone e Alheiros,1991..	28
Figura 6.9. Poço tubular de código de identificação número 104. ....	30
Figura 6.10. Coluna estratigráfica da Bacia Pernambuco-Paraíba. ....	31
Figura 7.1 . Perfil geológico de número 1 elaborado a partir de perfis litológicos de poços tubulares. ....	49
Figura 7.2 . Perfil geológico de número 2 elaborado a partir de perfis litológicos de poços tubulares. ....	49
Figura 7.3. Perfil geológico de número 3 elaborado a partir de perfis litológicos de poços tubulares. ....	50

Figura 7.4. Perfil geológico de número 4 elaborado a partir de perfis litológicos de poços tubulares. ....	50
Figura 7.5. Perfil geológico de número 5 elaborado a partir de perfis litológicos de poços tubulares. ....	51
Figura 7.6. Perfil geológico de número 6, elaborado a partir de perfis litológicos de poços tubulares. ....	51
Figura 7.7. Perfis geológicos de números 7 e 8 elaborados a partir de perfis litológicos de poços tubulares. ....	52
Figura 7.8 Mapa de isopacas da Formação Beberibe .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Figura 7.9 Mapa de contorno estrutural do cristalino.....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Figura 7.10. Mapa de Transmissividade do aquífero Beberibe – Ano 2001... <b>Erro! Indicador não definido.</b>	
Figura 7.11. Mapa potenciométrico do aquífero Beberibe – 2001..... <b>Erro! Indicador não definido.</b>	
Figura 7.12. Mapa Potenciométrico dos aquíferos Beberibe/Cabo na RMR no período 1986/1990. Costa et al, 1998. ....	68
Figura.7.13. Relação da Condutividade Elétrica e Resíduo Seco de 35 poços tubulares captando água do sub-sistema aquífero Beberibe.....	70
Figura 7.14 . Mapa de Resíduo Seco do aquífero Beberibe. ....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Figura 8.1. Mapa de localização dos postos pluviométricos e suas respectivas áreas de influência. ....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Figura 8.2 . Gráfico dos excedentes hídricos (I+R) mensais calculados para o período de janeiro de 1963 a dezembro de 1992.....	75
Figura 8.3. Histograma de excedente hídrico mensal do Período de 1963 a 1992, aproximado por uma lei do tipo Gama de distribuição de probabilidade. ....	76
Figura 8.4 . Gráfico de Precipitação pluviométrica x Excedente hídrico calculado a partir do Balanço Hídrico.....	77
Figura 8.5. Bacias Hidrográficas dos rios Botafogo/Catucá, Utinga/Bonança, Barro Branco e Paratibe, delimitadas a partir do ponto de medição do deflúvio. ....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Figura 8.6. Gráfico de deflúvio mensal observado na Bacia hidrográfica do Rio Barro Branco, no período de maio de 1979 a abril de 1980, ano hidrológico fevereiro a janeiro, e curva de recessão ajustada no período de estiagem.....	79

- Figura 8.7. Gráfico de deflúvio mensal observado na Bacia hidrográfica do Rio Utinga/Bonança, no período de maio de 1979 a abril de 1980, ano hidrológico fevereiro a janeiro, e curva de recessão ajustada no período de estiagem..... 80
- Figura 8.8. Gráfico de deflúvio mensal observado na Bacia hidrográfica do Rio Botafogo/Catucá, no período de maio de 1979 a abril de 1980, ano hidrológico janeiro a dezembro, e curva de recessão ajustada no período de estiagem. .... 80
- Figura 8.9. Gráfico de deflúvio mensal observado na Bacia hidrográfica do Rio Paratibe, no período de maio de 1979 a abril de 1980, ano hidrológico fevereiro a janeiro, e curva de recessão ajustada no período de estiagem. .... 81
- Figura 9.1. Mapa de Zoneamento de áreas de exploração..... **Erro! Indicador não definido.**

**Lista de Anexos**

ANEXO 1 – Tabela com a descrição dos poços contendo coordenadas, endereço e informações encontradas nas fichas de poço.

ANEXO 2 – Dados de espessura das camadas, topo do cristalino e provável formação captada.

ANEXO 3 – Carga Hidráulica, NE e cota de poços que captam o aquífero Beberibe.

ANEXO 4 – Planilha de cálculo do excesso mensal e anual de água no período de janeiro de 1963 a dezembro de 1992 (360 meses). Estações Igarassu, Itaquitinga e Itapirema (valores apresentados em mm).

## 1. INTRODUÇÃO

A água é um elemento básico para a sobrevivência de todos os seres vivos do planeta. A sua abundância na superfície da terra levou o homem a pensar que a mesma seria um produto inesgotável. Atualmente vários seguimentos da sociedade envidam esforços para proporcionar às gerações atuais e futuras mecanismos e ferramentas para conviver com o paradoxo entre a abundância e a escassez.

A distribuição da água no planeta não é estática, mas é possível considerar valores indicativos das quantidades aproximadas de água em cada estado dentro da dinâmica do ciclo hidrológico. Benítez (1972) considera que apenas 0,036% da água do planeta é constituída por água doce (sendo cerca de 95% da mesma encontrada nos reservatórios subterrâneos), apesar de 3/4 partes da superfície da terra ser coberta por água. O Brasil possui cerca de 12% da água doce disponível no planeta, contudo em algumas regiões a falta d'água e o seu racionamento são freqüentes, até mesmo onde as águas superficiais são abundantes devido a presença de rios poluídos.

Dentro deste contexto situa-se a Região Metropolitana do Recife pois, apesar de ser a região cortada por vários cursos d'água, a água subterrânea possui um papel relevante no abastecimento público.

A área de estudo possui uma população total de 570.762 habitantes, com 89,65% do total residindo na zona urbana, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2000). Mananciais hídricos superficiais, provenientes de outras regiões, e subterrâneos são utilizados para o abastecimento público deste contingente humano, devendo-se salientar que nas últimas décadas têm sido freqüentes os programas de racionamento de água em função das variações das disponibilidades de águas superficiais, o que acarreta uma crescente descarga de bombeamento a partir das baterias de poços da Companhia Pernambucana de Saneamento – Compesa, espalhados por toda a região, além de poços de particulares. A figura 1.1, apresentada a seguir, demonstra a evolução no tempo da descarga de bombeamento diária efetuada pela Compesa ao longo dos últimos anos.

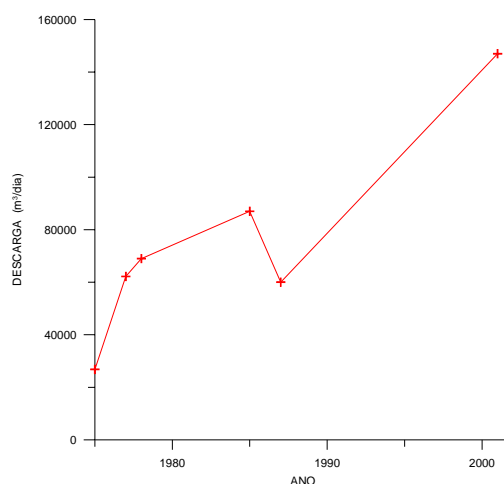


Figura 1.1. Evolução da descarga de bombeamento diário dos poços de abastecimento público da Compesa.

Estes dados foram obtidos a partir dos seguintes relatórios técnicos publicados: OESA (1975), França & Capucci (1978), França et al. (1987) e DNPM (2001). O início da exploração da água subterrânea na região iniciou-se na década de 60 e intensificou-se a partir de 1970, visando atender a demanda industrial e o abastecimento público. Como pode ser observado no gráfico, a descarga diária passou de 26.800 m<sup>3</sup>/dia em 1975 (época de implantação de vários projetos de abastecimento de núcleos residenciais) para 147.000 m<sup>3</sup>/dia em 2001. Observa-se que a curva é crescente excetuando-se o ano de 1987, quando entra em operação o manancial superficial da barragem de Botafogo. Em função da crescente demanda de água subterrânea, muitos estudos foram realizados visando analisar as conseqüências deste incremento na exploração, a exemplo dos estudos da evolução histórica dos níveis potenciométricos do aquífero Beberibe, principal aquífero da região, e o comportamento da cunha salina em face da exploração ocorrida, como os trabalhos de França et al. (1987), Montenegro et al. (1992), entre outros.

O conhecimento é a peça chave para melhor gerenciar e utilizar racionalmente os recursos hídricos. A exploração da água subterrânea feita de forma aleatória e sem planejamento pode ocasionar problemas como a superexploração de aquíferos e a salinização dos mesmos. A partir de um amplo conhecimento de um aquífero é possível utilizá-lo de forma mais racional bem como introduzir medidas mais eficazes para a sua proteção, seja através de modelos de otimização para gerenciamento da água subterrânea ou através da aplicação de medidas de prevenção e controle da poluição de aquíferos, entre outros. A caracterização hidrogeológica de uma região é, portanto, de extrema importância para subsidiar projetos futuros de gerenciamento, além de nortear as ações de interferência nos aquíferos, justificando-se assim o conteúdo deste trabalho.



Diante desse contexto serão apresentados os principais aspectos da hidrogeologia da região compreendida entre as cidades de Paulista e Goiana no estado de Pernambuco, sendo assim considerada como tema central do trabalho. Dentro desse tema, três aspectos merecem consideração: avaliação da geometria do aquífero, dinâmica do aquífero e condições atuais de exploração.

### 1.1. LOCALIZAÇÃO

A área de estudo compreende parte da Mesorregião Geográfica denominada de Região Metropolitana do Recife (RMR), abrangendo as Microrregiões de Itamaracá, Recife e Mata setentrional, estas duas últimas parcialmente, além dos municípios de Goiana e Itaquitinga. A área a ser estudada está vinculada ao projeto denominado “Estudo hidrogeológico da porção norte da RMR, elaborado pela CPRH/LABHID-UFPE.

Abrange uma área de 1383,4 km<sup>2</sup>, (138.340 ha) entre as coordenadas geográficas de latitude S07°27'34" e 07°58'55" e longitude W034°48'29" e 035°08'45", compreendendo os municípios de Abreu e Lima, Araçoiaba, Itamaracá, Igarassu, Itapissuma e Paulista, pertencentes à RMR, além de Itaquitinga e Goiana. Ver mapa de localização na figura 1.2 apresentada a seguir.

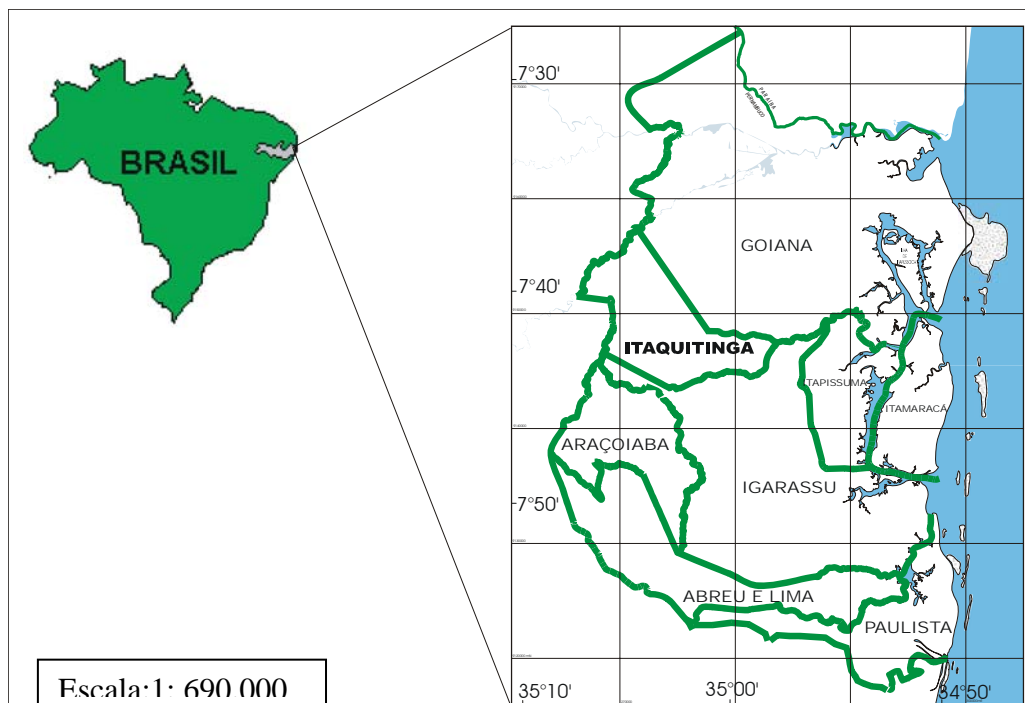


Figura 1.2 . Mapa de localização da área de estudo

## 1.2. CARACTERÍSTICAS SÓCIO-ECONÔMICAS RELEVANTES

Os municípios que integram a área de estudo apresentam uma economia predominantemente urbana, com grandes problemas sociais e dificuldades, destacando-se dentre elas os relacionados aos recursos hídricos, como a insuficiência na produção de água tratada; as elevadas perdas e grandes desperdícios; o sistema de esgotamento sanitário e serviço de limpeza urbana precários; o uso inadequado do solo urbano e a poluição hídrica da maioria dos mananciais, SRH (1998). As tabelas 1.1 e 1.2 apresentam alguns números que melhor caracterizam a região.

Tabela 1.1. População, área e densidade demográfica dos municípios da área de estudo em ordem decrescente de população.

MUNICÍPIO	Área (km <sup>2</sup> )	População Residente			Densidade Demográfica (hab/km <sup>2</sup> )
		Urbana	Rural	TOTAL	
Paulista	102,30	262.237	-	262.237	2.563,41
Abreu e Lima	129,10	77.696	11.343	89.039	689,69
Igarassu	331,10	75.739	6.538	82.277	248,50
Goiana	494,20	43.531	27.646	71.177	144,02
Itapissuma	74,30	16.330	3.786	20.116	270,74
Itamaracá	65,40	12.930	2.928	15.858	242,48
Araçoiaba	70,00	12.447	2.661	15.108	215,83
Itaquitinga	117,00	10.779	4.171	14.950	127,78
TOTAL	1.383,4	511.689	59.073	570.762	

Fonte: SRH, (1998) e Censo Demográfico IBGE, 2000.

Como pode ser observado na tabela acima, Paulista é o município mais populoso e que apresenta a maior densidade demográfica da região (2.563,41hab/km<sup>2</sup>). Com exceção da porção situada a extremo norte da área estudada, onde predominam as plantações de cana-de-açúcar, as atividades econômicas terciárias e secundárias são predominantes. Na cidade de Paulista, encontra-se um grande número de empresas de engarrafamento de água mineral, sendo considerada a principal produtora da região, embora o crescimento desordenado e as

diversas fontes de poluição possam contribuir para afetar a qualidade e a quantidade disponível desta fonte de água potável.

Segundo o Plano Diretor de Mineração da Região Metropolitana do Recife (1995), Paulista é o município onde ocorreu uma ocupação mais acelerada e intensificada nos últimos anos, principalmente nas áreas dos conjuntos habitacionais e na faixa costeira. Em Itamaracá a ocupação ocorre mais intensamente na faixa de praia, em Itapissuma o crescimento da ocupação ocorreu às margens do Canal de Santa Cruz, em Igarassu há um acréscimo da ocupação ao longo da BR-101 (principalmente na porção oeste) e da PE-35, e em Abreu e Lima destaca-se as áreas próximas ao distrito industrial, principalmente nos conjuntos habitacionais.

Com relação ao abastecimento de água à população, o último censo de 2000, realizado pelo IBGE, estabelece os seguintes números:

Tabela 1.2. Domicílios particulares e permanentes abastecidos por rede geral, poços/nascentes e outros.

MUNICÍPIOS	TOTAL DOMICÍLIO	Domicílios Particulares Permanentes Abastecidos por					
		Rede Geral	%	Poço ou nascente na propriedade	%	Outros	%
Abreu e Lima	22.622	20.174	89%	1.686	7%	762	3%
Araçoiaba	3.396	1.930	57%	778	23%	688	20%
Goiana	17.105	10.745	63%	2.993	17%	3.367	20%
Igarassu	19.907	14.730	74%	3.925	20%	1.252	6%
Itamaracá	3.642	2.681	74%	653	18%	308	8%
Itapissuma	4.754	4.498	95%	167	4%	89	2%
Itaquitinga	3.377	2.077	62%	295	9%	1.005	30%
Paulista	67.818	62.694	92%	3.917	6%	1.207	2%
<b>TOTAL</b>	<b>142.621</b>	<b>119.529</b>	<b>83%</b>	<b>14.414</b>	<b>10,1%</b>	<b>8.678</b>	<b>6,9%</b>

Fonte: IBGE – Censo Demográfico de 2000, disponível na internet.(www.ibge.gov.br)

Observa-se que cerca de 10% do total de domicílios de toda a região é abastecido diretamente por manancial subterrâneo (poços ou nascentes), contudo deve-se acrescentar a este número oficial do IBGE um outro percentual do total da rede geral que provém de poços

tubulares de propriedade da Compesa, o que dará um número ainda mais expressivo da população que utiliza manancial subterrâneo.

## 2. OBJETIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS

Considera-se como objetivo principal desta pesquisa, o levantamento dos principais aspectos hidrogeológicos da região costeira compreendida entre os municípios de Paulista e Goiana, voltado para uma avaliação dos recursos hídricos subterrâneos tanto em termos qualitativos quanto quantitativos.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Como objetivos específicos podemos citar:

- Caracterização da geometria dos aquíferos;
- Comportamento hidráulico e a dinâmica do aquífero costeiro;
- Avaliação hidroquímica;
- Determinação da taxa de infiltração na área de afloramento do aquífero Beberibe;
- Zoneamento regional indicando as áreas mais e menos favoráveis à perfuração de poços;

## 3. METODOLOGIA

Visando atingir os objetivos descritos anteriormente, o trabalho foi desenvolvido cumprindo-se etapas previamente estabelecidas, quais sejam: Levantamento bibliográfico, reconhecimento de campo, levantamento e cadastramento de poços, análise e avaliação das fichas de poço, inclusive dos testes de bombeamento disponíveis, elaboração de mapas temáticos (potenciométrico, transmissividade, isópaca e contorno estrutural) e elaboração de mapa de zoneamento de áreas de exploração do aquífero.

A etapa inicial representa o levantamento bibliográfico, que além de reunir os relatórios, estudos, projetos e pesquisas realizados na área de estudo, consistiu em adquirir as bases cartográficas e mapas temáticos disponíveis. A seguir, foi feito o levantamento dos poços, perfurados e instalados na área de estudo por diversas empresas do setor, para posterior cadastramento dos mesmos, conforme será descrito adiante, inclusive mapeando-os em meio digital, a partir de mapa-base digitalizado fornecido pela Companhia Pernambucano do Meio

Ambiente (CPRH). Dados das estações pluviométricas foram obtidos na Secretaria de Recursos Hídricos do Estado de Pernambuco (SRH). O material bibliográfico encontra-se citado no capítulo 11 desta dissertação enquanto que os mapas utilizados foram os seguintes:

- Mapa de solos, Escala: 1:200.000, Diagnóstico dos Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas do rio Goiana, GL-1 e GL-6,2001, Fonte: Zoneamento Agroecológico do Estado de Pernambuco, 1998, escala original, 1:100.000.
- Mapa Geológico, escala 1:100.000
- Base digitalizada fornecida pela CPRH, 2001, Escala 1:100.000.
- Ortofotocartas, escala 1: 10.000, FIDEM, 1975.
- Folhas planialtimétricas SUDENE/MINTER, Escala 1:25.000, Folhas Itamaracá, Paulista, Araçoiaba, Pau amarelo, Tejucupapo, Itapirema, Itaquitinga, Igarassu, Goiana, Nova Cruz e São Lourenço da Mata.

Baseado nas informações das fichas e relatórios de poço (perfis litológicos-constructivos, testes de bombeamento e boletins de análise físico-química) e dos relatórios técnicos lidos, procedeu-se à confecção de perfis geológicos, visando à configuração da geometria do aquífero. A partir do levantamento dos parâmetros hidráulicos do aquífero, contidos nas fichas de poço, e de suas características lito-estratigráficas foram confeccionados mapas de contorno estrutural do embasamento cristalino, mapa potenciométrico, mapa de transmissividade e mapa de isópacas do aquífero Beberibe.

A partir dos dados climatológicos disponíveis da região, e de dados de deflúvio médio observados por Teixeira (1988), foi estimado o balanço hídrico.

O mapa potenciométrico da área de estudo, ano-base 2001, foi elaborado a partir de dados mensais do nível d'água fornecidos pela Compesa, medidos nos diversos poços para abastecimento público instalados na área, conforme será detalhadamente descrito no item 7.3. Após o levantamento e análise dos dados e mapas gerados, foi possível tecer considerações sobre aspectos relacionados às características hidrodinâmicas do aquífero, suas áreas de recarga, inclusive com a elaboração do mapa de zoneamento regional indicando as áreas mais e menos favoráveis à exploração.

Servindo de complementação à caracterização da hidrogeologia regional, foi elaborado um mapa de isovalores de resíduo seco que fornece subsídios à análise hidroquímica de forma regional. Os valores utilizados foram obtidos a partir das análises químicas elaboradas pelos proprietários ou executores dos poços e disponíveis nas fichas de poço ou como anexo, não tendo sido feito campanha de medição em campo.

#### 4. CADASTRAMENTO DE POÇOS

Foram cadastrados 540 poços localizados na área de estudo, a partir das seguintes fontes:

- Poços de abastecimento público da Compesa, em operação e desativados;
- Poços em processo de licenciamento ambiental da CPRH (Processos no período entre 1998 e 2002);
- Poços em processo de pedido de outorga na SRH, processos entre 1998 e 2002;
- Poços de produção de água mineral, registrados no DNPM - Departamento Nacional de Produção Mineral, para pedido de pesquisa e lavra;
- Cadastro de poços do banco de dados – SIAGAS, da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), disponível na internet;
- Inventário Hidrogeológico Básico do Nordeste – Folha 16. SUDENE (1978);
- Poços de sondagem dos projetos de dimensionamento de jazidas de calcário da Ilha de Itamaracá e fosfato de Pernambuco, Duarte & Krauss (1978);
- Banco de dados do Projeto Hidrorec, COSTA et al. (1998);
- Poços perfurados pela Fundação Nacional de Saúde – FUNASA, na área de estudo;
- Projeto Diagnóstico preliminar das condições de exploração de água subterrânea do aquífero Beberibe – área Olinda-Paulista-Itamaracá. (CPRM/Compesa) França&Capucci (1978);
- Projeto Estudo Hidrogeológico para abastecimento dos Núcleos Maranguape I, Maranguape II, Arthur Lundgren e Caetés - Região metropolitana norte do Recife, França & Morais (1983).

Em sua grande maioria os poços utilizados no trabalho são do tipo tubulares, sendo também cadastrados alguns do tipo rasos e de sondagem, este último visando principalmente complementar o banco de dados nas áreas onde havia lacunas.

Apesar de serem cadastrados 540 poços, apenas 388 foram utilizados efetivamente na pesquisa, devido aos seguintes fatores que ocorreram individual ou simultaneamente: ausência de coordenadas; possibilidade de duplicidade de informações, como vários poços distintos com a mesma coordenada; poços que não apresentavam fichas descritivas, com informações

relevantes para o estudo; poços considerados não confiáveis em função da ocorrência de informações truncadas; poços com coordenadas comprovadamente erradas. Deve-se salientar o fato de que algumas empresas de perfuração não tiveram a preocupação de registrar dados durante e após a perfuração, o que se observa pela informação pobre das fichas de poço, principalmente em poços mais antigos.

Os bancos de dados utilizados neste estudo por vezes apresentam deficiências e informações que se sobrepõem, como por exemplo: 1) Poços cadastrados no Inventário Hidrogeológico podem estar cadastrados no Projeto Hidrorec com outra denominação; 2) Alguns poços produtores de água mineral podem estar cadastrados em outro (s) banco (s) de dado (s) com outra denominação; 3) O banco de dados que se apresentou mais deficiente foi o da CPRM, denominado SIAGAS, tendo sido encontrados diversos problemas, como inconsistência de dados, poços iguais cadastrados com números distintos, entre outros. Deve-se salientar que não foram feitas checagens no campo dos poços cadastrados e que o elemento mais significativo para localização dos mesmos, que são as suas coordenadas, foram obtidas por meios distintos, variando desde a forma mais exata com a utilização de GPS até a simples estimativa em mapa de escalas diversas.

Após o criterioso refinamento e filtragem dos dados a serem utilizados fez-se a plotagem dos 388 poços em uma base cartográfica em meio digital, gentilmente cedida pela CPRH, ver figura 4.1 a seguir. A descrição dos poços contendo coordenadas, endereço e informações encontradas nas fichas de identificação, encontra-se na tabela do anexo 1.

Deve-se salientar que a grande maioria dos poços cadastrados encontram-se situados na porção sul da área, principalmente nos municípios de Paulista, Abreu e Lima e Igarassu, sendo o principal fator da escassez de poços na região norte a presença de canaviais e pequenas aglomerações urbanas. Em função do vínculo deste trabalho ao projeto de pesquisa desenvolvido pelo LABHID/CPRH, a área de estudo permaneceu contemplando toda a região, ainda que, conforme já mencionado, a porção norte da mesma seja carente de dados.

Devido à indisponibilidade de recursos no desenvolvimento deste trabalho, não foi realizada campanha de campo.

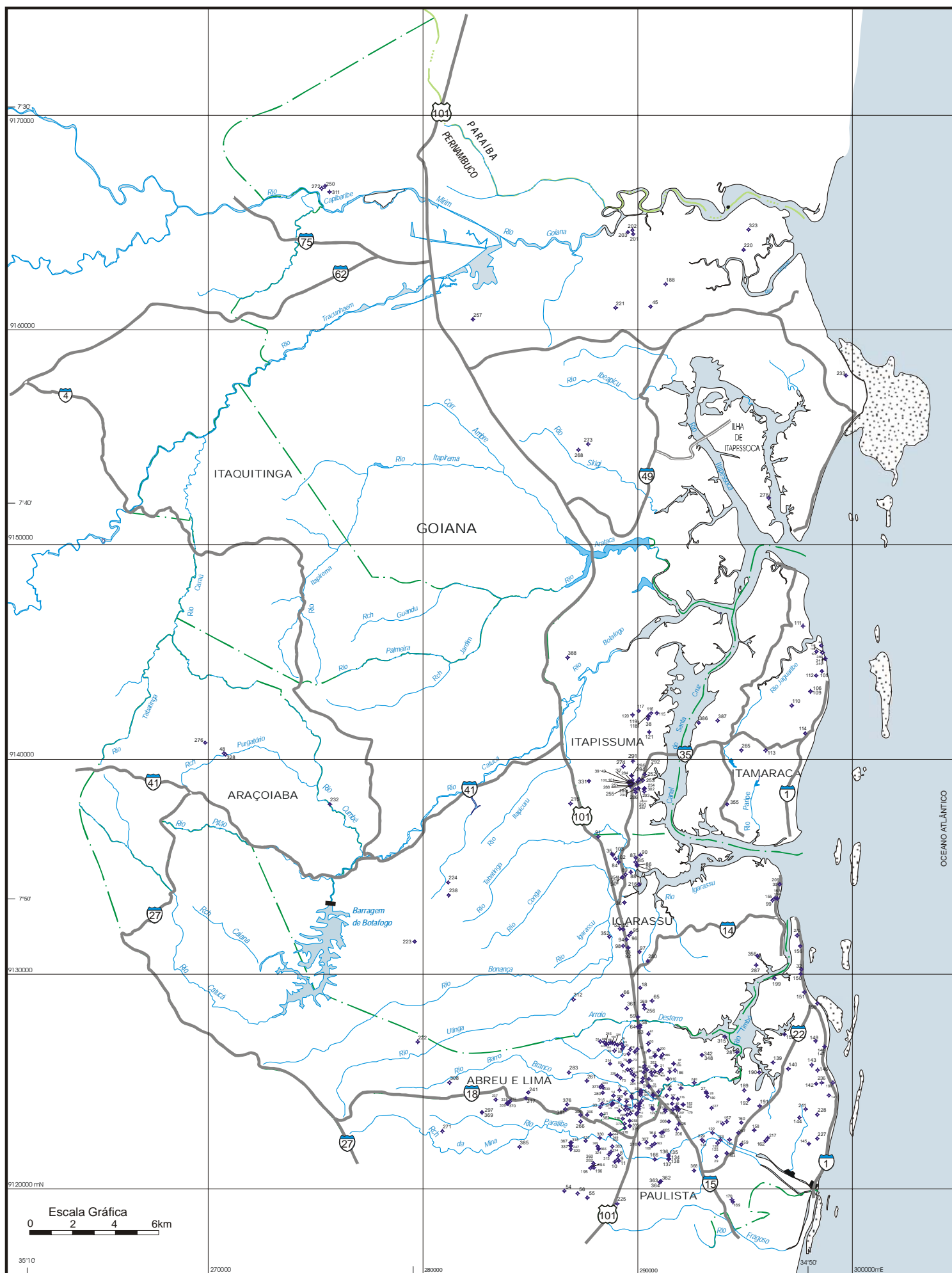



Figura 4.1 - Mapa de Localização dos Poços Cadastrados

**LEGENDA**

54  Poço cadastrado com seu número de ordem

 Rodovia estadual e sua designação

 Rodovia federal e sua designação

 Rede de drenagem

 Limite Municipal



## 5. TRABALHOS ANTERIORES

### 5.1. GEOLOGIA

As primeiras observações geológicas efetuadas na região costeira do Estado de Pernambuco foram realizadas por Darwin (1831), apud Matos (1966), tendo descrito os recifes costeiros. O estudo inicial da geologia da faixa sedimentar costeira de Pernambuco se deu com a expedição pioneira chefiada por Hartt (1870), intitulada “Geology and Physical Geography of Brazil”, tendo sido Derby & Wilmot encarregados de explorarem a região costeira do Brasil, trecho entre a foz do rio Amazonas e a cidade de Recife, inclusive colecionando fósseis. O reconhecimento e a caracterização da geologia regional continuou posteriormente com outros trabalhos sobre a Bacia costeira, sendo realizadas pesquisas enfatizando principalmente os aspectos paleontológicos (White (1887), descreve os fósseis de calcários e Arnold (1902), estuda os fósseis de Pontas de Pedra). Branner (1902), descreve a geologia regional da costa nordeste do Brasil. Destacam-se ainda os trabalhos de Maury (1924,1930), que descreve espécies de fósseis Cretáceos conhecidos, confirmando a presença de fósseis Paleocênicos e Moraes (1928), que elaborou o trabalho mais completo, até então, sobre o Estado de Pernambuco incluindo um mapa geológico na escala de 1:1.000.000.

Até a década de 30, a maioria dos trabalhos de investigação geológica realizados na faixa costeira em estudo, é do tipo localizados, com grande ênfase nos estudos paleontológicos, sendo comum descrever a faixa entre Mamanguape e a cidade de Recife separadamente das bacias localizadas ao norte ,em função da ocorrência de calcários.

Estudos geológicos de áreas mais específicas da faixa costeira da região metropolitana norte do Recife foram feitos mais tarde a partir de 1940, destacando-se os trabalhos de Oliveira&Leonardos (1940, 1943), introduzindo o termo Grupo Paraíba para as camadas Cretáceas e as denominações Formação Gramame (Cretáceo) e Formação Maria Farinha (Paleocênica), além da obra de Oliveira (1942). Deve-se ressaltar a perspicácia do Professor Paulo J. Duarte em 1949, que ao analisar  $P_2O_5$  em amostras de água para uso industrial, percebeu valores elevados de fosfato na água procedente de Olinda/Paulista, SUDENE (1978), fato que levou a um aumento do número de trabalhos sobre a geologia da área,

visando a exploração de fosfato e calcário, principalmente após a descoberta pelo ITEP de uma camada fosfatada de 2 a 4 m de espessura. A criação da escola de Geologia da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, contribuiu para o avanço do conhecimento geológico regional e local, destacando-se nesta fase a elaboração, através de seus alunos concluintes, do mapa geológico da porção norte da região costeira, em escala de 1:50.000.

Na década de 50, destacam-se os trabalhos do Conselho Nacional de Petróleo que elaborou um mapa geológico na escala de 1:200.000, Oliveira & Ramos (1951), Kegel (1955,1957), além de diversos relatórios técnicos. Entre 60 e 70 destaca-se ainda os trabalhos de Beurlen (1967,1970) e Tinoco (1976,1977,1978) sobre estratigrafia e micro fósseis, respectivamente, os de Mabesone (1966,1967) sobre os sedimentos continentais do litoral de Pernambuco, além dos estudos geofísicos de Rand (1967). Considera-se que anterior à década de 60 a descrição de amostras ficou restrita às feições macroscópicas, geralmente para fins paleontológicos e estratigráficos. Posteriormente o estudo sedimentológico dos sedimentos cretáceos começou de fato, inclusive com amostras sendo analisadas quimicamente.

Beurlen (1970) apresenta um relato sobre os conhecimentos adquiridos até então. Depois dessa época os trabalhos na faixa sedimentar costeira do Nordeste diminuíram consideravelmente, destacando-se as investigações geofísicas de Rand (1976,1978,1986), dando ênfase à região sul do Recife. O projeto REMAC (Reconhecimento global da Margem Continental Brasileira) é outra contribuição da década de 70, e resultou em várias publicações que auxiliam no entendimento da formação da bacia sedimentar. Além disso, a interpretação da história geológica à luz da nova tectônica global deu incentivos à retomada de estudos para revisão de dados e novos mapeamentos.

A interpretação das seqüências litológicas, em termos de sistemas deposicionais, principalmente pela PETROBRAS modernizou as colunas lito-estratificadas das bacias marginais atlânticas do Brasil. Porém, devido à ausência de hidrocarbonetos e ao reduzido preenchimento da Bacia PE-PB (por ter sido uma das últimas ligações com a África), essa porção da bacia costeira nordestina ficou de certa forma esquecida, em detrimento de suas vizinhas mais ricas em minérios. O DGEO-UFPE (1991), elaborou um projeto de revisão geológica, que teve como principal contribuição a atualização de mapas geológicos existentes.

Destaca-se ainda nas últimas décadas os trabalhos de Rodrigues (1983), Alheiros et al (1988), Calheiros (1991), Oliveira (1993), Lima Filho et al (1994), Mabesone (1984,1995), Menor & Amaral (1997) e os diversos projetos e publicações do grupo de pesquisadores do LAGESE/DGEO/UFPE.

## 5.2. HIDROGEOLOGIA

Estudos sobre aspectos hidrogeológicos iniciaram-se com trabalhos a nível regional destacando-se: Mello Junior (1960); Maksoud (1961); e Figueiredo et al. (1964). A partir da implantação do curso de geologia na UFPE, estudos hidrogeológicos mais localizados foram feitos através de relatórios de graduação, todos publicados em 1966, a exemplo dos relatórios de Gomes, Matos, Mont'alverne, Morais, Pereira, Silva e Oliveira, sintetizados e ampliados no trabalho de Rebouças (1966), intitulado "Aspectos hidrogeológicos da faixa sedimentar costeira PE-PB-RN". Destaca-se ainda na década de 60 os trabalhos desenvolvidos pela Sudene a exemplo de: Costa (1968), Cruz & Melo (1968), Feitosa (1968), além de Mattoso (1966).

Na década de 70, vários trabalhos foram feitos visando diagnosticar as condições de exploração do aquífero Beberibe, a exemplo de Bezerra et al. (1970), além de estudos de captação de água subterrânea para abastecimento público das cidades da RMR, em função principalmente, da crise de abastecimento ocorrida na região a partir de 1973, (ex: Acquaplan (1973/1974); Planidro (1975) e Pimentel (1976)). Ao final da década de 70 vários trabalhos foram feitos visando estabelecer causas e conseqüências da evolução do cone de rebaixamento, (ex: PLANAT (1976), Custódio, et al (1977); Cruz, et al (1978)), destacando-se os relatórios da OESA (1975) e França & Capucci (1978) que apontaram restrições a exploração do Beberibe e seus dados são citados até hoje em vários relatórios sobre a hidrogeologia local, devido à excelente qualidade das informações. Ainda nesta década deve-se ressaltar o trabalho de Gimena, et al. (1978), sobre a idade das águas do Beberibe, através da análise de isótopos, e a execução do Inventário Hidrogeológico do Nordeste, folha no.16-Paraíba, SO pela Sudene (1978).

Na década de 80 a maior parte dos estudos foram dirigidos para a planície do Recife. Na área de estudo destaca-se o trabalho de Gimena, et al. (1981), sobre a caracterização química da água subterrânea, área Olinda-Goiana; o dimensionamento da implantação de uma bateria de poços para abastecimento de núcleos habitacionais em Paulista, França & Morais (1983), realizados pela Compesa-CPRM, no qual ficou evidenciada a necessidade da implantação de monitoramento operacional dos poços; os estudos de modelos de simulação numérica do aquífero Beberibe e interface marinha (ex: Álvares et al., (1980); Ceferino et al, (1980); França et al.(1987) e Cabral, et al. (1988)); e os Planos Diretores de Recursos Hídricos do Recife (1982) e de abastecimento d'água da RMR (1985, 1986), este último

dando início ao processo de medições sistemáticas de vazão e potenciometria, realizados pela Compesa, no intuito de aplicar modelos matemáticos ao aquífero Beberibe.

A partir da década de 90 até hoje, continuam a serem desenvolvidos os trabalhos de simulação destacando-se o trabalho da Atepe/Compesa de simulações hidrodinâmicas na porção norte do Beberibe e os trabalhos de Montenegro et al. (1991,1992), assim como de vários outros trabalhos desenvolvidos pelo Grupo de Recursos Hídricos da UFPE.

Vale destacar a contribuição para o conhecimento da hidrogeologia regional, o Estudo Hidrogeológico da região Metropolitana do Recife (HIDROREC) feito a partir do Convênio IDRC/UFPE-FADE, Costa et al (1988), o Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Pernambuco, SRH (1998), e o Diagnóstico Sócio-ambiental do Litoral Norte de Pernambuco – Gerenciamento Costeiro, CPRH (2001). O Diagnóstico dos Recursos Hídricos da Bacia do rio Goiana, e dos grupos de Bacias de pequenos rios litorâneos GL1 e GL6 elaborado para a SRH (2001), aborda aspectos dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos.

Vários trabalhos abordando questões de vulnerabilidade de aquíferos, riscos ambientais e proteção de recursos hídricos foram realizados, principalmente na área do município de Recife, e regiões adjacentes, destacando-se Teixeira (1988), CPRH (1991); Manso, et al. (1993); CPRM/FIDEM (1994 a,b); Costa (1994,2000); Costa et al. (1998); Costa Filho (1997) e Santos (2000).

Com relação às áreas de exploração da água mineral, destaca-se o trabalho recente de Mente & Cruz (2001), feito para o DNPM intitulado “Estudo de áreas de proteção das fontes de águas minerais da região norte do Recife-PE”, no qual foram realizados estudos hidrogeológicos visando o conhecimento das condições de ocorrência, escoamento e descarga das águas subterrâneas associadas às fontes de águas minerais além de delimitar áreas de proteção dessas fontes.

## 6. ASPECTOS DO MEIO FÍSICO

### 6.1. CLIMA

Segundo a classificação de Köppen, a área estudada possui um clima do tipo tropical úmido, situado entre os tipos As e Am, tendo como características marcantes a temperatura média do mês menos quente ser maior que 18°C e as chuvas de outono-inverno serem motivadas por Ciclone de Frente Polar Atlântica. Encontra-se sob a influência da massa de ar tropical marítima, que é geralmente instável, profunda e úmida. Essa região sofre influências das penetrações dos sistemas frontais e das perturbações atmosféricas de leste. Segundo a

classificação de Thornthwaite o clima na região é úmido e megatérmico, com pouca ou nenhuma deficiência hídrica.

A variabilidade interanual da precipitação regional é muito grande e depende, principalmente, de dois fenômenos oceano-atmosféricos, o El Niño/Oscilação do Sul (ou anti-El Niño/Oscilação do Sul) e o Dipolo do Atlântico, cujos períodos de atuação, duração, intensidade e cobertura irão influenciar nos períodos de duração de secas e enchentes. Estas anomalias climáticas são persistentes e duram por vários meses, principalmente, na atmosfera tropical, Aragão (1986).

Existem cinco sistemas atmosféricos atuantes que produzem precipitações na área de estudo, de acordo com o SRH (1998), que são : 1) os ciclones na média e na alta troposfera, do tipo “baixas frias” (também conhecidos como vórtices ciclônicos da atmosfera superior – VCAS); 2) as brisas terrestres e marítimas; 3) a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT); 4) as frentes frias; e 5) as ondas de leste.

Os VCAS são altamente transientes, não possuindo uma sub-região preferencial para provocar precipitação e atuam em períodos não determinados, movimentando-se de forma aleatória. É mais atuante durante os meses de novembro a fevereiro. Por outro lado, o seu tempo de vida varia de cinco a vinte dias, podendo produzir enchentes e inundações, bem como veranicos severos a depender de sua localização espacial.

As brisas terrestres e marítimas influenciam uma faixa de até 300 km da linha de costa e ocorrem em todo o ano, porém são mais observadas no outono/inverno, produzindo chuvas fracas a moderadas. Kousky, 1980, apud SRH (1998), mostrou que as áreas costeiras possuem um máximo noturno na precipitação associado com a brisa terrestre e a maior parte da precipitação dessas áreas ocorre à noite.

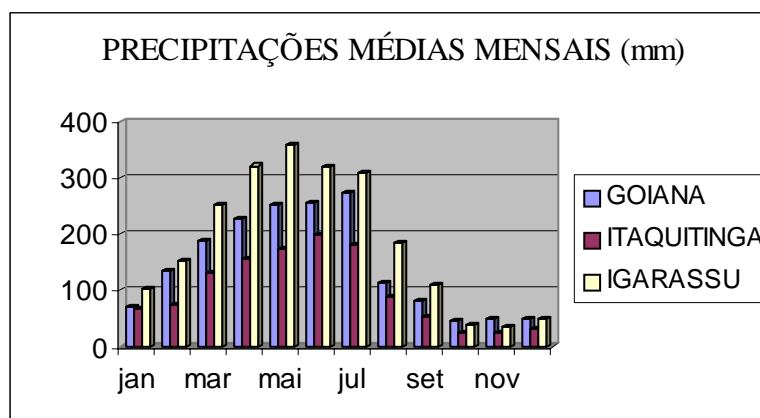
A ZCIT é formada pela confluência dos ventos alísios de nordeste e os alísios de sudeste, resultando em movimentos ascendentes de ar com alto teor de vapor d’água. Atua durante os meses de fevereiro a maio (as chuvas intensas ocorridas em algumas áreas de influência da ZCIT, geralmente, só são previstas com poucas horas de antecedência). Em anos muito chuvosos, as precipitações da ZCIT ou de sistemas oriundos dela podem causar enchentes e inundações, principalmente na Região Metropolitana do Recife.

As Frentes Frias, provenientes das regiões sub-antárticas, podem influenciar as precipitações na região costeira nos meses de maio a agosto (com máximo em julho), época em que essas frentes são mais intensas.

As ondas de leste são perturbações observadas nos ventos alísios, em geral de pequena amplitude, podendo produzir chuvas intensas e inundações e, em alguns casos, penetram até

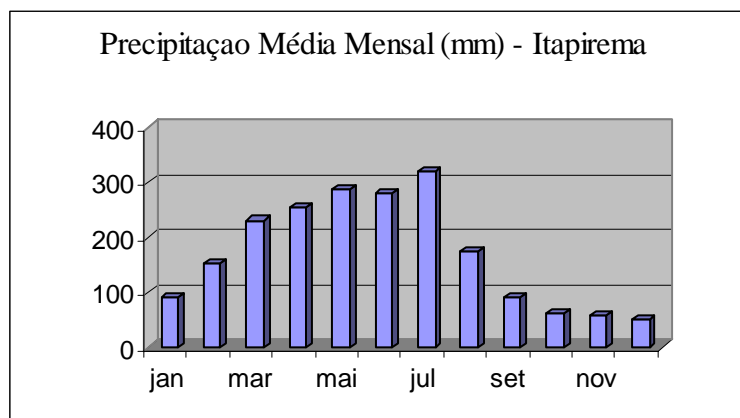
300km dentro do continente. Atuam principalmente no período que vai de maio a agosto. São muito frequentes em alguns anos, e a intensidade e frequência dessas ondas dependem da temperatura da superfície do mar, do cisalhamento meridional do vento, e da circulação troposférica no Atlântico tropical..

Os totais pluviométricos observados nos postos pluviométricos de Itapirema, Goiana, Itaquitanga e Igarassu situados na área de estudo e apresentados na figura 8.1, capítulo 8, são respectivamente de 2053,7, 1734,9, 1196,2 e 2227mm/ano. Estes dados mostram que existe uma tendência de redução de chuvas nas porções norte e oeste da área de estudo (Goiana e Itaquitanga). A Figura 6.1 representa as precipitações médias mensais dos municípios de Goiana, Itaquitanga e Igarassu, demonstrando claramente duas estações bem distintas, com período mais chuvoso entre março e julho, e menos chuvoso entre setembro e fevereiro, ou seja, ocorrem chuvas de outono e inverno e estação seca pouco pronunciada. O gráfico da figura 6.2 representa as precipitações médias mensais da estação de Itapirema, situada na parte central da área de estudo, e pode-se observar que apesar de apresentar um período menor de observação, apenas 13 anos, as características são semelhantes às estações Igarassu, Itaquitanga e Goiana, possuindo maiores precipitações nos meses de março a julho.



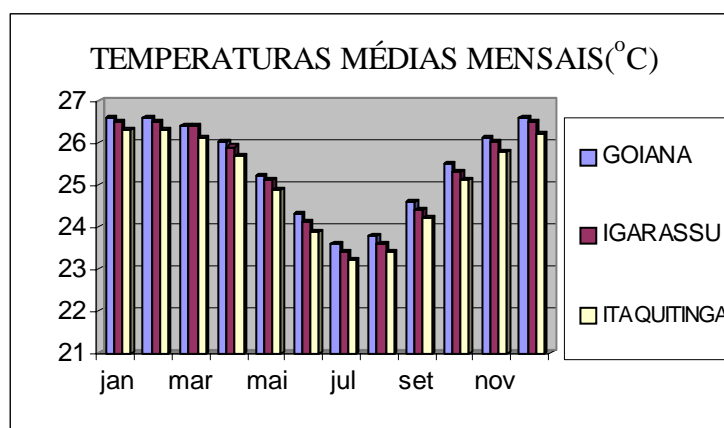
Fonte: Dados fornecidos pela SRH em 2003

Figura 6.1. Precipitação média mensal nos municípios de Goiana, Itaquitanga e Igarassu para os seguintes períodos de observação: Goiana (1980-2000), Itaquitanga (1967-2000) e Igarassu (1963-1985).



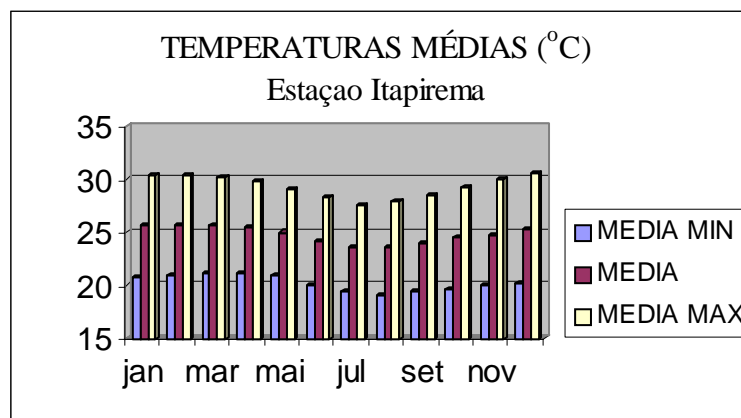
Fonte: SRH (2001), vol. 1. Dados da normal climatológica da estação de Itapirema 1980-1993.  
 Figura 6.2 . Precipitação média mensal da estação Itapirema (1980-1993).

As oscilações térmicas são pouco pronunciadas com amplitudes absolutas próximas de 14°C e valores médios anuais próximos de 25°C, com mínimas de 18,3°C e máximas de 32,6°C. Dezembro, janeiro e fevereiro representam o trimestre de temperaturas mais altas, e Junho, Julho e agosto o trimestre de temperaturas mais baixas. A figura 6.3 abaixo representa os dados calculados, através do modelo ESTIMA\_T, de temperaturas mensais dos postos de Goiana, Igarassu e Itaquitinga, obtidos em SRH (2001). A Figura 6.4 representa as temperaturas máxima e mínima médias mensais, que representam respectivamente as médias das máximas e mínimas temperaturas diárias observadas em cada mês do ano na estação de Itapirema no período de 1980 e 1993, onde se percebe um comportamento similar às outras estações citadas anteriormente, e menor amplitude de diferença de valores mês a mês.



Fonte: SRH, 2001.

Figura 6.3. Valores de temperaturas médias, calculados para os postos de Goiana, Igarassu e Itaquitinga.

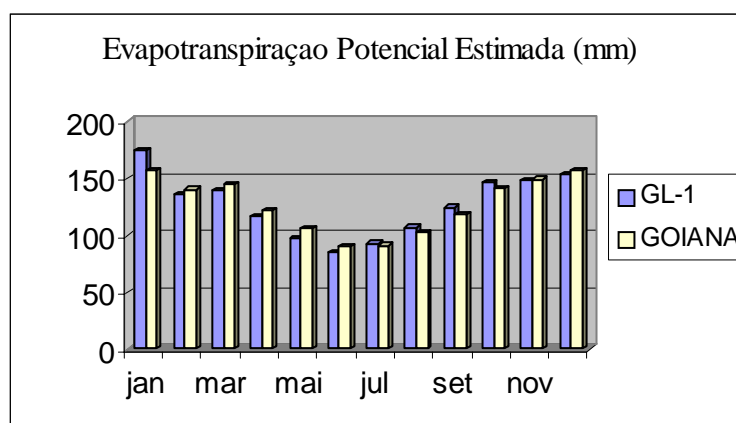


Fonte: SRH, 2001.

Figura 6.4. Temperaturas médias mínimas, médias máximas e médias mensais observadas na estação de Itapirema no período de 1980 a 1993.

De acordo com SRH (1998), a principal perda no balanço hídrico é representada pela evaporação das superfícies livres. A intensidade de evaporação cresce com a radiação solar, a temperatura do ar e a velocidade dos ventos, diminuindo com o aumento da umidade relativa.

A evaporação média mensal varia durante o ano, sendo registrado no litoral os menores totais mensais entre maio e julho e os maiores valores entre outubro e janeiro. Segundo SRH (2001), os dados de evapotranspiração potencial estimados nas bacias hidrográficas denominadas GL-1 e Goiana, estão apresentados na figura 6.5 abaixo, na qual se observa que o valor médio anual da evapotranspiração foi de 1522,9 mm. Deve-se salientar que a área de estudo compreende a bacia GL1 e apenas uma porção da bacia Goiana.



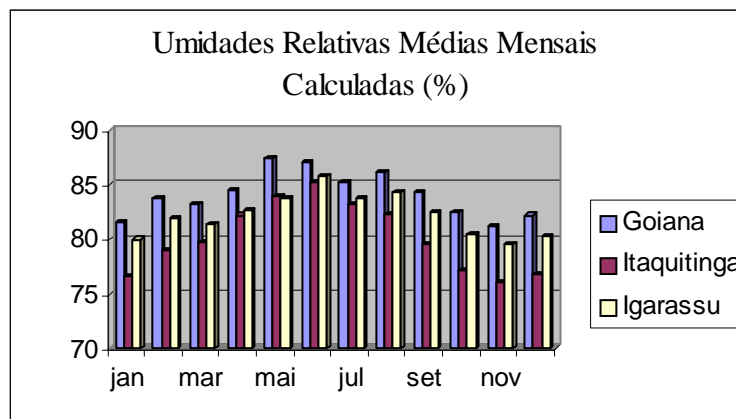
Fonte: SRH, 2001. Utilizando dados meteorológicos das Normais Climatológicas (DNM 1992).

Figura 6.5. Evapotranspiração Potencial estimada para as bacias Goiana e GL1.

Na estação meteorológica de Recife posicionada nas coordenadas geográficas, 08<sup>o</sup>03'S e 34<sup>o</sup> 55'W, com altitude de 5m, a umidade relativa do ar oscila entre 67% e 79%. Através de um modelo para determinação das umidades relativas médias mensais, SRH (2001) efetuou



cálculos a partir de dados de latitude, longitude, altitude, temperatura e precipitação mensal obtendo-se excelentes ajustes entre os dados observados e os dados gerados, cujos resultados para os postos de Goiana, Itaquitinga e Igarassu encontram-se representados na Figura 6.6 a seguir.



Fonte: SRH, 2001.

Figura 6.6. Umidades relativas médias mensais calculadas para os postos de Goiana, Itaquitinga e Igarassu.

De um modo geral os maiores e menores valores de umidade relativa são registrados respectivamente nos meses de maio a agosto e novembro a janeiro. Observa-se que o município de Goiana apresenta os valores mais elevados, enquanto que os menores valores, em sua maioria, são do posto de Itaquitinga. O valor médio calculado dos três postos é de 82,14%, com máxima de 87,4% e mínima de 76%.

Com relação aos ventos, a disponibilidade de informações é ainda menor, sendo que na estação de Recife a direção predominante dos ventos é de sudeste, com aproximações de leste nos meses de setembro a fevereiro quando passam a ter mais força. Na estação de Itapirema a velocidade média registrada entre os anos de 1980 e 1993 foi de 4,8 m/s, apresentando os maiores valores entre os meses de agosto a dezembro.

## 6.2 . VEGETAÇÃO

Na maior parte da área a vegetação original é do tipo Floresta Atlântica, tendo sofrido destruição e degradação ao longo do tempo devido principalmente ao cultivo de cana-de-açúcar e coco, à implantação de loteamentos e à extração de madeira e lenha. Atualmente encontram-se representantes da mata em diferentes etapas de regeneração, em cumes de alguns morros, em áreas protegidas sob controle do IBAMA; a oeste da BR-101 com alguns remanescentes de mata; na porção ocidental dos vales dos rios Paratibe, Barro Branco,

Utinga, Bonança, Tabatinga, Arataca e Botafogo; e na porção ocidental da Ilha de Itamaracá. Predomina portanto a vegetação secundária, com destaque para os canaviais principalmente na porção norte-noroeste da área, e a ocupação antrópica visto que grande parte da área corresponde a espaços urbanizados.

Outro tipo de vegetação típica das áreas de planície e adaptada aos seus solos é a restinga (vegetação arbustivo-arbórea característica da costa, Goodland (1975)). Encontra-se ainda, nas partes mais baixas e alagadas sob influência flúvio-marinha, a floresta denominada halo-paludícola dos mangues, existindo na região as seguintes espécies, segundo CPRH (2001): Mangue vermelho (*Rhizophora mangle*), Mangue branco (*Laguncularia racemosa*), Mangue siriúba (*Avicenia*), Mangue de botão (*Conocarpus erectus*), além de samambaias do mangue e tiririca. Os manguezais mais extensos margeiam os rios Goiana, Megaó, Itapessoca, Timbó e o Canal de Santa Cruz.

Existem 2.271,43 ha de áreas protegidas (equivalente a 1,65% da área total) abrangendo Reservas Ecológicas e RPPN (Reserva Particular do Patrimônio Natural) em estágios distintos de preservação/degradação espalhadas em vários pontos da área de estudo, CPRH (2001).

### 6.3. GEOLOGIA

#### 6.3.1. ESTRUTURA E EVOLUÇÃO DA BACIA SEDIMENTAR COSTEIRA TRECHO PAULISTA-GOIANA

A área estudada abrange uma porção da Bacia costeira denominada Pernambuco-Paraíba e porção do embasamento cristalino na borda oeste da mesma. Ver mapa geológico na figura 6.7 a seguir.

A base estrutural da bacia sedimentar costeira de PE-PB é mais bem entendida se retomamos a origem dos Oceanos Atlântico Sul e Equatorial a partir da separação da América do Sul e do continente africano, cujo desenvolvimento e evolução foi muito complexo. Segundo o modelo de separação postulado por Rabinowitz & Labrecque (1979) com modificações, apud Mablesone & Alheiros (1991), a abertura do rifte sul-atlântico deu-se de sul para norte, sendo que o pólo de rotação deve ter mudado com o tempo. A partir dessa idéia, Szatmari et al (1984 e 1987) e Francolin & Szatmari (1987) esboçaram uma história da formação do Atlântico Sul e Equatorial na qual a direção predominante do rifte sul-atlântico em relação ao Brasil é NS/NNE, entre Campos e Salvador, e devido às linhas de fraqueza existentes no embasamento cristalino ao norte de Salvador, o rifte bifurca-se na direção NS,

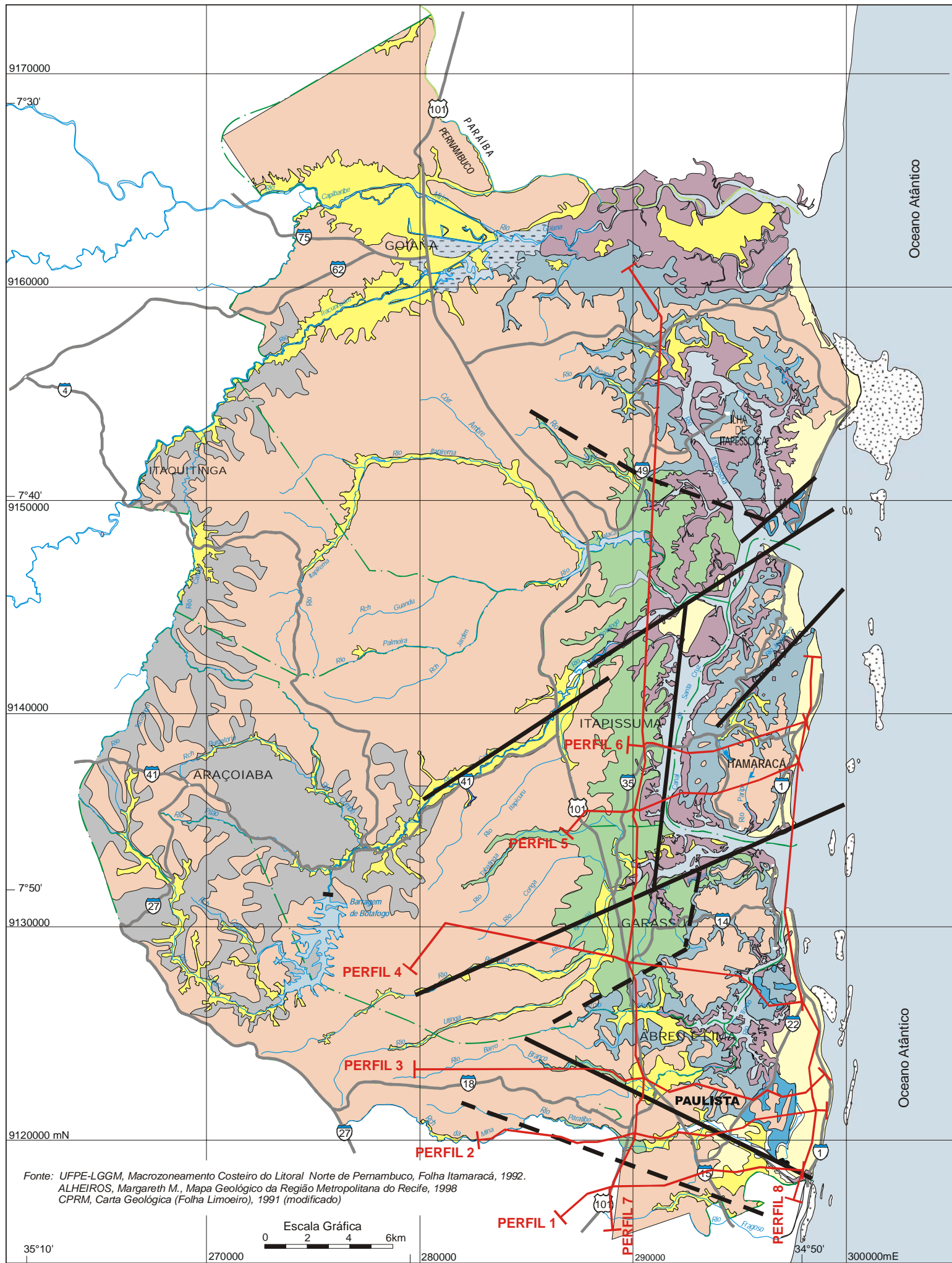


Figura 6.7 - Mapa Geológico da Área de Estudo

**LEGENDA**

- |  |                          |                        |
|--|--------------------------|------------------------|
| Rede de drenagem   | Depósito Flúvio-Lacustre | Fm. Maria Farinha      |
| Rodovia estadual e sua designação  | Mangue                   | Fm. Gramame            |
| Rodovia federal e sua designação   | Terraços Marinhos        | Fm. Itamaracá/Beberibe |
| Limite Municipal   | Depósitos Aluviais       | Embasamento Cristalino |
| Falha Geológica, quando tracejada inferida através dos perfis geológicos | Fm. Barreiras            | Perfil Geológico       |

originando a Bacia Recôncavo-Tucano, e na direção NE formando a Bacia Sergipe-Alagoas, continuando até o Recife. A partir de Recife a linha de costa torna-se gradualmente NS até o extremo nordeste.

Quando da abertura, a região ficou ligada ao outro lado (trecho localizado entre Touros e João Pessoa), sofrendo ruptura apenas na fase final, provavelmente no fim do Cretáceo. No Aptiano abriu-se o rift sul-atlântico que se estendeu até o Lineamento Pernambuco, alto estrutural que se manteve elevado impedindo a sedimentação ao norte até o final do Turoniano, quando um evento tecto-magmático permitiu a deposição de clásticos grosseiros, Lima Filho et al. (1998). A parte alta que constituía a última ligação entre os continentes começou a enfraquecer na época da separação, esticando a crosta continental que se afinou até romper.

Na literatura várias denominações foram atribuídas ao tipo de bacia, destacando-se os seguintes: Bacia tipo “rampa”, denominada Bacia Paraíba para diferenciar da Bacia tipo rifte, situada a sul do lineamento de Pernambuco (Lima Filho, 1998), Pull-apart (Calheiros, 1991), Graben raso e assimétrico (Oliveira, 1993); Flexure basin (Mabesone, 1995), Homoclinal – teclas (Mabesone & Alheiros, 1991).

Fortes (1986) apresentou a teoria da “Tectônica de Teclas” da Bacia Potiguar (que serve também para explicar a área de estudo), partindo da constatação de que os terrenos pré-cambrianos entre a margem atlântica, o Lineamento Senador Pompeu e o Lineamento Pernambuco, mostram-se divididos por grandes falhas de direção NE, que separam blocos com domínios distintos de supracrustais e infracrustais, e afirma que estes terrenos apresentam um encurvamento sistemático para leste, definindo um padrão de arrasto dextral ao longo da Plataforma Continental. Segundo este autor, a diferença na composição petrográfica dos depósitos resultantes é devido a diferenças na litologia das rochas pré-cambrianas de cada tecla, inclusive a formação Barreiras. Estas “teclas” limitadas por falhas de direção NE, formam blocos que foram posteriormente preenchidas por depósitos flúvio-marinhos.

Aparentemente a ação flexural foi mais pronunciada em rochas de menor competência como granitos e rochas sedimentares. Alguns pesquisadores consideram o trecho Natal-Recife como pertencente a uma unidade só, porém neste trabalho será considerado a divisão feita por Mabesone & Alheiros (1991), que considerou dois segmentos em função das diferenças de preenchimento lítico, cuja origem está associada às características estruturais da área, sendo eles: Natal-Vale do Camaratuba e Vale do Camaratuba-Recife. O trecho entre vale do Camaratuba e Recife em concordância com a idéia das teclas foi sub-dividido em sub-bacias.

Estas sub-bacias, ainda segundo Mabesone & Alheiros (1991), possuem coluna lito e genético-estratigráfica próprias, correspondendo a “teclas” denominadas: sub-bacia Cabo (limitada pelo lineamento de Pernambuco e o alto de Maragogi-Barreiras), sub-bacia Olinda (limitada pelo lineamento de Pernambuco e a Falha de Goiana), sub-bacia Alhandra (limitada pela Falha de Goiana e a Falha Itabaiana-Pillar), sub-bacia Mariri (limitada pela Falha Itabaiana-Pillar e a Falha de Pirituba) e as sub-bacias Canguaretama e Natal. Ver figura 6.8 a seguir.

As sub-bacias Olinda-Alhandra-Mariri são também denominadas de “verdadeira” Bacia Pernambuco-Paraíba, excluindo a faixa costeira sul do Rio Grande do Norte. A área de estudo situa-se na “tecla” ou sub-bacia Olinda. O embasamento da sub-bacia Olinda teve uma subsidência maior, comparando-se com as demais, devido às características deformacionais dessas rochas, favorecendo a entrada do Oceano Atlântico Sul resultando nas seqüências calcárias depositadas com caracteres de águas mais profundas, Mabesone (1991).

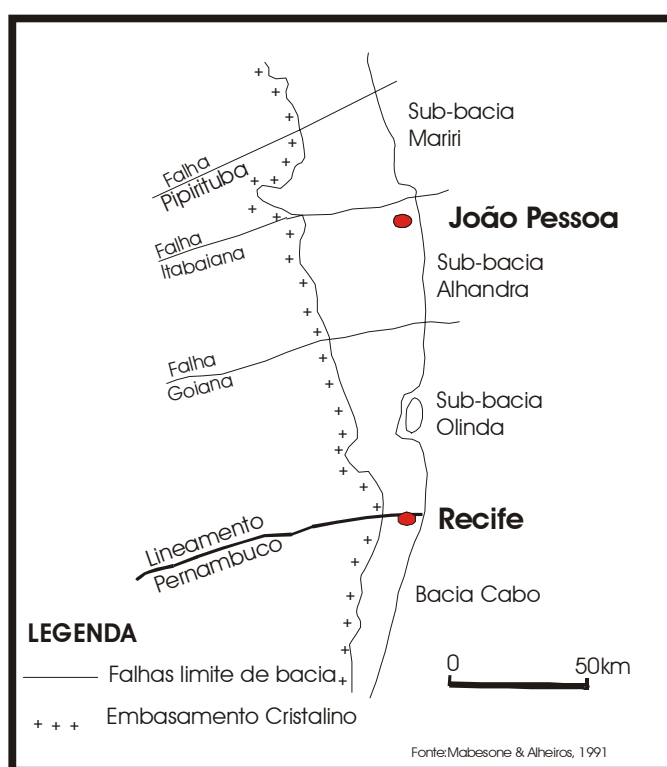


Figura 6.8. Sub-bacias da Bacia Pernambuco-Paraíba, segundo Mabesone e Alheiros, 1991.

No Santoniano-Campaniano houve uma deposição em ambientes fluviais, de baixa sinuosidade até meandrante. Aos poucos o mar começou a transgredir sobre a área, estendendo-se os arenitos litorâneos mais para oeste, e estuarinos (ou deltaicos destrutivos). A abertura do Oceano Atlântico Sul tinha chegado a um estágio no qual as correntes marinhas

atingiram as bacias. Com a existência ainda da soleira, as correntes profundas e frias foram forçadas a subirem causando uma forte ressurgência. No Maastrichtiano, a maior parte da faixa costeira ficou inundada, com uma rápida transgressão acompanhada por ressurgência, resultando na deposição fosfática em lugares favoráveis. Segundo Amaral et al (1977) a Transgressão é anterior ao Maastrichtiano tendo se manifestado desde o Santaniano-Campaniano

Após um período de um fundo de mar um pouco mais profundo, iniciou-se no Paleoceno, uma regressão oscilatória, que se completou provavelmente no começo do Eoceno. A linha da costa situava-se durante todo o terciário mais na direção do Oceano, fato também que explica as intercalações lagunares nos arenitos. O caráter dos sedimentos sugere um clima bastante quente e talvez relativamente seco. A área total do escudo cristalino, inclusive a atual região litorânea, sofreu um soerguimento fraco pós-paleocênico.

### 6.3.2. LITOLOGIA E ESTRATIGRAFIA

A Bacia estudada constitui uma faixa continental de largura variando de 15 a 30km ao longo de todo o litoral norte da RMR, e variando de 17 a 28km na área de estudo. A espessura do pacote de sedimentos é variável em função da cota do embasamento cristalino e da ação de processos erosivos que atuam de forma diferente nas diversas litologias. A espessura média da seqüência sedimentar é de 180m, com máxima de 550m, segundo Mont'alverne (1966), referindo-se a um furo realizado pela Petrobrás na Ilha de Itamaracá. A espessura máxima do pacote sedimentar na área de estudo, que foi comprovada através dos poços cadastrados neste trabalho, foi de 384 m, observado no poço tubular n<sup>o</sup>.104 (código original P.1.1-IT ou IT03), localizado no município de Itamaracá, ver figura 6.9 a seguir.

Estratigraficamente, o pacote sedimentar engloba três grandes unidades, Grupo Paraíba, Formação Barreiras e Cobertura Quaternária, Souza (1999), que repousa discordantemente sobre o embasamento cristalino, conforme representado na coluna estratigráfica proposta por Souza et al. (2003), e apresentada na figura 6.10.

O Grupo Paraíba, de idade Cretácea-Paleocênica, abrange quatro formações distintas representadas da base para o topo por: Formação Beberibe, Formação Itamaracá, Formação Gramame e Formação Maria Farinha. Na literatura é comum a descrição do pacote sedimentar como constituída por duas seqüências que são a seqüência clástica basal e a seqüência marinha ou carbonática superior, (Beurlen (1967); Mablesone & Tinoco (1971); Mablesone et al. (1991)).

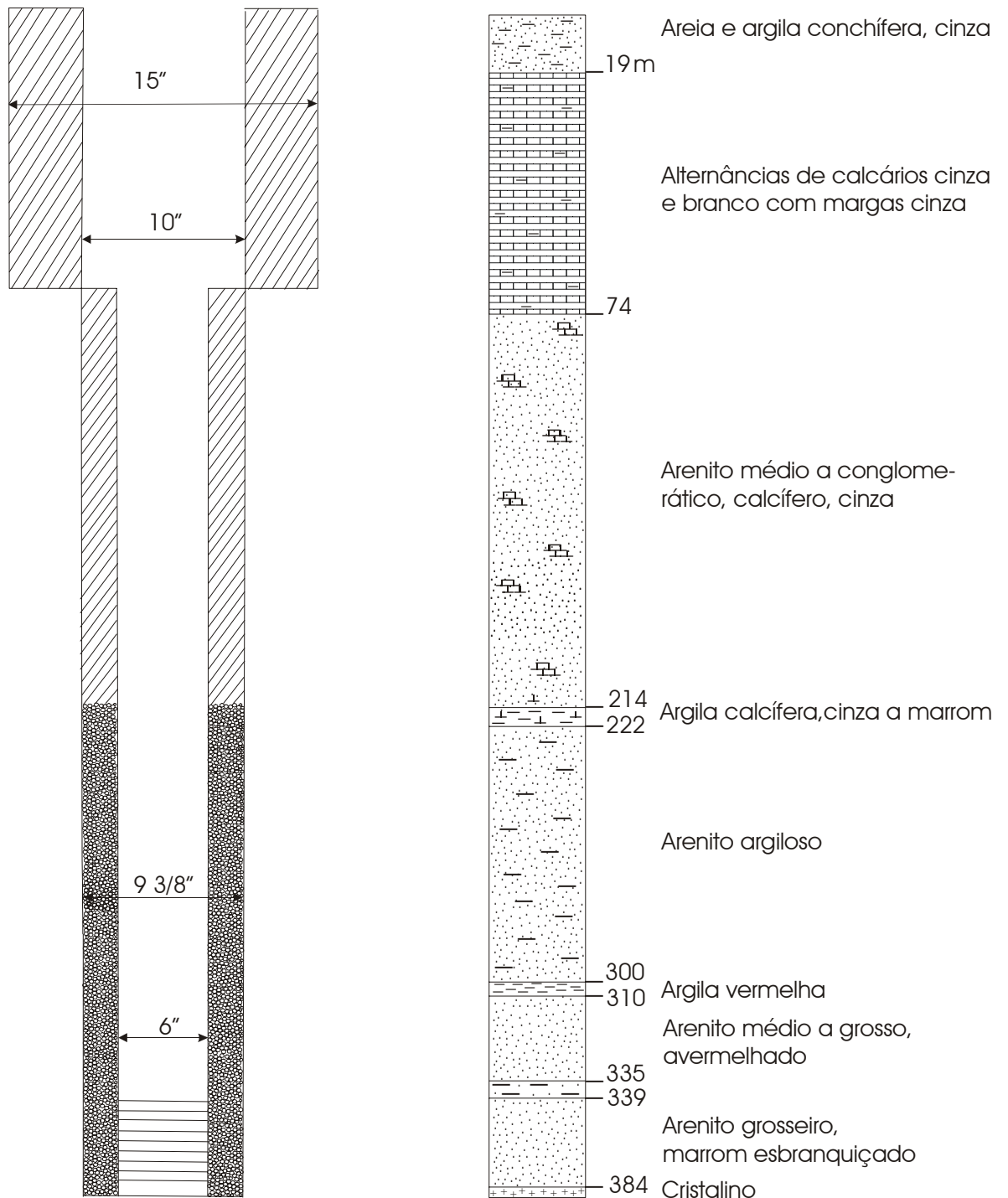


Figura 6.9. Poço tubular de código de identificação número 104.

Recobrimo o Grupo Paraíba, encontram-se os sedimentos da Formação Barreiras, de idade Plio-Pleistocênica, e os depósitos de Cobertura Quaternária.

Eras	Períodos	Épocas	Unidades	Litologias	
CENOZÓICO	Quaternário	Recente/ Holoceno	Depósitos da Cobertura Quaternária	Cascalhos, areias, siltes, argilas	
		Pleistoceno		Areias de praias com cimentação de camadas fluviais	
	Terciário	Plioceno	Formação Barreiras	Areias e argilas variegadas	
		Paleoceno	Grupo Paraíba	Formação Maria Farinha	Calcários dolomíticos com intercalações margosas, fossilíferos
				Formação Gramame	Calcários intercalados com margas e níveis argilosos
Cretáceo	Maastrichtiano	Grupo Paraíba	Formação Itamaracá	Arenitos calcíferos e Fosforitos	
	Campaniano/ Coniaciano		Formação Beberibe	Arenitos quartzosos, siltitos- argilitos fossilíferos	
PROTEROZÓICO		Embasamento Cristalino		Gnaisses, migmatitos, granitos	

Fonte: Souza et al. (2003), com modificações.

Figura 6.10. Coluna estratigráfica da Bacia Pernambuco-Paraíba.

Em muitos casos os limites das unidades litológicas são bastante duvidosos, tanto lateral, como verticalmente. Pode ocorrer interdigitação entre as seqüências clástica e marinha ou ocorrer uma passagem gradacional, sem uma camada impermeável contínua entre elas. A identificação do limite superior, com os sedimentos recentes, é muitas vezes difícil, principalmente por não ocorrer um horizonte guia contínuo entre as duas seqüências sedimentares. Estas dificuldades são ainda acentuadas quando da utilização de informações provenientes de fichas de poços tubulares, nas quais a identificação litológica é feita a partir



de amostras de calha. Perfis geológicos foram elaborados utilizando-se de informações de poços tubulares e podem ser vistos nas figuras 7.1 a 7.7, capítulo 7.

- EMBASAMENTO CRISTALINO

O embasamento cristalino da área de estudo está representado pelo sistema Pajeú-Paraíba ou zona transversal Cordani et al. (1984), que mostra um conjunto de rochas gnáissicas de composição granítica e granodiorítica e de migmatitos com paleossomas anfibolítico ou biotítico e neossoma quartzo-feldspático, além de xistos, gnaisses, metarcósios (metagrauvacas) e ocasionalmente quartzitos e calcários cristalinos, geralmente em faixa de direção SW-NE, diagonalmente à direção N-S da linha de costa, incluindo os traços de foliação, as discontinuidades entre as unidades geotectônicas e as numerosas fraturas policíclicas. As fraturas e juntas do substrato cristalino, de modo geral vertical e sub-vertical são fechadas devido a compressão lateral.

Segundo França & Capucci (1978), ao longo das praias de Janga até Conceição o embasamento foi encontrado a profundidade de 400m abaixo do nível do mar. Rodrigues (1983) cita a profundidade de 543m a nordeste da cidade de Paulista.

A ocorrência de um alto estrutural que se estende de Tapacurá até o litoral, passando por Abreu e Lima e que poderia evidenciar a existência de um falhamento, subordinado ao lineamento Pernambuco, é descrito por Amaral, et al. (1977). Em Itamaracá destaca-se um outro alto estrutural, sem evidências superficiais de tectonismo ruptural. Admite-se ainda que, embora os vales dos grandes rios da área coincidam com zonas preferenciais de tendência transgressiva ao curso da seqüência clástica, isto não reflete no comportamento das curvas estruturais do topo do embasamento, pelo menos de um modo marcante. Os autores afirmam ainda que a falha Itapacurá-Abreu e Lima possui uma componente vertical, ativada em fase pós-sedimentar, ou quando muito, sinsedimentar.

- FORMAÇÃO BEBERIBE

A definição litoestratigráfica da formação Beberibe foi proposta por Kegel (1955), sendo que Beurlen (1967) denominou de Formação Beberibe. Ocorre sobre o cristalino sendo uma formação arenítica com caráter predominantemente fluvial, às vezes estuarino.

Esta Formação é descrita como uma espessa seqüência predominantemente arenítica, de uma planície litorânea com dominância de areias fluviais, na qual houve processos de oscilação transgressiva. Mabesone (1967) já descrevia a formação como de ambiente

deposicional do tipo fluvial, mais especificamente de rios de baixa sinuosidade até meandrante, em largas planícies aluviais. Esta seqüência era considerada afossilífera até que Kegel (1957a), descreveu uma intercalação arenosa fina a argilosa, com restos fósseis (tellinídeos, mactrídeos, corbula e cardiídeos). Estende-se por toda a área de estudo, principalmente em subsuperfície, sendo que a ocorrência em superfície pode ser confundida com as fácies arenosas da Formação Barreiras devido ao estágio intempérico profundo. Aflora nos leitos dos rios Paratibe e Barro Branco, além de uma faixa longitudinal de largura entre 4 a 6 km que se estende por aproximadamente 25 km no sentido N-S a oeste do Canal de Santa Cruz.

Neste trabalho será considerado como Beberibe a fácies de arenitos friáveis não calcíferos e Microclásticos, sugeridas por Mabesone (1991). Trata-se de arenitos continentais friáveis, cinzentos a cremes, ou ainda avermelhados e granulometria grossa a fina, ou seja mal selecionados (podendo ocorrer siltes, argilas, folhelhos e até conglomerados com matriz microclástica), cuja granulação média varia entre 0,35mm a 0,80mm, com coeficiente de uniformidade em torno de 2, Teixeira (1988). Na base podem aparecer leitos conglomeráticos e intercalações de níveis argilosos, sendo comum a presença de quartzo esfumado e róseo e, feldspato. Para cima dominam os arenitos médios a finos intercalados com camadas síltico-argilosos, com restos fossilíferos. Menor et al. (1977) relata a presença de restos vegetais carbonizados intercalados com as camadas síltico-argilosas. A fração argila dos arenitos às vezes transformando-se em cimento. Os grãos arenosos são angulosos a sub-angulosos, com esfericidade relativamente alta e seleção fraca a má.

A fácies de microclásticos encontra-se de forma intermediária entre as formações Beberibe e Itamaracá, aparecendo nas duas. Trata-se de sedimentos sílticos arenosos ou argilosos, mal selecionados. Os componentes argilominerais são ilita ou sericita, esta última indicando uma diagênese mais avançada. Em subsuperfície pode ocorrer um componente carbonático, enquanto que em superfície este componente não aparece ou foi eliminado. O conteúdo faunístico sugere um ambiente restrito, lagunar até talvez estuarino, com uma influência marinha, resultando em águas salobras.

- FORMAÇÃO ITAMARACÁ

Kegel (1953,1955) denominou de Formação Itamaracá aos arenitos da ilha homônima, da região de Forno de Cal, incluindo a seqüência fosfática, tendo mais tarde em 1958, separado o arenito cinzento friável como membro Beberibe, que hoje é considerada como

Formação Beberibe. Desde então a Formação Itamaracá já foi ora considerada como uma fácies de transição e transgressão para a Formação Gramame, Mablesone (1966), ora considerada como uma fácies litorânea marinha da seqüência clástica basal da formação Beberibe, Mablesone, (1991). Menor & Amaral (1997) sugeriram o abandono do termo Itamaracá no que se refere às seqüências clástico-carbonáticas basais e transição para a seqüência carbonática superior. Lima Filho & Souza (2001) e Souza et al. (2003) retomaram a denominação anteriormente sugerida por Kegel (1953).

Segundo Alheiros et al. (1993), o conhecimento paleontológico, geofísico e sedimentológico permitem definir com segurança o limite entre a Formação Itamaracá e a Formação Gramame.

Existe uma passagem lateral, geralmente por interdigitação (sugerindo oscilações do nível do mar), e menos freqüente por gradação, para a Formação Beberibe. Deve-se observar que os perfis litológicos dos poços tubulares da região, geralmente denominam a Formação Itamaracá como Beberibe Superior e a Formação Beberibe sotoposta como Beberibe Inferior.

Neste trabalho, conforme mencionado anteriormente, será adotada a denominação Formação Itamaracá conforme sugerido por Lima Filho & Souza (2001), que identificaram um marco estratigráfico nos arenitos calcíferos campanianos, seu significado paleoambiental e o estudo dos litotipos sob a ótica da Estratigrafia de Seqüências e retomaram a denominação Formação Itamaracá, no sentido de Kegel (1953), para o “horizonte fosfático”, pois representam o topo de um Trato de Sistema Transgressivo (TST), explicando mais adequadamente a evolução da bacia, Souza et al (2003).

A Formação Itamaracá é constituída por arenitos calcíferos cinza a creme, de caráter marinho (com cimento apresentando quantidades variáveis de matéria carbonática, sendo o teor de carbonato de Cálcio crescente da base para o topo), medianamente compactos a duros, e bem selecionados, com grãos clásticos mais arredondados, médios a finos argilosos e por vezes com fragmentos de organismos não mais reconhecíveis, com alto conteúdo em fosfato. A matéria calcárea parece ser de origem organógena. Ocasionalmente estes arenitos tornam-se calcarenitos quartzosos friáveis, e intercalados neste pacote podem aparecer camadas calcárias mais puras. No caso do calcário ser margoso a argila presente é a montmorilonita com traços de illita e caulinita. A ocorrência de fósseis restringe-se a indícios de algas, principalmente na fácies fosfática. Ocorrem principalmente em subsuperfície. Há divergências quanto à espessura da Formação Itamaracá na bibliografia, sendo admitida por Teixeira (1988), a espessura média de 140m, Menor & Amaral (1978) propõem uma espessura de 280m e Menor

et al. sugere a espessura em torno de 100m. Os mapas geológicos da área não diferenciam as Formações Itamaracá e Beberibe.

A fácies fosfática foi bem estudada por Menor et al (1977). Trata-se de arenitos calcíferos, argilosos e fosfatizados (fosfato em forma de grânulos), de coloração creme a acinzentada. Sua espessura varia de alguns centímetros a 4m com média em 2m. A parte detrítica é constituída por quartzo, argila (montmorilonita, illita e caulinita) e pouco feldspato (microclina); a fração carbonática está representada por calcita e dolomita e a fração fosfática é a fluorapatita e crandallita, aparecendo nódulos e grãos, muitas vezes como moldes internos de microfósseis fosfatizados. O teor médio de  $P_2O_5$  é de 13-21%, segundo Calheiros (1991), sendo que o fosfato rico ( $P_2O_5 \geq 10\%$ ) encontra-se geralmente na base da formação Itamaracá, sobrejacente à formação Beberibe e o fosfato pobre ( $P_2O_5 < 10\%$ ) ocorre na parte superior da Formação Itamaracá.

De acordo com Maciel (1981) e Amaral et al. (1977), o ambiente de deposição é misto de praias e planície costeira sob influencia da maré, eventualmente passando para mar raso de plataforma interna. Os calcários dolomíticos representam ambiente lagunar até talvez de plataforma interna, sob clima quente e bastante seco, provavelmente tipo sabkha.

- FORMAÇÃO GRAMAME

O termo Formação Gramame foi proposto por Euzébio de Oliveira em 1940, representando todos os sedimentos cretáceos da costa da Paraíba e posteriormente passou a englobar os sedimentos de Pernambuco. Beurlen (1967), propôs englobar a esta Formação a Formação Itamaracá sobrejacente incluindo a camada de fosfato. Neste trabalho será considerado como Formação Gramame a proposta de Lima Filho & Souza (2001), sendo constituída apenas pelos calcários cinzas, argilas calcárias e margas, e portanto diferenciada da Formação Itamaracá.

Ocorre ao longo de uma faixa estreita e descontínua na porção leste da Bacia Sedimentar, de Olinda para norte. A passagem da Formação Itamaracá para a Gramame pode ser gradativa ocorrendo por vezes intercalações calcáreas no topo da seqüência em contato concordante e geralmente sotoposto por sedimentos da Formação Barreiras. A espessura média é de 30-40m, sendo que, na bibliografia consultada, há controvérsias quanto à espessura máxima da formação, sendo que DNPM (2001) admite um valor máximo de mais de 100m para a formação. Afloram ao norte e sul da ilha de Itamaracá, com largura aflorante de até 1.500m, existindo um controle topográfico do jazimento calcário, Rodrigues (1983),

nas proximidades das cidades de Paulista e Abreu e Lima e nos vales de rios como Timbó e Canal de Santa Cruz.

Segundo este mesmo autor, a associação fossilífera da Formação Gramame sugere ambiente de sedimentação marinho de águas quentes, calmas, relativamente pouco profundas (inferior a 200m), e existe uma tendência de inclinação do calcário para SE na porção norte passando gradativamente para NE no setor sul.

Rodrigues (1983) sugere a subdivisão da Formação Gramame em três fácies, definidas como fácies marinha plena, denominada de “típicos” calcários gramame, no topo; fácies supra meso-litoral, na base; e fácies fosfática que interdigita-se com os calcários da base. Neste trabalho será considerada a sugestão de Lima Filho & Souza (2001) e Souza et al. (2003), que consideram como Gramame apenas a fácies marinha plena, sendo as outras duas fácies consideradas como pertencentes à formação Itamaracá sobrejacente.

Sendo assim, considera-se a Formação Gramame como formada por calcários margosos a argilosos, de coloração cinza, sedimentologicamente muito uniforme e de conteúdo fossilífero variado. Margas e argilas mais puras geralmente são bioturbadas perdendo seu aleitamento, porém nos poucos lugares que existe vestígio de acamamento aparece uma certa ciclicidade irregular. Nas camadas inferiores, o teor de dolomita é alto. A associação de argilo-minerais mostra uma dominância de caulinita (até 50%), montimorilonita e ilita. Em superfície a seqüência pode assumir uma coloração creme, devido à oxidação.

- FORMAÇÃO MARIA FARINHA

Oliveira (1943) denominou de Formação Maria Farinha ao calcário amarelo fossilífero da praia de Pontas de Pedra. O conteúdo faunístico dessa Formação é abundante e representado por Nautilóides, Gastrópodes, Lamelibrânquios, Bivalvos, Equinodermas e Decápodos (litorâneos), originário de ambiente marinho de pouca profundidade e próximo à costa. Embora seu conteúdo faunístico seja paleocênico, a formação, no contexto da evolução geológica, pertence ao fim do Cretáceo.

Encontra-se sobreposta à Formação Gramame e sotoposta à Formação Barreiras ou por vezes aos depósitos de sedimentos recentes. A transição dos calcários Maria Farinha para os calcários Gramame se dá de forma concordante, aparentemente ininterrupta, sem qualquer mudança faciológica importante (segundo Menor et al, 1977, esta passagem pode ser materializada pela ocorrência de um calcário sublitográfico (calcário vidro), essencialmente calcítico), porém o hiato faunístico, pode demonstrar uma paraconformidade, Rodrigues

(1983). Na sua totalidade, Maria Farinha representa a fase regressiva da seqüência calcária da Bacia e tem características litológicas e modo de ocorrência semelhante aos da Formação Gramame.

São constituídos de calcários detriticos, médios a finos, cinzentos a cremes, mostrando fragmentos de fosfato transportados na parte inferior, e uma seção superior de calcários mais margosos alternando com níveis pouco espessos de argila mais ou menos carbonática na parte superior. As argilas são representadas por caulinita, montmorilonita ou illita. No topo pode aparecer uma areia de praia. Também aparecem em alguns leitos grãos de chamosita.

A seqüência inferior da formação aparece entre Recife e João Pessoa, mas a seqüência superior está restrita, tanto em superfície como em sub-superfície, aos municípios de Itamaracá (pequenas lentes no centro e extremo norte da Ilha) e Igarassu. Os afloramentos em geral ocorrem em faixas estreitas e isoladas de pequena extensão que se estende longitudinalmente, dispostas ao longo e nas proximidades do litoral, destacando-se as ocorrências no rio Fragoso e Timbó e nas proximidades de Abreu e Lima. A espessura média é de 30m e máxima de 35m.

É comum a ocorrência de afloramentos bastante oxidados, resultando em calcário de coloração creme, e com pirita transformada em óxido de ferro. Esta formação ocorre com a seqüência mais completa na bacia estudada, em comparação com as outras bacias mais ao norte.

Segundo Coutinho et al. (1993), os calcários da Maria Farinha aparecem ao longo da costa geralmente associados a falhamentos. Rodrigues (1983) indica evidências da ação de tectonismo na praia de Jaguaribe onde o calcário apresenta-se intensamente fraturado com diáclases na direção N-S, semelhante ao sistema de fraturas do embasamento, sugerindo o mesmo esforço tectônico e evidenciando falhas contra o embasamento.

- FORMAÇÃO BARREIRAS

Recobrimo discordante e indistintamente ora o cristalino ora as formações cretáceas e terciárias, ocorre a Formação Barreiras. Foi formalizada por Kegel (1957) e, atualmente, com base na interpretação de sistemas deposicionais, considera-se esta formação como de idade Plio-Pleistocênica, Suguio et al. (1985).

Estes sedimentos, de origem terrestre, apresentam-se quase não alterados diageneticamente e não consolidados, e tem como superfície de deposição um relevo de erosão, tendo sido depositados durante um período de clima seco, provavelmente no semi-

árido. Constituem uma faixa mais ou menos contínua, ou formando ilhas sobre os sedimentos cretáceos. Continente adentro a cobertura divide-se em línguas que penetram irregularmente, coincidindo com os divisores dos antigos vales preenchidos. As áreas de afloramento são as vertentes íngremes dos vales e as falésias, recobrem 70% da Ilha de Itamaracá e mais de 50% da área estudada. Sua espessura média é de 60m, podendo chegar a 110m, DNPM (2001). Segundo a descrição dos perfis litológicos dos poços cadastrados neste estudo, a maior espessura encontrada para a Formação Barreiras foi de 88m.

Preenchendo os canais escavados dentro dos sedimentos da Formação Barreiras existem os leques aluviais pleistocênicos, que representam o material retrabalhado desta formação, de cores mais claras. Não é considerada como uma unidade litoestratigráfica normal por não ser mapeável, e em geral são mencionadas como afloramentos importantes.

Moraes (1924) e Kegel (1957) constataram que sob a formação Barreiras aparece uma argila caulínica, sempre de coloração clara uniforme, com espessura às vezes de vários metros, geralmente onde o substrato está representado pelas rochas do embasamento cristalino.

Bigarella & Andrade (1964), distinguem duas unidades denominadas Guararapes (porção inferior) e Riacho Morno (porção superior) separadas por uma discordância erosiva. Investigações de Beurlen e Mabesone em 1970, apud Mabesone (1991), confirmam que a Formação Riacho Morno é apenas uma fase de intemperismo da Formação Guararapes e que a Formação Barreiras, no seu sentido original, não pode ser subdividida. Logo, estas denominações não são mais usadas atualmente e estudos recentes consideram a seqüência uma única unidade litoestratigráfica chamada Formação Barreiras na qual aparecem vários tipos faciográficos.

Neste trabalho será adotado o estudo de Alheiros & Lima Filho (1991) que identificaram na Formação Barreiras diferentes sistemas deposicionais denominados como Fácies fluvial, associadas a leques aluviais, e planícies flúvio-lagunares. A seguir, será descrita cada fácies individualmente.

**Fácies Fluvial (leques aluviais):** Ocupam a faixa oeste da área em contato com o embasamento, em cota acima de 60m. É representada por depósitos estratificados com cores fortes e variegadas (alaranjado, vermelho, amarelo, branco e roxo) em função dos diferentes estágios de oxidação do ferro e de um intemperismo profundo. Constitui-se de areias grosseiras a conglomeráticas recobertas por sedimentos argilosos com repetição vertical desse padrão, denunciando o caráter cíclico da deposição. São comuns depósitos de cascalhos ou pavimentos de seixos expostos no contato com o cristalino. A passagem de areias

grosseiras/conglomeráticas para o nível argiloso acima se dá gradualmente. São depositadas por enxurradas que terminam com o afogamento das areias numa planície então alagada, e a subsequente deposição dos finos, recobrando-as. A passagem das argilas para o próximo nível de areias se dá de modo brusco, caracterizando uma nova enxurrada.

**Sistema fluvial de canais entrelaçados:** Ocorre ao longo de toda faixa costeira com cotas variando entre 80 e 40m. São geralmente recobertos por depósitos de leques aluviais distais. Foram identificadas duas fácies diferenciadas segundo critérios litológicos e estruturais, sendo que na área de estudo predominam a fácies tipicamente fluvial, que mostra-se mais feldspática, com um colorido mais forte e diversificado. Os sedimentos são mais selecionados e com baixo grau de arredondamento, mostrando granodecrescência ascendente, e estratificação cruzada acanalada de médio a grande porte, geralmente de alto ângulo. Entre esses depósitos típicos de canais, destacam-se barras longitudinais, de espessura considerável, com estratificação tabular/planar de alto ângulo.

**Fácies litorânea:** São identificadas em falésias litorâneas. Constituem-se de areias quartzosas com pouco feldspato, incoerentes com cores claras, granulometria fina a média, boa seleção e grãos sub-arredondados e subangulosos. Intercalam-se finas camadas rítmicas de argila cinza esverdeada e matéria orgânica, mostrando ondulações abertas com truncamento localizado, embora no conjunto domine a estratificação horizontal. Na Ilha de Itamaracá afloram estes ritimitos intercalados com camadas de argila não laminada, atingindo até 1m de espessura, ocorrendo também níveis argilo-carbonosos contínuos de cor preta-acastanhada com até 15cm de espessura que caracterizam um ambiente de mangues e demonstra ainda uma perturbação tectônica com grande número de falhas de pequeno rejeito, formação de brechas formadas do próprio pacote sedimentar e forte mergulho das camadas argilosas e carbonosas.

De forma geral encontram-se areias quartzosas e sub-arcosianas, grãos de opacos formados por impregnação de óxido de Ferro, com poucos minerais pesados. As argilas caulínicas preponderantes, além de detríticas, ocorrem também como pseudo-matriz nessas areias, devido a argilização dos grãos de feldspatos, não sendo facilmente distinguíveis. Outro componente argilo-mineral é o diamictito.

Existe uma forte semelhança litológica e sedimentológica entre a fácies mais arenosa da Formação Barreiras e a Formação Beberibe, que será descrita posteriormente.



- DEPÓSITOS DE COBERTURA

São sedimentos incoerentes, de granulometria variada formada por cascalho, areias variadas, argilas, limos e vasas que recobrem os sedimentos da Bacia. Inclui-se sob esta denominação as areias brancas que cobrem extensas superfícies dos tabuleiros, produtos de lixiviação de depósitos mais antigos, não sendo consideradas como unidades litoestratigráficas.

Consideram-se ainda os terraços que ocorrem nos vales fluviais além das planícies de inundação atuais e depósitos flúvio-lacustres. Ao longo da costa aparecem terraços marinhos Holocênicos e Pleistocênicos, além de areias de praias, dunas (como as que ocorrem na porção leste da Ilha de Itamaracá) e recifes de arenitos. Na foz de alguns rios encontram-se ainda depósitos de pântanos de mangue e flúvio-lagunares.

A espessura destes depósitos é bastante variável podendo ocorrer de 1 até 36m, existindo sempre o risco de serem confundidos como produto de alteração de sedimentos sobrejacentes.

#### 6.4- RELEVO

O conhecimento litológico e estrutural, em conjunto com o entendimento das feições morfológicas e dos processos dinâmicos de modelamento do relevo atuantes na região, fornece subsídios para a melhor análise dos principais aspectos do meio físico. O clima da região proporciona uma morfogênese típica, onde predominam as alterações intempéricas que atuam de forma diferencial nos diferentes tipos litológicos. De acordo com Mablesone & Silva (1991), sobre o cristalino a ação intempérica é maior (podem ser alteradas até a profundidade de 30m de espessura, geralmente mais de 10m) que na Formação Barreiras, chegando a modificar completamente as propriedades da rocha mãe, existindo indícios de que o embasamento continuou a se alterar sob a formação Barreiras. Depósitos quaternários mais antigos apresentam uma intensa alteração, enquanto que nos mais recentes a mesma ocorre apenas levemente.

Mablesone & Silva (1991), a partir de observações próprias e utilizando informações do Projeto Radam Brasil, estudaram a geomorfologia da área. Segundo estes autores, o relevo da faixa sedimentar costeira e região cristalina adjacente pode ser dividido em três grandes unidades, e apresentam as seguintes características descritas a seguir: 1) as colinas mais ou menos arredondadas aparecendo na faixa sub-litorânea encontradas sobre rochas cristalinas 2)

os tabuleiros costeiros, na zona litorânea, representados por sedimentos da Formação Barreiras e 3) as áreas baixas, nos vales fluviais e ao longo da costa. Coutinho, et al.(1993) individualiza ainda um outro compartimento geomorfológico denominada Domínio colinoso, representados pelas formações Beberibe (Itamaracá), Gramame e Maria Farinha e representavam o relevo formado por pequenas colinas que marcam a passagem entre os tabuleiros costeiros mais a oeste para a planície costeira mais a leste.

As regiões de altas declividades (>30%) são representadas pelas vertentes dos tabuleiros do Barreiras (refletindo o acamamento dos sedimentos, sendo escalonadas e muito características) e morros nos terrenos cristalinos, na porção ocidental da área. Destacam-se ainda as regiões do alto e médio curso dos rios Tabatinga, Conga, Bonança, Utinga, Barro Branco, Paratibe e porção oriental do município de Igarassu entre o Canal de Igarassu e o rio Timbó.

- RELEVO COLINOSO

O relevo de colinas mais ou menos arredondadas (“meia-laranja”) é encontrado sobre as rochas do embasamento cristalino e é denominado de Depressão Pré-Litorânea ou Chãs. A passagem da região de colinas para a região de tabuleiros a leste é gradativa e sem qualquer ruptura de declive. A área é bastante dissecada, devido à umidade regional, em pequenos interflúvios mais ou menos tabulares. As formas são convexizadas, até mesmo pouco tabulares. Processos de rastejamento e coluvionamento são comuns nas encostas. Os vales fluviais são de fundo chato e colmatados por areias. O padrão da rede de drenagem tem caráter mais dendrítico.

- TABULEIROS COSTEIROS

Trata-se de formas com topos largos e planos ou ligeiramente ondulados, limitados por escarpa de erosão, formados pelos depósitos da formação Barreiras, correspondendo à zona de tabuleiros dissecados por vales. Limita-se a leste pela baixada litorânea e a oeste pelas colinas do embasamento cristalino. Ocorrem na área de estudo de forma descontínua, apresentando-se como áreas extensas ou formando “ilhas”. As altitudes variam entre 50 e 100m e são cortadas pelos vales fluviais ora largos, ora estreitos e profundos, normalmente apresentando fundos chatos, dos cursos d’água que formam uma rede de drenagem relativamente paralela, dissecando a região e retalhando-a em forma de pequenas mesas. Sobre estes tabuleiros é

comum a ocorrência de areias brancas, cremes a avermelhadas com seixos de quartzo ferruginizados na base e atingem 1m de espessura ao sul do rio Goiana. Em Paulista, nas proximidades do sítio do pica-pau amarelo é bastante comum a ocorrência desses seixos conglomeráticos.

A saturação em água da Formação Barreiras favorece a ocorrência de solifluxão dando origem a coluviões formados pelo desmoronamento de pequenos morros, principalmente em trechos de talude de inclinação acentuada.

A extensão dos interflúvios tabulares possui menos de 2km, sendo fraco o entalhe da drenagem. Muito dos cursos inferiores dos rios mais importantes ocorrem em linhas de falhas. As planícies aluviais chegam a até 15 km e largura de 4km.

Na formação Barreiras ocorrem processos erosivos induzidos principalmente por corte e/ou desmatamento inadequado, favorecidos pelo caráter friável dos sedimentos, mostrando-se sujeitos a ravinamento acelerado formando grandes voçorocas após evolução da erosão em sulcos. Processos de rastejamento e escorregamento também modelam o relevo, este último provocado pelo movimento de materiais dissolvidos transportados para longe, e argilas que se acumulam em parte no fundo dos vales.

- ÁREAS BAIXAS

Inclui-se nesta unidade as planícies marinhas e fluvio-marinhas quaternárias conseqüências diretas das oscilações no nível do mar durante o Quaternário, com alguma influência tectônica. Segundo Suguio et al. (1985), houve uma alternância de três fases de transgressão e regressão, depois da acumulação da formação Barreiras no início do Pleistoceno. Estas feições nem sempre são contínuas, ficando as ligações restritas à estreita faixa de praias em alguns pontos. A largura máxima da planície chega a 15 km na porção setentrional da área.

Os depósitos marinhos ocorrem em forma de restingas e praias, eventualmente formando estreitos terraços de 2-3m e 8-10m acima do nível do mar atual. Nas praias e mar adentro ocorrem extensas linhas de recifes de arenito, com dureza variável. Os materiais são arenosos e, nos recifes, litificados. As planícies fluvio-marinhas estão presentes nas embocaduras dos rios principais. São geralmente colmatadas por material argiloso, onde ocorrem manguezais.

Segundo Suguio et al. (1985) a costa atual representa a evolução de uma seqüência de eventos que ocorreram no Quaternário. Segundo este autor após a deposição da Formação

Barreiras sob clima semi-árido ocorreu uma transgressão, causando as falésias costeiras, em clima mais úmido. Em novo período semi-árido houve sedimentação da formação continental Pós-Barreiras, em leques aluviais. A penúltima transgressão, há 120.000 anos atrás erodiu os depósitos continentais anteriores. A regressão marinha posterior favoreceu a construção dos Terraços marinhos pleistocênicos, e a última transgressão, há 5.150 anos, ocasionou novas e profundas escavações nos depósitos anteriores. Por fim deltas intralagunares e terraços marinhos holocênicos foram instalados novamente sob condições regressivas.

## 6.5 - SOLOS

Fatores como clima, relevo, vegetação, rocha mãe, organismos e tempo exercem influência sobre os solos de uma dada região como matéria resultante do intemperismo e de processos pedogenéticos (adições, perdas, transformações e translocações). O clima, contudo pode destruir ou mascarar feições sedimentológicas, necessitando que se faça distinção entre o que é sindeposicional ou pós-deposicional diagenético do que é pós-deposicional intempérico, principalmente em regiões de clima quente e úmido.

Segundo Mabesone (1991) os tipos de solos refletem mais a natureza litológica da rocha matriz, inclusive com diferenças de composição granulométrica dentro de uma mesma unidade. No caso da formação Barreiras onde há grande maturidade mineralógica, existe dificuldade de se determinar o limite entre solo (horizontes A,B e C) e o material de origem. Sobre esta formação desenvolvem-se os solos da classe Latossolo, principalmente nos topos planos, em estreita associação com os podzólicos. Como os sedimentos dessa formação são maduros, os solos herdaram várias de suas características físicas, químicas e mineralógicas. Areias cremes e avermelhadas encontradas sobre o Barreiras representam produtos de intemperismo forte, em parte lixiviados, que faz perder suas eventuais estruturas internas.

Sobre as rochas do embasamento cristalino desenvolve-se um regolito, de até 30m de espessura de material argiloso a areno-argiloso, avermelhado, originado pelo intemperismo químico forte e representado por solos podzólicos.

De acordo com o mapeamento de solos desenvolvido pela embrapa, os solos predominantes na região são o latossolo amarelo, Podzólico amarelo e vermelho-amarelo, Podzol, solos de mangue, gleysolos, solos aluviais e areias quartzosas. Solos do tipo vertissolos se desenvolvem sobre os materiais carbonáticos.

Os **latossolos** são produto da remoção de sílica e bases do perfil de solo com aumento de óxido e hidróxido de alumínio e ferro. Trata-se de solos bem desenvolvidos, profundos sem grandes diferenciações de horizontes, quimicamente pobres com valores baixos para a

capacidade de troca de cátions e de saturação de bases e pH variável, em geral bastante ácido. A textura varia de média a argilosa. O quartzo domina a fração areia e a fração silte, que representa menor percentual, enquanto que a fração argilosa é representada por caulinitas bem cristalizadas além de óxidos e hidróxidos de Fe e Al.

Solos **podzólicos** se desenvolvem sobre o substrato cristalino e a Formação Barreiras. São originados pela podzolização que é a translocação do material do horizonte A para o horizonte B textural. Trata-se de um solo bem desenvolvido, física e quimicamente bem mais diversificado que os latossolos. Quando associados aos latossolos da Formação Barreiras, diferem basicamente pelo horizonte B textural, apresentando as mesmas características químicas e qualitativamente a mesma mineralogia.

O solo do tipo **podzol** ocorre sobre os sedimentos arenosos da formação Barreiras e os Terraços Pleistocênicos e Holocênicos. Origina-se pela podzolização, ocorrendo translocação de matéria orgânica ou sesquióxidos do horizonte A para o horizonte B, resultando no B espódico. Este processo apresenta uma forte diferenciação de horizontes e espesso horizonte A formado por areia. Trata-se de material fortemente ácido com baixa capacidade de troca de cátions e saturação de bases. Este processo pode originar areias quartzosas brancas nos morros da fácies fluvial com pouca argila. Possuem até 2m de espessura e comumente são chamados de “coberturas de areias brancas”. Estas areias brancas mostram certos indícios de retrabalhamento eólico de superfície bastante plana.

Sobre os carbonatos da Formação Gramame e Maria Farinha desenvolve-se o **vertissolo**. Trata-se de solos pouco profundos (0,5-1,0m), argilosos com bastante minerais expansivos, que se fraturam quando seco e possuem alta plasticidade e pegajosidade quando úmido, pH variando entre moderadamente ácido, praticamente neutro e moderadamente alcalino, com alta capacidade de troca e saturação de bases.

Solos tipo **areias quartzosas** ocorrem sobre a formação Barreiras e os Terraços Holocênicos e Pleistocênicos. Trata-se de solos profundos a muito profundos com incipiente desenvolvimento, apresentando seqüência de horizonte A e C, com textura arenosa, e valores muito baixos para troca de cátions e saturação de bases.

Nas áreas de planície ocorrem solos do tipo Gley indiscriminados, solos indiscriminados de mangue, solos orgânicos, solos aluviais, areias quartzosas marinhas e podzols.

Os solos tipo **Gley indiscriminados** são hidromórficos, pouco profundos, ácidos, mal drenados, sujeitos a inundações periódicas, sendo originários de sedimentos recentes (Holoceno), formando várzeas que geralmente possuem lençol freático elevado.

Os **Solos Indiscriminados de Mangue** compreendem solos halomórficos, alagados próximo à orla marítima, já sob influência da água e do movimento das marés. São gleyzados, pouco desenvolvidos, com elevado teor de sais, e sedimentos finos que se juntam à matéria orgânica da decomposição de vegetação existente fornecendo alimento para várias espécies animais. Seu melhor uso é a preservação da fauna e da flora.

Os **Solos Aluviais** compreendem solos pouco desenvolvidos, formados por uma seqüência de horizontes de depósitos recentes. A fertilidade natural é variável de baixa a alta, e a reação indica solos ácidos. São solos imperfeitamente drenados, o que os torna sujeitos a inundações periódicas, quando das chuvas mais intensas.

As **Areias Quartzosas Marinhas Distroficas** são excessivamente arenosas e drenadas, muito ácidas de baixa fertilidade natural. Ocorrem na baixada litorânea próximo à orla marítima. Por serem excessivamente drenados, absorvem bem as primeiras chuvas, porém, ao longo do período chuvoso, sofrem problemas de elevação de lençol freático nas áreas mais baixas. Oferecem baixa retenção de umidade e nutrientes, e nas áreas expostas à brisa marítima podem sofrer erosão eólica. Recentemente o uso dessas terras tem interessado mais a atividades urbanas de loteamentos pela proximidade do mar.

## 6.6 - RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS

A unidade geográfica para o planejamento, avaliação e controle dos recursos hídricos adotada no Estado de Pernambuco é a bacia hidrográfica que, eventualmente, pode ser substituída pela região hidrográfica, constituída por um conjunto de duas ou mais bacias, SRH (1998). A área de estudo está compreendida nas Unidades de Planejamento UP1(Bacia Goiana), abrangendo parte dos municípios de Goiana, Araçoiaba, Itaquitinga e Igarassu, e UP14 (Grupo de Bacias GL1) Abreu e Lima, Araçoiaba, Goiana, Igarassu, Itamaracá, Itapissuma, Itaquitinga e Paulista. A rede de drenagem pode ser vista no mapa da figura 8.5, capítulo 8.

Os rios existentes na área estudada possuem grande parte de suas bacias de drenagem contidas na faixa sedimentar costeira, com o escoamento do fluxo nos drenos principais no sentido sudoeste-nordeste e desaguando no Canal de Santa Cruz ou diretamente no Oceano Atlântico, sendo a rede de drenagem relativamente densa. Trata-se de rios litorâneos, em geral de pequena extensão, permanentes, apresentando uma grande variação de nível d'água nos períodos de chuva e de estiagem.

Os cursos d'água de maior importância são: Botafogo-Arataka, Paratibe, Timbó, e Igarassu, todos de classe 2; Itapessoca e Goiana, este último de classe 3 (Classificação

estabelecida por CPRH (2001), de acordo com a resolução CONAMA no. 20 de classificação de água doce, segundo seus usos preponderantes). O rio Timbó tem como principais afluentes o rio Barro Branco e o riacho Desterro. O rio Igarassu tem como principais afluentes os rios Congo, Bonança e Utinga, e deságuam no Canal de Santa Cruz. Existem ainda diversas microbacias que deságuam no Oceano Atlântico e Canal de Santa Cruz. Estas microbacias são também denominadas de “maceiós”, destacando-se o riacho Piabas, rio das Pacas, rio Maceió, rio Paribe e rio Engenho Novo. Muitos maceiós foram aterrados ou transformados em coletores de esgoto e de lixo urbano, conduzindo a poluição até a praia.

Os rios perenes são alimentados pela precipitação pluviométrica e, em terreno sedimentar, pelas restituições subterrâneas durante o período seco, no capítulo 8 será apresentado algumas considerações a respeito.

A bacia do rio Botafogo é a de maior importância para o abastecimento d'água da Região Metropolitana do Recife, que utiliza as águas da Barragem Botafogo cuja capacidade é de 27.600.000 m<sup>3</sup>. Ainda de acordo com este autor, as vazões específicas dos rios totalmente inseridos na planície são relativamente altas e dependem da chuva do trimestre mais seco.

A tabela 6.1 abaixo indica a vazão e vazão específica de alguns rios da região.

Tabela 6.1. Principais rios e suas características hidrológicas.

<b>RIO</b>	<b>ÁREA (km<sup>2</sup>)</b>	<b>VAZÃO (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>VAZÃO ESPECÍFICA (l/s/km<sup>2</sup>)</b>
PARATIBE	43.8	2.14	48.8
BOTAFOGO	14.0	2.38	17.0
BARRO BRANCO	25.9	0.35	13.6

Fonte: SRH- Plano Estadual de Recursos Hídricos, 1998.

O Canal de Santa Cruz constitui um braço de mar de aproximadamente 22km de extensão, localizado entre o continente e a ilha de Itamaracá, sendo considerado como um complexo estuarino.

Nascentes ocorrem com maior frequência na porção centro ocidental do litoral norte, associadas geralmente a vertentes com alta declividade e presença de fontes ou olhos d'água. Muitas dessas áreas tiveram sua vegetação nativa substituída por cultivos, sendo as áreas mais preservadas localizadas na porção central e sul-ocidental do litoral norte e no alto e médio curso dos rios Botafogo-Catucá.

Com relação à salinidade dos cursos d'água, de acordo com o SRH (1998), em geral há uma diminuição da condutividade elétrica (CE) no sentido do fluxo natural dos rios até alcançar o seu curso mais baixo, desconsiderando-se os valores no estuário, devido à

interferência da incursão da maré. No rio Igarassu há uma brusca elevação da salinidade a montante da cidade de mesmo nome, tendo sido atribuída à descarga industrial específica ou influência estuarina. No rio Botafogo, no trecho depois da Vila Araripe, no rio Timbó, a jusante de Abreu e Lima e no arroio Desterro e no Paratibe (no trecho após Paulista), há indicativo de poluição por esgotos domésticos daquelas localidades.

Segundo SRH (1998), aliando-se as informações dos tipos de solos e das análises de água dos cursos de água, verificou-se que descargas com maior teor de sais ocorrem em regiões cobertas por solos arenosos com camadas argilosas mais impermeáveis subjacentes e com sais. Na área de estudo tal fato pode ocorrer com solos do tipo Vertissolos, nos quais a água infiltrada em contato com a argila dilui os sais e, depois de saturada, instala um fluxo subterrâneo que alcança os rios e riachos dias após as chuvas que iniciaram a percolação. Outro fator causador de salinização é a evaporação da umidade dos solos, que deixa sais acumulados na superfície, permitindo que eles sejam carreados para os corpos d'água. Na tabela 6.2. apresentada a seguir, são fornecidos os dados de condutividade elétrica mínima e máxima em diversos rios da região, obtidos pela CPRH no ano de 1997.

Tabela 6.2 . Condutividade elétrica mínima e máxima em  $\mu\text{S}/\text{cm}$  de alguns rios da região no Ano de 1997.

Rio	Jan		Mar		Abr		Mai		Jun		Jul		Ago		Set		Out		Nov	
	m	M	m	M	m	M	m	M	m	M	m	M	m	M	m	M	m	M	m	M
Goiana	124	1247	-	-	152	1413	292	1304	230	954	245	1084	208	1256	220	1430	249	1223	232	1075
Botafogo	160	205	170	335	-	-	65	102	-	-	-	-	-	-	-	-	221	224	286	694
Igarassu	120	521	116	285	-	-	100	189	-	-	123	248	-	-	-	-	110	1630	126	2430
Canal Sta. Cruz	>20 mil	>20 mil	>20 mil	>20 mil	-	-	>20 mil	>20 mil	-	-	>20 mil	>20 mil	-	-	-	-	>20 mil	>20 mil	>20 mil	>20 mil
Timbó	136	433	-	-	149	403	-	-	-	-	396	664	196	302	-	-	177	458	200	600
Paratibe	217	e	-	e	161	e	-	E	e	e	189	e	190	e	-	e	-	e	-	e

Fonte:SRH, 1998. Obs: m=Valores mínimos ; M= Valores máximos.

Observa-se que há uma variação sazonal em todos os curso d'água e que as diferenças entre os valores máximos e mínimos encontrados são maiores para o rio Goiana. Em geral, os valores de CE excedem 100 microSiemens/cm, valor considerado bom para a potabilidade da água.

## 7. HIDROGEOLOGIA

De acordo com as características litoestratigráficas e estruturais da área de estudo, apresentadas no capítulo anterior, destaca-se a ocorrência de dois grandes Domínios que são o das rochas do embasamento cristalino e o dos sedimentos e rochas sedimentares da sub-bacia



Olinda. Neste último domínio é possível distinguir quatro aquíferos que, regionalmente pode ser considerado como um único sistema aquífero devido à estreita interconexão hidráulica entre os mesmos. Contudo, em função das características hidrogeológicas destes aquíferos apresentarem localmente feições próprias, os mesmos serão abordados separadamente e serão denominados conforme as formações geológicas que lhes representam da seguinte forma:

- Depósitos de Cobertura
- Barreiras
- Gramame/Maria Farinha
- Beberibe/Itamaracá

## 7.1 GEOMETRIA DOS AQUÍFEROS

Para análise da geometria dos aquíferos da região, foram elaborados oito perfis geológicos, apresentados nas figuras 7.1 a 7.7, sendo seis no sentido oeste-leste (Perfis 1,2,3,4,5, e 6), cortando transversalmente a direção das camadas, e dois no sentido sul-norte na mesma direção das camadas (Perfis 7 e 8), cujos posicionamentos podem ser visualizados no mapa geológico apresentado na figura 6.7 do capítulo 6 . Utilizou-se para confecção dos perfis geológicos um total de 116 poços. Ressalta-se que nem sempre a denominação dada à litologia pelo amostrador de poço coincidiu com a descrição dada pela autora. A razão principal para estas divergências diz respeito ao entendimento sobre a interpretação estratigráfica, principalmente quando se trata das Formações Beberibe, Itamaracá e Gramame, bem como da possibilidade de correlação com poços vizinhos o que possibilita uma maior compreensão da litologia encontrada de forma mais clara.

A escolha da localização dos perfis em mapa deve-se a dois fatores: melhor visualização dos pacotes sedimentares e existência de poços com informações mais confiáveis. Os perfis 1 a 6 representam melhor o comportamento das diferentes litologias depositadas ao longo da bacia, pois cortam perpendicularmente a direção das camadas e, os perfis 7 e 8 pretendem visualizar a variação da geometria dos pacotes sedimentares no sentido sul para norte. Os poços considerados mais confiáveis são aqueles que foram posicionados por GPS, tal como os poços da Compesa e aqueles cuja localização pode ser confirmada pelo endereço dos mesmos, a exemplo dos poços presentes em instituições públicas e privadas de localização conhecida como penitenciárias, manicômios, indústrias, conjuntos habitacionais, entre outros.

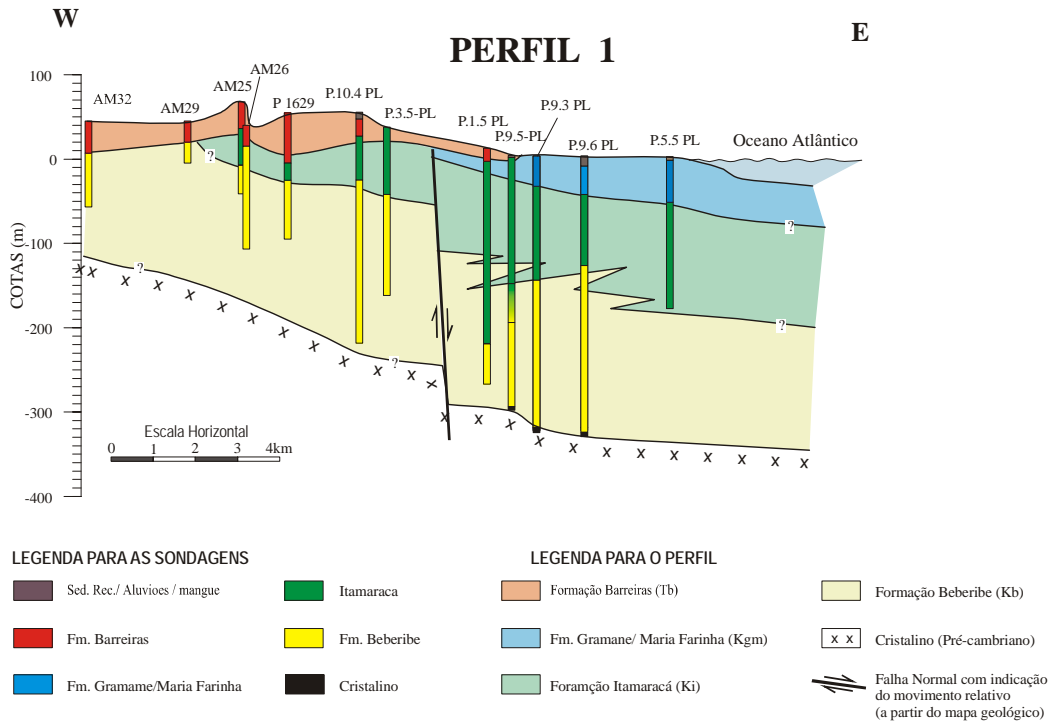


Figura 7.1 . Perfil geológico de número 1 elaborado a partir de perfis litológicos de poços tubulares.

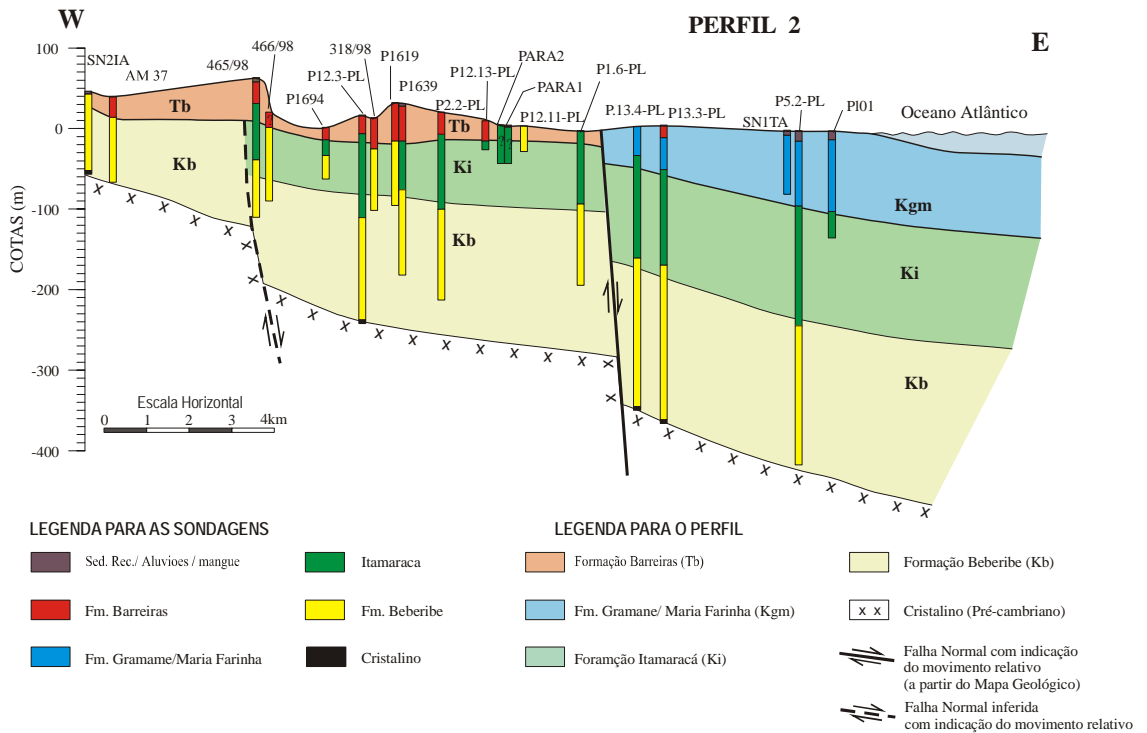


Figura 7.2 . Perfil geológico de número 2 elaborado a partir de perfis litológicos de poços tubulares.

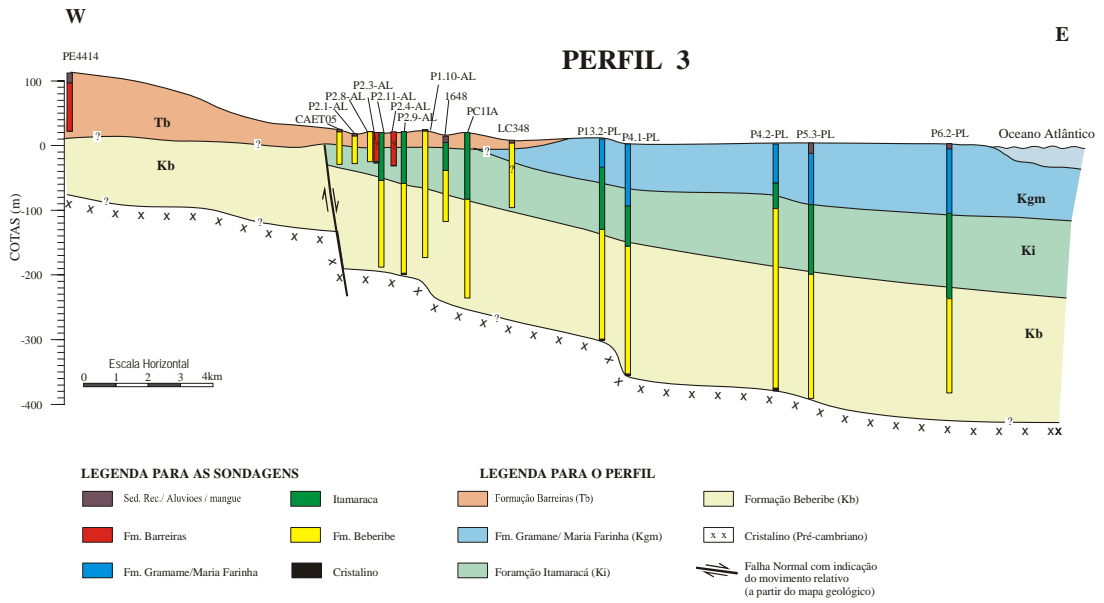


Figura 7.3. Perfil geológico de número 3 elaborado a partir de perfis litológicos de poços tubulares.

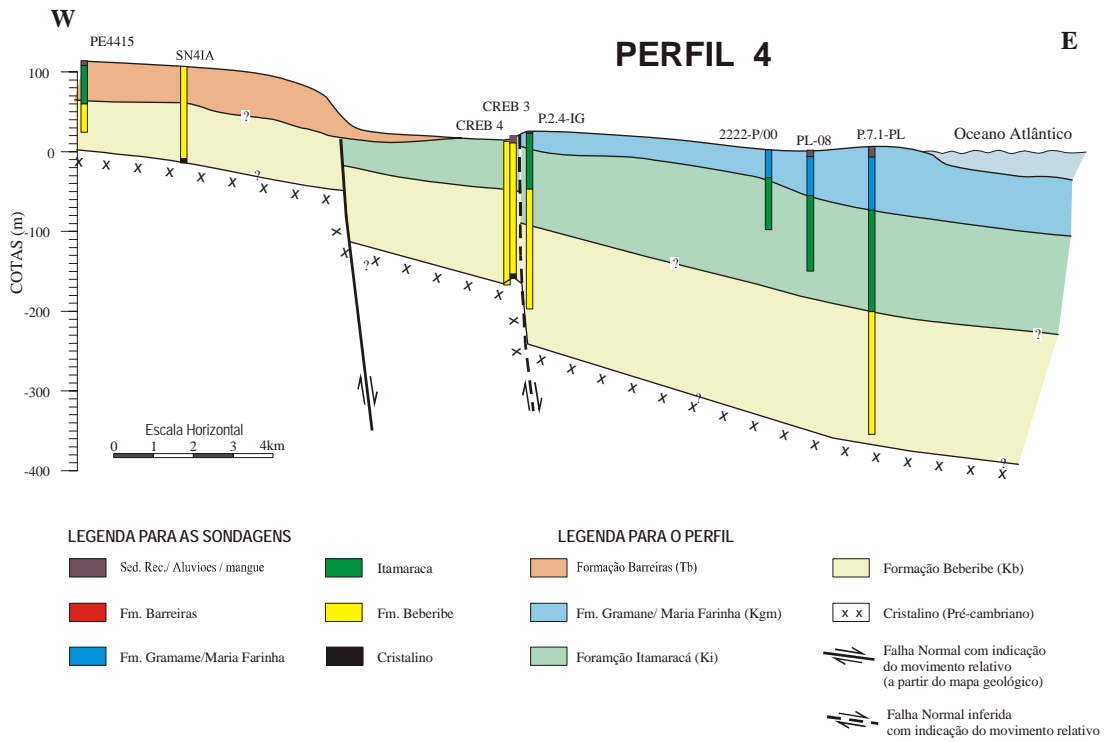


Figura 7.4. Perfil geológico de número 4 elaborado a partir de perfis litológicos de poços tubulares.

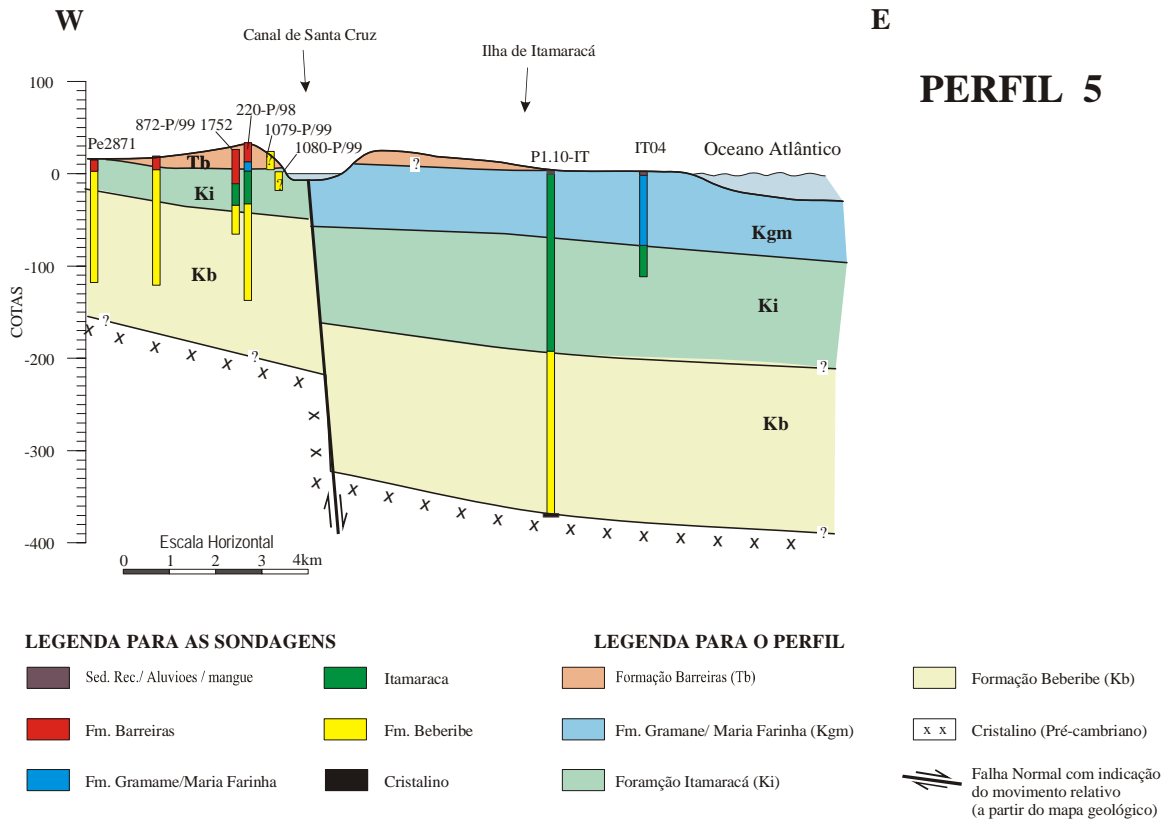


Figura 7.5. Perfil geológico de número 5 elaborado a partir de perfis litológicos de poços tubulares.

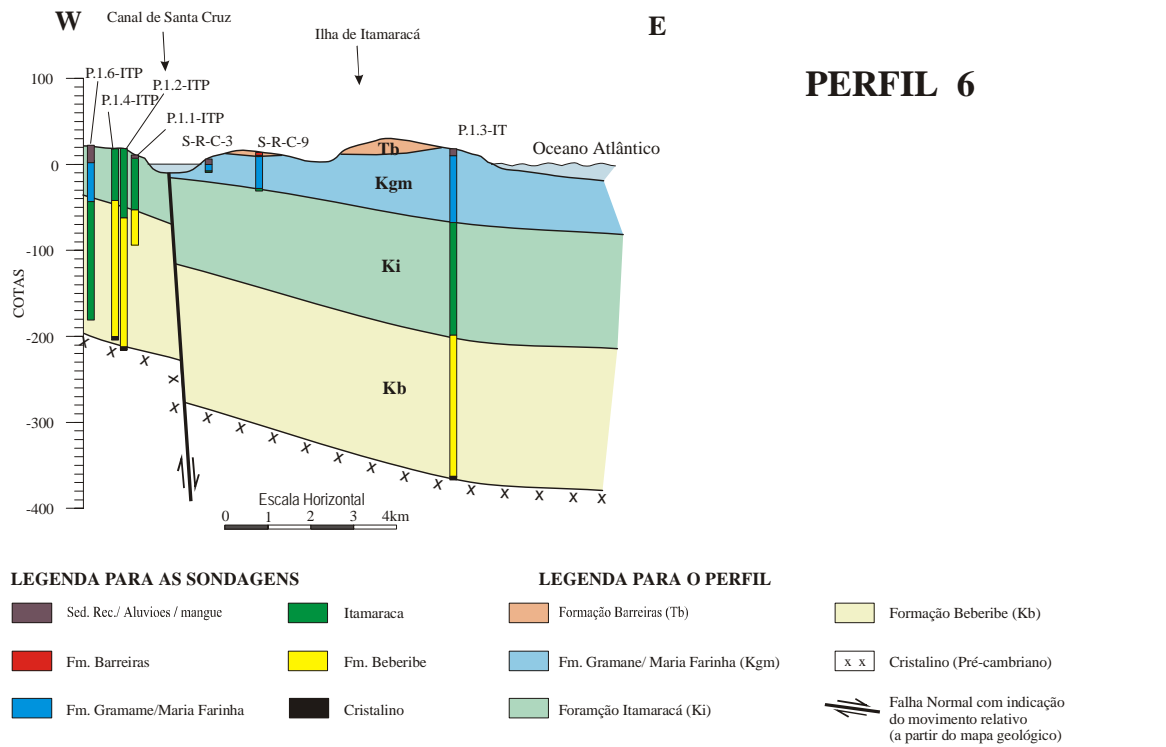


Figura 7.6. Perfil geológico de número 6, elaborado a partir de perfis litológicos de poços tubulares.

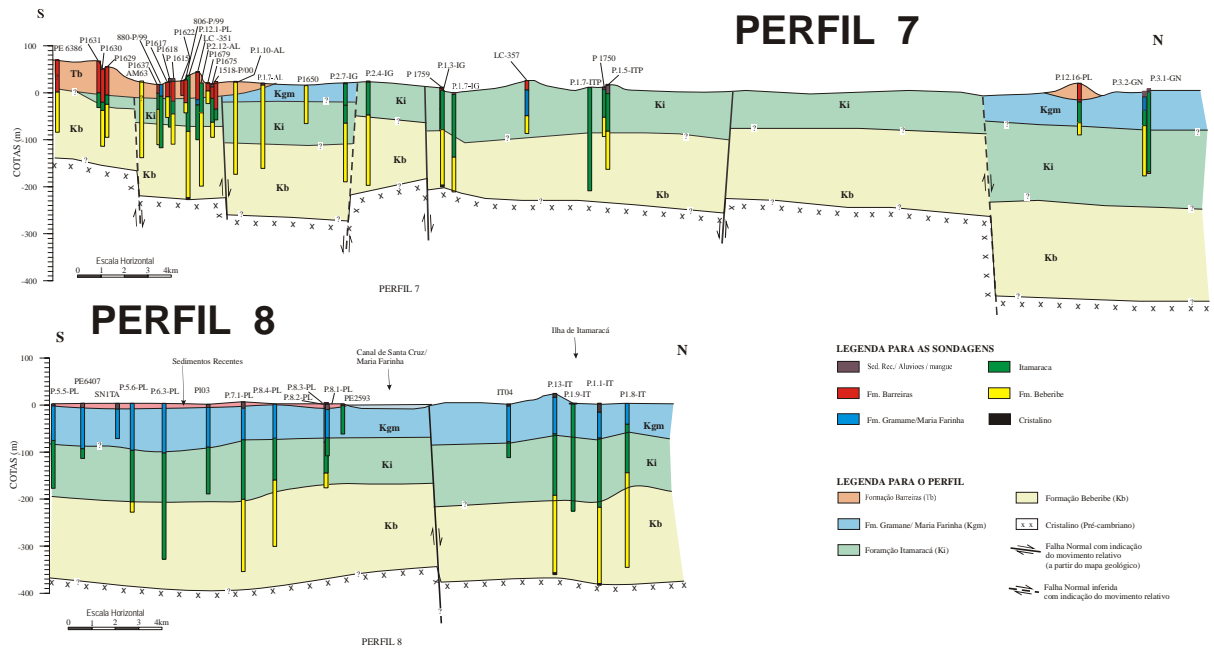


Figura 7.7. Perfis geológicos de números 7 e 8 elaborados a partir de perfis litológicos de poços tubulares.

Para a elaboração dos perfis geológicos utilizou-se as seguintes ferramentas: descrições dos perfis litológicos dos poços de abastecimento de água e alguns piezômetros (feitas pelos responsáveis de cada poço) e análise dos mapas geológicos da área. Muitas dificuldades foram encontradas para a elaboração dos perfis geológicos, devendo-se destacar as formas diferenciadas de descrição dos perfis litológicos, elaboradas por geólogos ou técnicos de sonda.

A análise dos perfis elaborados permite tecer as seguintes considerações:

- Os pacotes de sedimentos possuem maior espessura quanto mais próximos estiverem da linha de costa, apresentando por vezes pequenas variações na declividade. Todo o conjunto apresenta suave mergulho para leste.
- Os sedimentos das formações Beberibe, Itamaracá e Gramame/Maria Farinha, sofreram uma série de falhamentos no sentido NE, SW e NS, prevalecendo as primeiras. Foi considerada, para melhor composição dos perfis analisados, a existência de outras falhas além daquelas mapeadas por Alheiros (1991), o que, caso sejam comprovadas, evidenciariam que a região tenha sofrido maiores esforços tectônicos, resultando em uma série de blocos.
- Não foi possível constatar a tendência de redução da espessura dos sedimentos das Formações Beberibe/Itamaracá no sentido sul-norte, a partir dos perfis geológicos elaborados, contudo, o mapa de isópacas do Beberibe permite a visualização deste fato, conforme será descrito posteriormente.

- Há poços cujo perfil litológico mostra intercalações de arenitos calcíferos com arenitos não calcíferos, das formações Itamaracá e Beberibe respectivamente, o que pode evidenciar interdigitações dessas duas formações, conforme podem ser vistas nos perfis 1 e 3, sendo ainda possível ocorrer tal interdigitação com maior frequência, mas não ter sido detectado pelas amostras de calha (Fica evidenciado nos perfis, que é comum a identificação da amostra de calha como arenitos não calcíferos, pertencentes à formação Beberibe, sendo que seria mais coerente do ponto de vista da geologia, identificá-los como pertencentes à formação Itamaracá (calcíferos)). A explicação para este fato pode ser a não utilização, por parte do amostrador, de ácido para identificar o componente carbonático das amostras, o que pode acarretar consequências graves para a parte construtiva dos poços pois nesse caso não será possível isolar a captação de água dos níveis não calcíferos das águas mais duras dos níveis calcíferos, comprometendo assim a qualidade da água do poço.
- A ocorrência de níveis não calcíferos identificados nas amostras de calha como níveis calcíferos, também pode ocorrer em função de contaminação das amostras das partes mais inferiores do poço pela amostra das partes mais superiores.
- Observando-se os perfis 1, 2, 4, 5, 6 e 7, a Formação Gramame apresenta-se limitada por falhamentos que a coloca em contato lateral com os arenitos da Formação Itamaracá.
- Nos blocos altos, relativos às falhas que cortam os sedimentos da bacia, não se observa a presença da Formação Gramame, o que pode sugerir duas hipóteses: ou o calcário gramame ocorre como pequenas ilhas não mapeadas em escala regional, ou todo o calcário teria sido erodido.

A tabela 7.1 sintetiza as espessuras das camadas dos aquíferos encontrados na área de estudo. As discrepâncias entre os valores encontrados nos poços cadastrados e os valores apresentados na bibliografia, estão relacionadas aos seguintes fatores: A interdigitação entre os aquíferos nem sempre é possível de ser detectado nos perfis litológicos de poços interpretados unicamente por amostras de calha; Há muita confusão na literatura sobre a litologia (ou fácies distintas) que caracteriza as formações Gramame, Beberibe e Itamaracá, conforme já mencionado; Os sedimentos carbonáticos encontrados nas Formações Maria Farinha, Gramame e Itamaracá não podem ser facilmente distinguíveis apenas com amostras de calha; é difícil diferenciar, em amostras de calha, os sedimentos de cobertura do material resultante de alteração intempérica das formações aflorantes.

Tabela 7.1. Espessura máxima, média e mínima dos aquíferos presentes na área de estudo, de acordo com perfis litológicos dos poços tubulares cadastrados.

ESPESSURA	DEPÓSITO COBERTURA	BARREIRAS	GRAMAME/MARIA FARINHA	ITAMARACÁ	BEBERIBE
Máxima (m)	36	88	158*	200**	278
Média (m)	7,9	38,9	49,73	65,28	97,91
Mínima (m)	2	3	5	1	4

\*Obs: Foram identificados 220m de calcários cinza e creme no poço de número 151, contudo este número foi desconsiderado, pois existe a probabilidade de estar sendo amostrado a Formação Itamaracá A grande maioria dos autores admite uma espessura máxima de 150m .

\*\*obs: Admite-se a espessura máxima de 200m, desconsiderando-se alguns poços de representatividade duvidosa.

Para dirimir as dúvidas a respeito dos valores absolutos da espessura das camadas e conseqüentemente da geometria dos aquíferos seria necessário que se complementasse a pesquisa utilizando-se de métodos mais eficazes como a perfilagem geofísica nos poços e perfis geofísicos transversais e longitudinais ao longo da bacia.

Além da elaboração dos perfis geológicos descritos acima, foram confeccionados os mapas de isópacas do Beberibe, apresentado na figura 7.8 e o mapa de contorno estrutural, apresentado na figura 7.9 a seguir. Os dados utilizados na elaboração destes mapas encontram-se em anexo 2.

A análise do mapa de isópacas do Beberibe permite visualizar o aumento da espessura do aquífero não apenas no sentido oeste para leste, conforme demonstrado nos perfis, mas também no sentido de norte para sul , atingindo mais de 400m na área próxima à costa entre Abreu e Lima e Paulista a sul, e apenas 160m na região norte. Nota-se ainda uma maior declividade na porção sul próxima à costa, em concordância com o mapa de contorno estrutural do embasamento cristalino, que será descrito adiante.

O mapa de contorno estrutural do cristalino, mostra que a superfície do topo do cristalino apresenta-se com uma certa regularidade e uniformidade, com declividade média de 13m/km na direção leste, sendo que próximo à cidade de Igarassu e entre as cidades de Abreu e Lima e Paulista há uma indicação da ocorrência de um patamar na estrutura do embasamento, podendo estar refletindo o alto estrutural que passa em Abreu e Lima e foi descrito por Amaral (1977), conforme já mencionado. Há ainda uma tendência a aumento de declividade da superfície do embasamento na porção sul, mais próximo à linha de costa.

Deve-se salientar que na porção sul da área existe maior número de poços em relação à porção norte, e os mesmos não se encontram espaçados uniformemente, podendo mascarar os resultados.

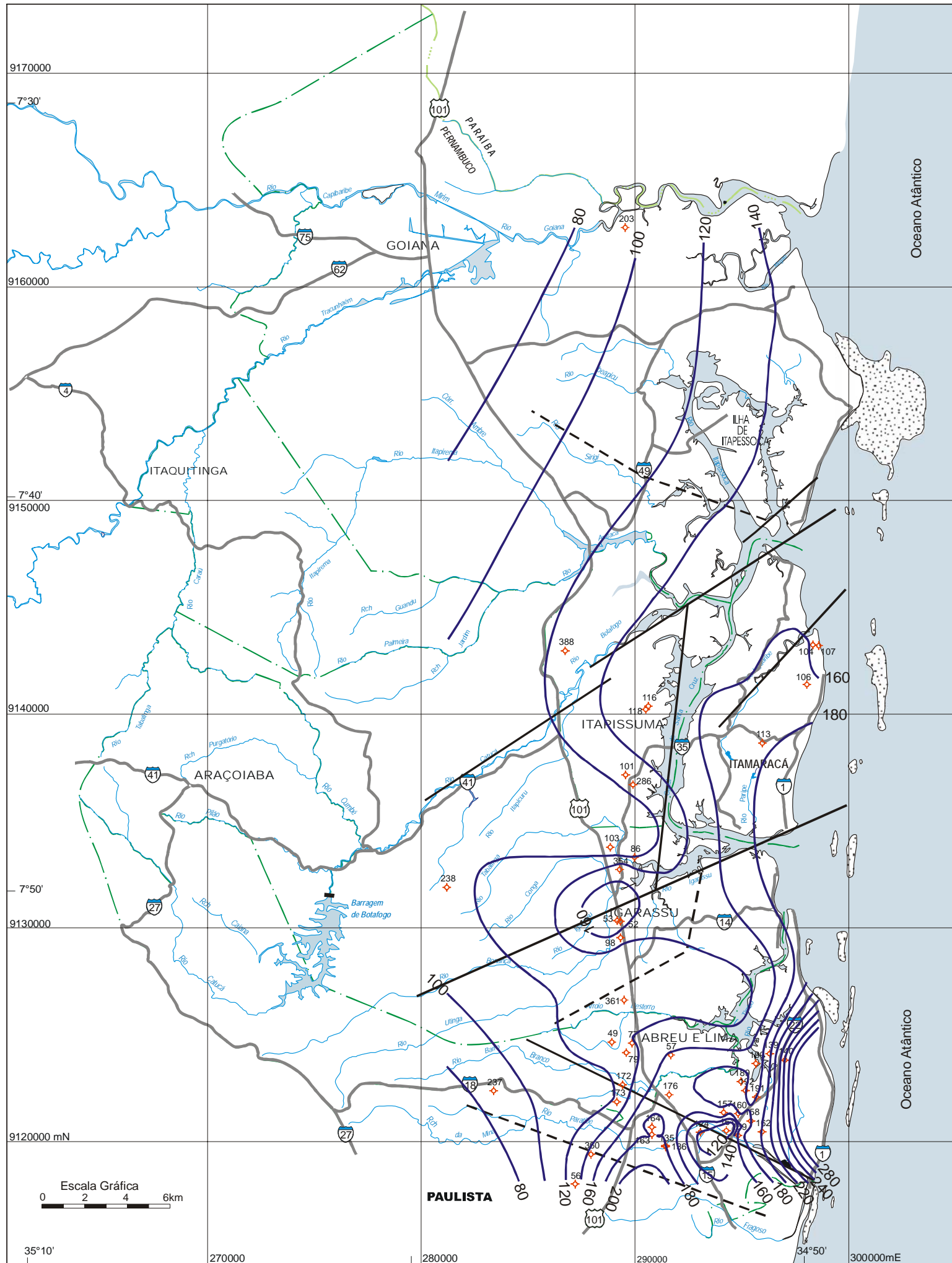









Figura 7.8 - Mapa de Isópachas do Aquífero Beberibe

### LEGENDA

- |   |  |   |                                   |
|---|--|---|-----------------------------------|
|  | Linha de mesma espessura e seu valor em metros                           |  | Rede de drenagem                  |
|  | Poço utilizado no traçado das isópachas e seu número de ordem            |  | Rodovia estadual e sua designação |
|  | Falha Geológica, quando tracejada inferida através dos perfis geológicos |  | Rodovia federal e sua designação  |
|   |  |  | Limite Municipal                  |



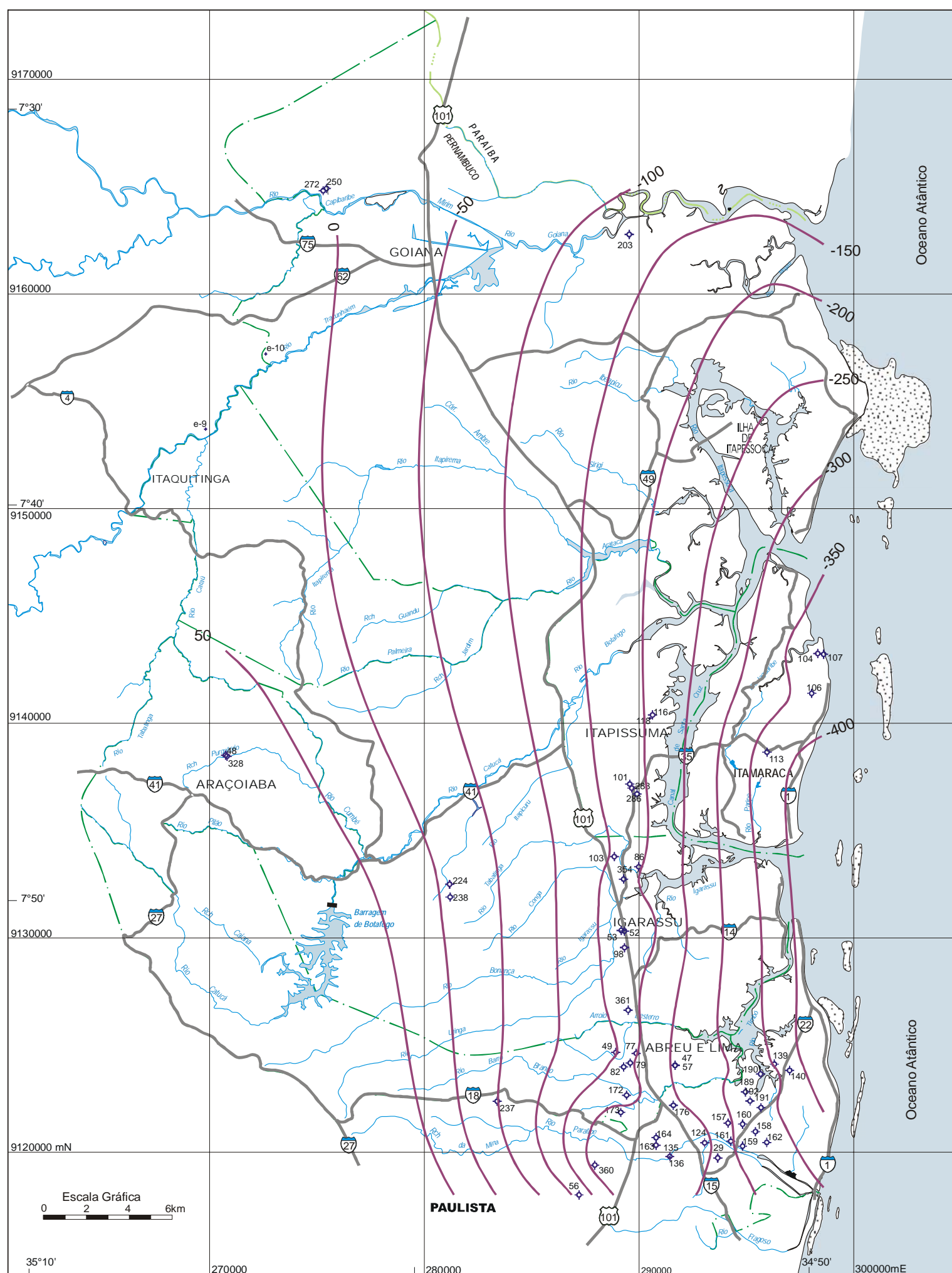


Figura 7.9 - Mapa de Contorno Estrutural do Cristalino

#### LEGENDA



Linha de mesma cota de topo do embasamento cristalino e seu valor em metros

54

Poço utilizado no traçado do contorno estrutural do cristalino e seu número de ordem



Rede de drenagem



Rodovia estadual e sua designação



Rodovia federal e sua designação



Limite Municipal

## 7.2. ASPECTOS LITOLÓGICOS E PARÂMETROS HIDRÁULICOS

A seguir serão descritas as principais características litológicas de cada unidade aquífera, bem como os parâmetros hidráulicos representativos dos mesmos. Como característica comum destes aquíferos pode-se dizer que seus exutórios são representados pelos rios, oceano e exutórios temporários, tais como as fontes que ocorrem, principalmente, em época chuvosa e que predominam no aquífero Barreiras.

### Depósitos de Cobertura

Os sedimentos inconsolidados de granulometria variável, geralmente arenosos ou cascalhosos, apresentam variação litológica tanto lateral quanto verticalmente, e é comum a ocorrência de intercalações argilosas e de matéria orgânica. Constituem aquíferos intersticiais, de porosidade e permeabilidade variável em função da heterogeneidade litológica, representados por depósitos eluviais, cordões de dunas, terraços e aluviões, que ocorrem principalmente ao longo da planície costeira e nos vales fluviais entalhados na Formação Barreiras, além das coberturas residuais areno-argilosas resultantes de alteração intempérica sobre as rochas do embasamento cristalino.

Trata-se de aquífero do tipo livre, limitados na base ora pelos depósitos da Formação Barreiras, ora pelos depósitos do Grupo Paraíba, ou ainda pelas rochas do embasamento cristalino. Em função da pouca espessura (geralmente inferior a 36m, mas há registro da ocorrência de depósito de 70m, podendo estar sendo confundido como produto de alteração de depósitos sobrejacentes, Batista (1984), DNPM (2001)) e extensão limitada, sem continuidade lateral, estes aquíferos são de baixa potencialidade apesar de serem utilizados para uso doméstico através de captações do tipo poços rasos e cacimbas. A recarga é feita por precipitação pluviométrica e a sua superfície potenciométrica, segundo dados da literatura, está relacionada em geral com os níveis d'água dos rios da região. Segundo Batista (1984), a condutividade hidráulica deste aquífero na planície do Recife é bastante variável com valores entre  $8,13 \times 10^{-4}$  m/s e  $4,0 \times 10^{-7}$  m/s.

### Barreiras

Trata-se de sedimentos areno-argilosos não consolidados com intercalações argilosas e níveis arenosos grosseiros que compõem a Formação Barreiras. Apresentam-se por vezes sotoposto ou em contato lateral com os depósitos de cobertura e podem ocorrer ora recobrimdo as rochas

do embasamento cristalino (porção oeste da área de estudo), constituindo uma faixa mais ou menos contínua, ora recobrando o aquífero Beberibe/Itamaracá ou Gramame/Maria Farinha, na porção leste, onde formam ilhas, principalmente nas áreas mais próximas à costa. Independentemente de estarem ou não sotopostos ao aquífero de Cobertura, este aquífero é do tipo livre, podendo localmente apresentar-se semi-confinado em função da ocorrência de fácies mais argilosas intercaladas às fácies mais arenosas da formação, sendo que até o momento ainda não existe um mapeamento detalhado destas fácies distintas.

A superfície potenciométrica deste aquífero está condicionada à superfície topográfica da região onde o mesmo ocorre. Em função da heterogeneidade faciológica destes sedimentos, a sua porosidade e permeabilidade são também variáveis, de boa a regular. Batista (1984) encontrou na área da planície do Recife um valor de condutividade hidráulica do aquífero de  $1,54 \times 10^{-6}$  m/s, sendo considerada relativamente baixa. A transmissividade média baseada na interpretação de 12 ensaios de bombeamento por Costa (1998), é de  $1,77 \times 10^{-3}$  m<sup>2</sup>/s, com valor máximo de  $4,05 \times 10^{-3}$  m<sup>2</sup>/s e mínimo de  $3,61 \times 10^{-4}$  m<sup>2</sup>/s. Sabendo-se da heterogeneidade da formação considera-se que o valor da condutividade hidráulica pode ser bastante discrepante em função da fácies captada.

A sua importância como aquífero é negligenciada em função da ocorrência de outro aquífero mais produtivo como o Beberibe/Itamaracá, descrito no item a seguir. Na porção oeste da área de estudo, a sua exploração é mais intensa e a produtividade dos poços é considerada média com valores de vazões médias de 4-5m<sup>3</sup>/h, podendo atingir até 16m<sup>3</sup>/h (Costa, 1998) havendo registro inclusive de poços que captam água do Barreiras para engarrafamento como água mineral, DNPM (2001).

A recarga é feita diretamente a partir da precipitação pluviométrica, ou por infiltração a partir dos Depósitos de Cobertura. Nos locais onde o Barreiras encontra-se sobreposto aos sedimentos da Formação Beberibe/Itamaracá, e principalmente em áreas onde predominam os sedimentos arenosos, suas águas recarregam o aquífero sotoposto.

#### Gramame/Maria Farinha

Os depósitos sedimentares destas duas Formações são constituídos predominantemente por rochas carbonáticas (calcários puros, calcários argilosos, margas e calcários arenosos), com intercalações de níveis argilosos, que sofreram processos tectonogênicos, resultando em fraturas e fissuras, em geral de direção N-S, favorecendo a ocorrência deste aquífero cárstico-fissural. Em função da semelhança litológica e do contato

concordante entre estas duas unidades geológicas, as mesmas compõem um único sistema aquífero.

Encontra-se limitado no topo por sedimentos da Formação Barreiras, e na base pela Formação Itamaracá ou Beberibe, sendo considerado nesse caso como semi-confinado, ou pode ser do tipo livre nas áreas onde afloram (grandes afloramentos são encontrados na Ilha de Itamaracá). A associação deste aquífero com falhamentos permite um contato lateral do mesmo com as Formações Barreiras, Itamaracá e até mesmo Beberibe, como pode ser visto nos perfis geológicos apresentados nas figuras 7.1 a 7.7. Ocorrem alinhados ao longo da costa do vale do rio Paratibe até próximo à margem direita do rio Goiana. A leste, mergulham em direção ao mar e a oeste encontram-se em contato ora com os sedimentos do Barreiras, ora com as Formações Beberibe ou Itamaracá.

Segundo DNPM (2001) os poços que captam águas deste aquífero apresentam baixa produtividade, com vazões em torno de  $1\text{m}^3/\text{h}$ .

#### Beberibe/Itamaracá

Os arenitos carbonáticos e calcarenitos da Formação Itamaracá ocorrem sobrepostos aos arenitos friáveis, de granulação variável, não-carbonáticos com níveis conglomeráticos basais e intercalações siltico-argilosas da Formação Beberibe. A formação Itamaracá pode apresentar-se com intercalações de camadas de argila cinza a argila verde, níveis de calcários ou menos freqüentemente níveis conglomeráticos.

Lateralmente pode ocorrer interdigitação das duas formações e a passagem vertical em geral é gradual e marcada pela presença de um aquítarde horizontal e semipermeável siltico-argiloso, sem continuidade lateral, com espessura em geral inferior a 20m (nos poços cadastrados na área de estudo, encontra-se um valor médio de 8m, sendo que o poço de número 140 apresenta espessura de 70m de material argiloso escuro entre as duas formações) e permeabilidade de  $10^{-9}$  m/s (Alvarez et al., 1980). As Formações Itamaracá e Beberibe a leste adentram em direção ao mar e a oeste podem ocorrer interdigitando-se, ou estar em contato lateral com a Formação Barreiras ou com o embasamento cristalino, no caso do aquífero Beberibe na borda oeste da bacia.

As Formações Beberibe e Itamaracá são abordadas neste estudo como sub-sistemas aquífero, que hidráulicamente apresentam uma interconexão, influenciada pela diferença de carga hidráulica existente, e pela permeabilidade do aquítarde. A drenança de um sub-sistema para outro representava inicialmente, um fluxo ascendente (do Beberibe para o Itamaracá),

mas posteriormente após os intensos bombeamentos do aquífero Beberibe este fluxo, em vários locais inverteu o sentido passando a ocorrer fluxo descendente (do Itamaracá para o Beberibe) conforme sugerido por vários autores (ex: DNPM,2001; Cruz et al., 1978 França & Capucci, 1978). Neste trabalho, em função da quantidade limitada de informações de poços que captavam apenas o aquífero Itamaracá, não foi possível analisar tal comportamento.

Tanto o Itamaracá quanto o Beberibe são considerados semi-confinados, o primeiro limitado no topo ora pelos sedimentos carbonáticos das Formações Gramame e Maria Farinha, ora pelos sedimentos areno-argilosos da Formação Barreiras, e na base pelo aquítarde referido acima; o segundo está limitado na base pelo substrato impermeável do embasamento cristalino e no topo pelo aquítarde síltico-argiloso que separa os dois subsistemas. Conforme já mencionado, em função da falta de continuidade lateral do aquítarde, em algumas regiões, o sistema aquífero Itamaracá/Beberibe pode ser analisado com um único sistema aquífero semiconfinado.

Deve-se ainda considerar as áreas onde o Beberibe aflora, conferindo-lhe características de aquífero livre. Segundo CPRH (2001), a área de afloramento do Beberibe/Itamaracá é de 79,2 km<sup>2</sup>, sendo distribuídos percentualmente nos municípios de acordo com a tabela 7.2 apresentada a seguir.

Tabela 7.2 Área de afloramento das Formações Beberibe e Itamaracá nos respectivos municípios.

<b>Município</b>	<b>Abreu e Lima</b>	<b>Goiana</b>	<b>Igarassu</b>	<b>Itapissuma</b>	<b>Paulista</b>
ÁREA (km <sup>2</sup> )	1,089	14,7574	32,4854	29,7897	1,0955

Fonte: CPRH (2001).

Segundo Gimena et al. (1978), baseado em estudos de datação a partir de Trítio e C14, as águas que fluem neste aquífero, nas suas partes mais profundas próximo à costa, são muito antigas (até 20.000 anos) sendo consideradas pelo autor como praticamente estacionárias.

A base da Formação Beberibe geralmente apresenta os níveis mais grosseiros e menos argilosos, representando assim a melhor produtividade e, portanto melhor área de captação nesta formação. Contudo, níveis conglomeráticos podem ser encontrados nas porções mais superiores, aflorando ao longo do rio Paratibe, nas proximidades do engenho Japumin ou ainda nas proximidades do sitio do pica-pau amarelo em Paulista.

Segundo Batista (1984) o coeficiente de armazenamento do aquífero Beberibe é de  $5,20 \times 10^{-4}$ . Neste trabalho o valor de condutividade hidráulica média do Beberibe, que pode ser considerado como representativo, levando-se em consideração a espessura média e a Transmissividade média do aquífero, é de  $8,85 \times 10^{-6}$  m/s.

Através de testes de bombeamento realizados na época da perfuração de 52 poços tubulares cadastrados, o valor médio da Transmissividade do aquífero Beberibe (calculado pelos responsáveis pela perfuração) foi de  $1,77 \times 10^{-3}$  m<sup>2</sup>/s, com valores máximo e mínimo de  $8,8 \times 10^{-3}$  m<sup>2</sup>/s e  $8,9 \times 10^{-5}$  m<sup>2</sup>/s, cujo desvio padrão é de  $1,24 \times 10^{-3}$  m<sup>2</sup>/s. Da mesma forma para o aquífero Itamaracá o valor médio encontrado foi de  $2,2 \times 10^{-3}$  m<sup>2</sup>/s, sendo o valor máximo de  $4,94 \times 10^{-3}$  m<sup>2</sup>/s e o valor mínimo de  $6,75 \times 10^{-4}$  m<sup>2</sup>/s, com desvio padrão de  $1,13 \times 10^{-3}$  m<sup>2</sup>/s.

Percebe-se que os valores de transmissividade do aquífero Itamaracá estão bastante próximos dos valores encontrados para o aquífero Beberibe.

O mapa da figura 7.10 mostra a variação da transmissividade do aquífero Beberibe. Este mapa foi elaborado a partir de valores obtidos dos 52 poços mencionados anteriormente, sendo em sua maioria de propriedade da Compesa. Optou-se por elaborar um mapa de transmissividade com isolinhas de  $10^{-3}$  e  $10^{-4}$  m<sup>2</sup>/s, devido ao pequeno número de informação e em função de melhor visualização para a sua interpretação. Percebe-se que o valor predominante é maior que  $1 \times 10^{-3}$  m<sup>2</sup>/s excetuando-se pequenas áreas, cuja transmissividade é de  $10^{-4}$  e  $10^{-5}$  m<sup>2</sup>/s. Sabendo-se que a espessura do aquífero Beberibe aumenta no sentido oeste-leste, era de se esperar, considerando a mesma condutividade hidráulica para todo o aquífero, valores crescentes de Transmissividade no sentido oeste-leste. Assim, considerando que não foi observada esta tendência, pode-se dizer que a condutividade hidráulica do aquífero Beberibe apresenta valores diferenciados, justificados por sua heterogeneidade litológica, ou que a má construção dos poços esteja influenciando nos valores calculados de transmissividade.

Ainda com relação ao mapa, percebe-se que a medida de transmissividade em alguns poços pode estar sendo influenciada pela proximidade de falhas geológicas, conforme pode ser constatado na figura 7.10.

Do total de poços cadastrados nesta pesquisa 10,8% captam água simultaneamente dos aquíferos Beberibe e Itamaracá, 8,76% captam água do Itamaracá e 40,46% captam apenas o Beberibe.

Levando-se em consideração apenas os dados dos poços cadastrados, a tabela 7.3 apresentada a seguir mostra as suas principais características. As vazões dos poços variam em

função de diversos fatores como características construtivas do poço, tipo de equipamento utilizado no bombeio e também dos parâmetros hidrogeológicos das formações captadas, podendo ocorrer vazões de 1 a 218 m<sup>3</sup>/h.

Tabela 7.3. Principais características dos poços tubulares que captam os aquíferos Beberibe, Itamaracá ou simultaneamente Beberibe/Itamaracá.

AQÜÍFERO	Nº. Poços	Profundidade (m)			NE (m)	Vazão m <sup>3</sup> /h	
		Média	Míni ma	Máxi ma		Média	Máxima
BEBERIBE	109	255.69	54	396	1-83	51,34	218
ITAMARACÁ	20	139.42	29	337	1.99-40.93	56,05	198
BEBERIBE/ITAMARACÁ	32	193.45	74	391	2,6-78.5	53,53	120

Como os dados de vazão de produção ajustaram-se a uma distribuição gaussiana foi feita uma comparação dos valores médios, utilizando o teste t. O resultado demonstrou que não há diferenças significativas entre as vazões de produção dos poços que captam os aquíferos Beberibe e Itamaracá. Há várias razões que poderiam justificar essa semelhança, uma delas seria a transmissividade dos aquíferos, e como visto anteriormente, os valores médios registrados são bastante próximos (Beberibe=  $1,77 \times 10^{-3}$  m<sup>2</sup>/s; Itamaracá=  $2,2 \times 10^{-3}$  m<sup>2</sup>/s). Contudo, na bibliografia normalmente encontra-se que os poços que captam o Itamaracá são em média mais produtivos do que os que captam o Beberibe, porém, nos trabalhos consultados não fica evidenciado como os autores chegaram a essa conclusão.

De acordo com estudos realizados por França & Capucci (1978), a reserva de água do Beberibe foi estimada em  $10 \times 10^9$  m<sup>3</sup>. A recarga é feita principalmente por infiltração direta da precipitação pluviométrica nas áreas onde há afloramento do Beberibe ou secundariamente por filtração vertical descendente a partir da Formação Barreiras sobreposta. Considera-se ainda que alguns trechos de rios podem ser influentes, apesar de não poder ser confirmado neste trabalho. Há ainda a possibilidade de drenança do aquífero Itamaracá sobreposto, conforme já mencionado.

Em virtude da existência de poços que captam água do aquífero cristalino o mesmo será também descrito.

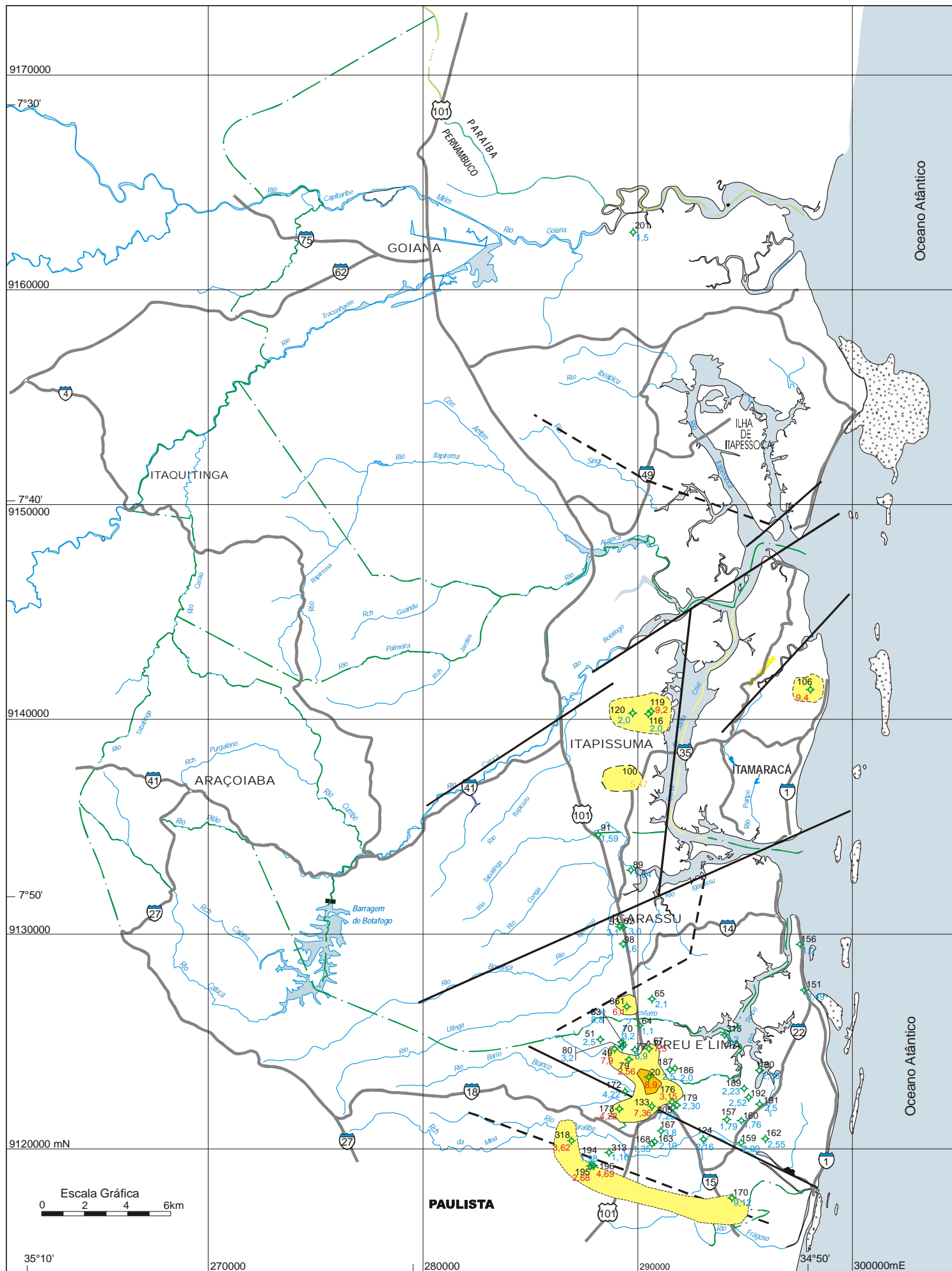


Figura 7.10 - Mapa de Transmissividade do Aquífero Beberibe - ano 2001

**LEGENDA**

- Rede de drenagem
- Rodovia estadual e sua designação
- Rodovia federal e sua designação
- Limite Municipal

**VALORES DE TRANSMISSIVIDADE**

- $>1 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$  - só na área onde ocorre a Fm. Beberibe
- $1 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s} - 1 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$
- $< 1 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$
- Poço utilizado no traçado do mapa com seu número de ordem e valor da transmissividade em  $\text{m}^2/\text{s}$  (azul =  $\times 10^{-3}$ ; vermelho  $\leq \times 10^{-4}$ )
- Falha Geológica, quando tracejada inferida através dos perfis geológicos



### Embasamento Cristalino

As rochas duras e fraturadas, em geral gnáissicas de composição granítica e granodiorítica, xistos ou metarcósios, com baixa porosidade e permeabilidade, que ocorrem bordejando os sedimentos da Bacia, na porção oeste da área de estudo, constituem o aquífero fissural, cuja potencialidade varia em função da intensidade e tipo de fraturas/fissuras e materiais fendilhados existentes. Estas fraturas e fissuras são resultantes dos esforços da intensa tectonogênese superimposta a esta porção da Província Borborema, ou ocorreram devido ao alívio de pressão por processos erosivos.

É considerado um aquífero heterogêneo de baixa potencialidade hidrogeológica por apresentar vazões específicas inferiores a  $1,0 \text{ m}^3/\text{h.m}$  e vazões inferiores a  $3,0 \text{ m}^3/\text{h}$  para rebaixamento de nível d'água de 25m.

### 7.3. POTENCIOMETRIA DO AQUIFERO BEBERIBE

O escoamento da água subterrânea no principal aquífero da região, Beberibe, pode ser feito a partir de mapas potenciométricos. Considerando que não houve recursos financeiros para medições diretas de níveis d'água dos poços cadastrados, bem como a inexistência de poços de observação ou piezômetros suficientes, o mapa potenciométrico da área de estudo foi elaborado a partir de medições realizadas pela Compesa, Divisão de Manutenção de Poços, em 24 poços tubulares de sua propriedade e utilizados para abastecimento público da rede geral, que captavam água apenas do aquífero Beberibe. Além destes poços cadastrados foram utilizados outros 17 poços, também de propriedade da Compesa, para auxiliar na interpretação do mapa potenciométrico, e que situam-se no município de Olinda.

A Compesa realiza uma campanha mensal e sistemática de pitometria de poços da Região Metropolitana do Recife, na qual são registrados níveis estáticos (NE), níveis dinâmicos (ND), vazão, data da medição, entre outras informações. Destes relatórios mensais, cedidos pela companhia, foram aproveitados os dados de NE, medidos em poços parados por problemas diversos, desmontados para manutenção ou desligados por problemas na rede, com suas respectivas datas de medição. Deve-se salientar que não há registros do tempo que cada poço permaneceu sem operação até a medida do nível estático, assim como não houve correção para influência de outros poços em funcionamento nas proximidades.

Apesar das medições não terem sido feitas em uma mesma data, o mapa potenciométrico foi confeccionado a partir do valor médio dos NE medidos, pois não se observa grande variação dos mesmos (as variações observadas nos poços não excederam de

4%) ao longo das datas de medição, realizadas no período de 24.01.2001 a 26.12.2001. Encontra-se em anexo 3, a listagem dos poços analisados com suas respectivas cargas hidráulicas. As cotas topográficas de cada poço foram obtidas a partir das ortofotocartas em escala de 1:10.000, com intervalos de contorno das curvas de nível de 5m.

O traçado das curvas isotenciométricas foi feito manualmente, utilizando-se apenas dos recursos de desenho do CORELDRAW .

Antes de comentar sobre o mapa potenciométrico confeccionado a partir da metodologia citada anteriormente, será apresentado um breve relato sobre a evolução da potenciométrica da área a partir da década de 50 até o presente, de acordo com Costa (1998), no Projeto Hidrorec. Entre a década de 50 e 70 a exploração ainda era incipiente e as cotas potenciométricas eram quase todas positivas. A partir de 1976 a exploração aumenta e cotas negativas surgem em toda a região exceto a oeste de Paulista. No período de 1981 a 1985 acentuam-se os rebaixamentos na região de Olinda e Paulista, atingindo cargas hidráulicas de -50m, sendo que mais ao norte entre Itapissuma e Igarassu a exploração é menos acentuada apresentando cargas hidráulicas positivas de 20m. Entre 1986 e 1990 ocorre uma recuperação dos níveis em Olinda, mantendo-se os rebaixamentos acentuados mais ao norte, na região de Igarassu e entre as cidades de Abreu e Lima e Paulista.

A partir do mapa da superfície potenciométrica do aquífero Beberibe, ver figura 7.11 a seguir, pode-se observar dois comportamentos distintos das curvas isotenciométricas, a norte e a sul do município de Igarassu. Na porção norte, o fluxo das águas subterrâneas segue no sentido oeste – leste, na direção do mar, com gradiente hidráulico mais baixo próximo à costa, atingindo 2,7m/km, comportando-se de forma coerente com a espessura do pacote sedimentar, ou seja, menor gradiente, maior espessura se considerarmos a mesma condutividade hidráulica. Apesar de não se observar relação entre as linhas de fluxo e os drenos superficiais, é provável que na zona de afloramento do Beberibe os rios devem ser alimentados pelo escoamento básico, pois a maioria mantém-se permanente mesmo em época de estiagem. Esta hipótese é corroborada pelas referências bibliográficas (Alvarez et al., 1980, Teixeira, 1988, Costa, 1998, entre outros) que descrevem um caráter efluente de drenos superficiais. A pequena quantidade de poços cadastrados na área pode estar mascarando a ocorrência de cone de depressão na ilha de Itamaracá. Nesta porção da área, a carga hidráulica varia de +10m na porção oeste a -30m próximo ao litoral.

Na porção sul a tendência geral de direção de fluxo Oeste-Leste é modificada pela ocorrência de um pequeno cone de depressão nas proximidades da cidade de Igarassu que se estende até Abreu e Lima, cuja carga hidráulica é de -24m, além de um cone de depressão maior (com

carga hidráulica de -60m) localizado na porção SE do município de Paulista, entre a desembocadura do rio Paratibe e o rio Timbó. O cone de Igarassu se estende longitudinalmente até a região de Abreu e Lima, podendo tratar-se de dois cones individuais. Estes cones de depressão estão relacionados a indução de intensos bombeamentos, provocados principalmente pelos poços da Compesa.

O cone de depressão localizado em Paulista possui curvas elipsoidais o que pode ser devido a diversas causas, a exemplo da heterogeneidade da geologia local, número insuficiente de dados, ou uma disposição alongada dos poços, sendo este último o mais provável.

Na porção norte a diminuição do gradiente hidráulico de oeste para leste, pode sugerir menores velocidades do fluxo na região mais próxima à costa.

Os valores negativos das curvas isopotenciométricas próximas ao litoral, na região entre Abreu e Lima e Olinda, são um indicativo de inversão de fluxo, e conseqüentemente do risco de intrusão de água salgada no aquífero, sendo que, em função das limitações de informações, ainda não é possível avaliar o grau de risco.

É importante observar que há um número maior de informações na porção sul da área em relação à porção norte, o que pode ocasionar interferências nas interpretações dos traçados das curvas. Assim, o pequeno número de poços observados e a sua distribuição não regular na área de estudo, contribuíram para a limitação dos resultados esperados.

Comparando-se o mapa potenciométrico da figura 7.11, com o mapa potenciométrico do período de 1986-1990, figura 7.12 a seguir, elaborado por Costa et al. (1998) e que abrange parte da área de estudo (trecho entre a porção sul do município de Itamaracá e Paulista), constata-se que os centros de bombeio de Igarassu e Abreu e Lima permanecem, e em Paulista, o centro do cone localiza-se mais próximo à costa e passando de -50m para -60m, ou seja, continuam rebaixando.



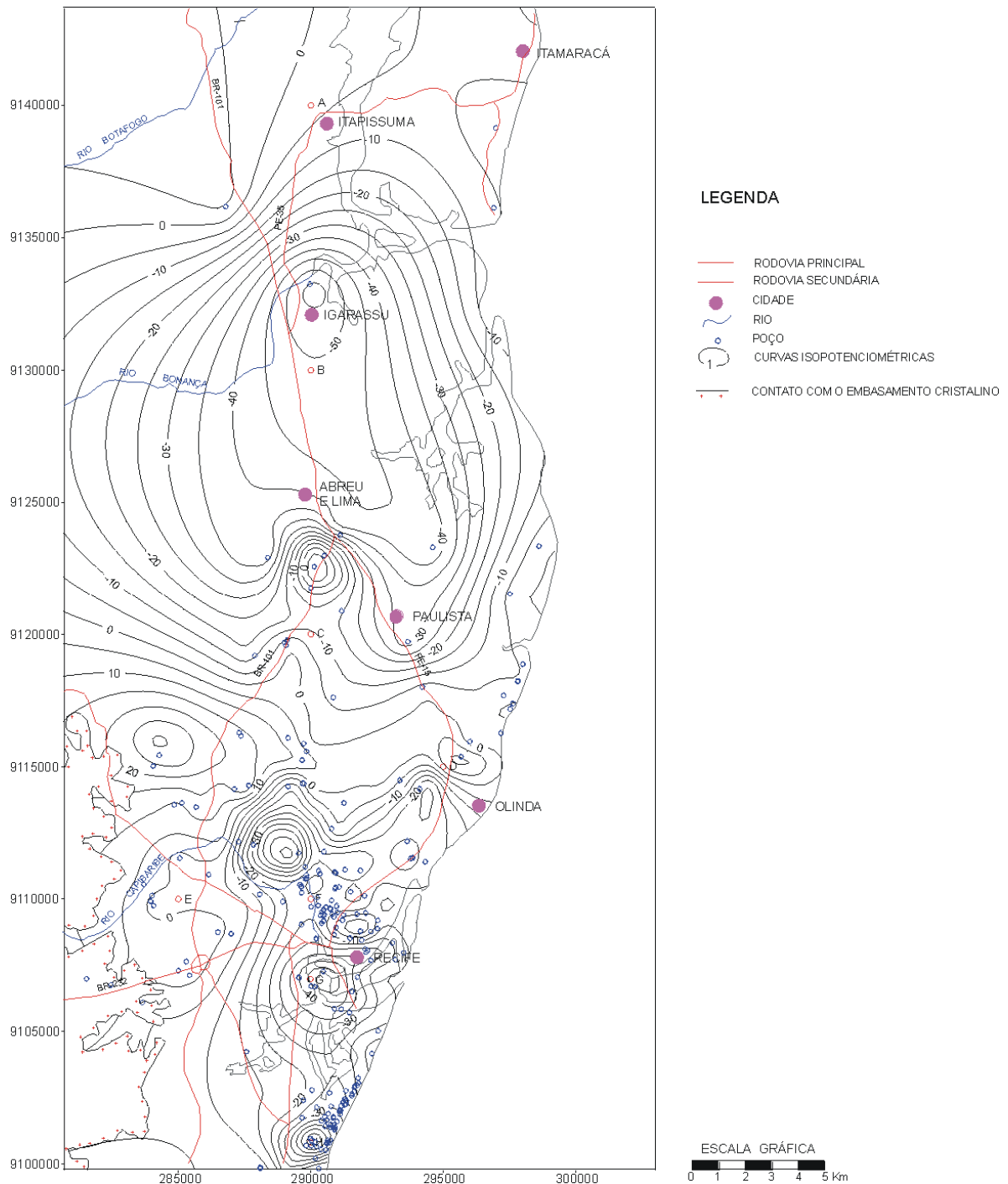


Figura 7.12. Mapa Potenciométrico dos aquíferos Beberibe/Cabo na RMR no período 1986/1990. Costa et al, 1998.

Quanto ao aquífero Barreiras a água é considerada muito boa, com resíduo seco abaixo de 200 mg/l (Teixeira, 1988).

A qualidade das águas do aquífero Gramame/Maria Farinha é ruim apresentando-se com dureza média de 45 graus franceses (450mg/l de CaCO<sub>3</sub>, água muito dura segundo Custódio & Llamas,1983) e resíduo seco da ordem de 1.100 mg/l, Teixeira (1988). Ainda assim 3% dos poços cadastrados captam água deste aquífero, sendo que geralmente os poços visam captação conjunta das águas do Beberibe/Itamaracá sotoposto.

Do ponto de vista qualitativo há diferenças marcantes entre as águas dos sub-sistemas aquífero Beberibe e Itamaracá, principalmente em função da presença do cimento carbonático neste último, conferindo-lhe maior dureza e resíduo seco. A tabela 7.4 apresenta as principais características físico-químicas das águas dos aquíferos Beberibe e Itamaracá.

Tabela 7.4. Principais características físico-químicas das águas do Beberibe e Itamaracá.

<b>Características Físico-Químicas</b>	<b>ITAMARACÁ</b>	<b>BEBERIBE</b>
Dureza (mg/l de CaCO <sub>3</sub> )	200	120 (<30 em água mineral)
Resíduo Seco (mg/l)	350	206
Sólidos Totais Dissolvidos (mg/l)	>200	< 100
PH	7.0 a 7.9	4.2 a 6.3
CO <sub>2</sub> dissolvido	normal a baixo	>50 ppm
TIPO	carbonatadas	cloretadas e agressivas

Fonte: DNPM (2001) e Teixeira, 1998

É importante salientar que o teor carbonático da Formação Itamaracá aumenta da base para o topo. Na zona de recarga o cloreto varia entre 15 a 25 ppm passando a 30ppm, nas áreas mais a leste e alcançando 50 ppm na costa, DNPM (2001).

Quanto à qualidade das águas do embasamento cristalino, considera-se regular predominando cloretos, e resíduo seco médio próximo de 1.000 mg/l, Costa et al (1998).

Para o sub-sistema aquífero Beberibe, foi elaborado o mapa de resíduo seco da região a partir das informações contidas nas fichas de análises físico-químicas das águas subterrâneas dos poços cadastrados. Estas análises foram feitas em épocas distintas, ao longo do intervalo de aproximadamente 30 anos. Contudo os valores encontrados nos poços que possuíam mais de uma análise apresentavam pequenas variações, demonstrando que a água do aquífero Beberibe não sofreu mudanças significativas, viabilizando portanto a confecção do mapa de isovalores de resíduo seco

Considerando ainda que a grande maioria das análises possuía dados de Resíduo Seco (RS) ou de Condutividade Elétrica (CE), foi feita uma correlação entre estes dois parâmetros

para se avaliar a possibilidade de utilização de um maior número de dados possíveis. Desta forma, foram utilizados 35 poços que captavam água do Beberibe e que possuíam análise química para RS e CE sendo obtido um coeficiente de correlação de 92,32%. Conforme demonstrado na figura 7.13. a seguir, a correlação entre os dois parâmetros se aproxima de uma equação linear da seguinte forma:  $Y = 0,6731930586 * X$ , (Y=RS e X=CE).

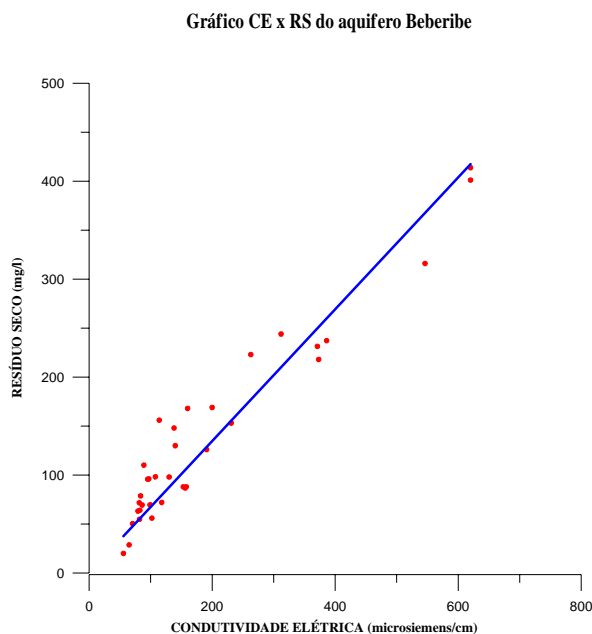


Figura.7.13. Relação da Condutividade Elétrica e Resíduo Seco de 35 poços tubulares captando água do sub-sistema aquífero Beberibe.

O valor de Condutividade elétrica máxima e mínima foi  $690,9\mu\text{s}/\text{cm}$  e  $49\mu\text{s}/\text{cm}$  respectivamente, com valor médio de  $369,94\mu\text{s}/\text{cm}$  e desvio padrão de  $139,92\mu\text{s}/\text{cm}$ . Os valores de resíduo seco máximo e mínimo foram de  $462\text{mg}/\text{l}$  e  $52,28\text{mg}/\text{l}$  respectivamente, com valor médio de  $257,14\text{mg}/\text{l}$  e desvio padrão de  $84,8\text{mg}/\text{l}$ .

A partir dos dados de RS e RS calculados a partir da condutividade elétrica, foi possível elaborar um mapa de isolinhas de Resíduo Seco utilizando-se 84 poços, ver figura 7.14 a seguir. A análise do mapa de resíduo seco do aquífero Beberibe na porção norte da área não é passível de conclusões em função do pequeno número de informações, contudo demonstra um aumento no valor do resíduo seco no sentido oeste-leste. Na porção sul da área, o que se observa são concentrações localizadas de resíduo seco sem contudo existir uma tendência geral de aumento ou diminuição do parâmetro.



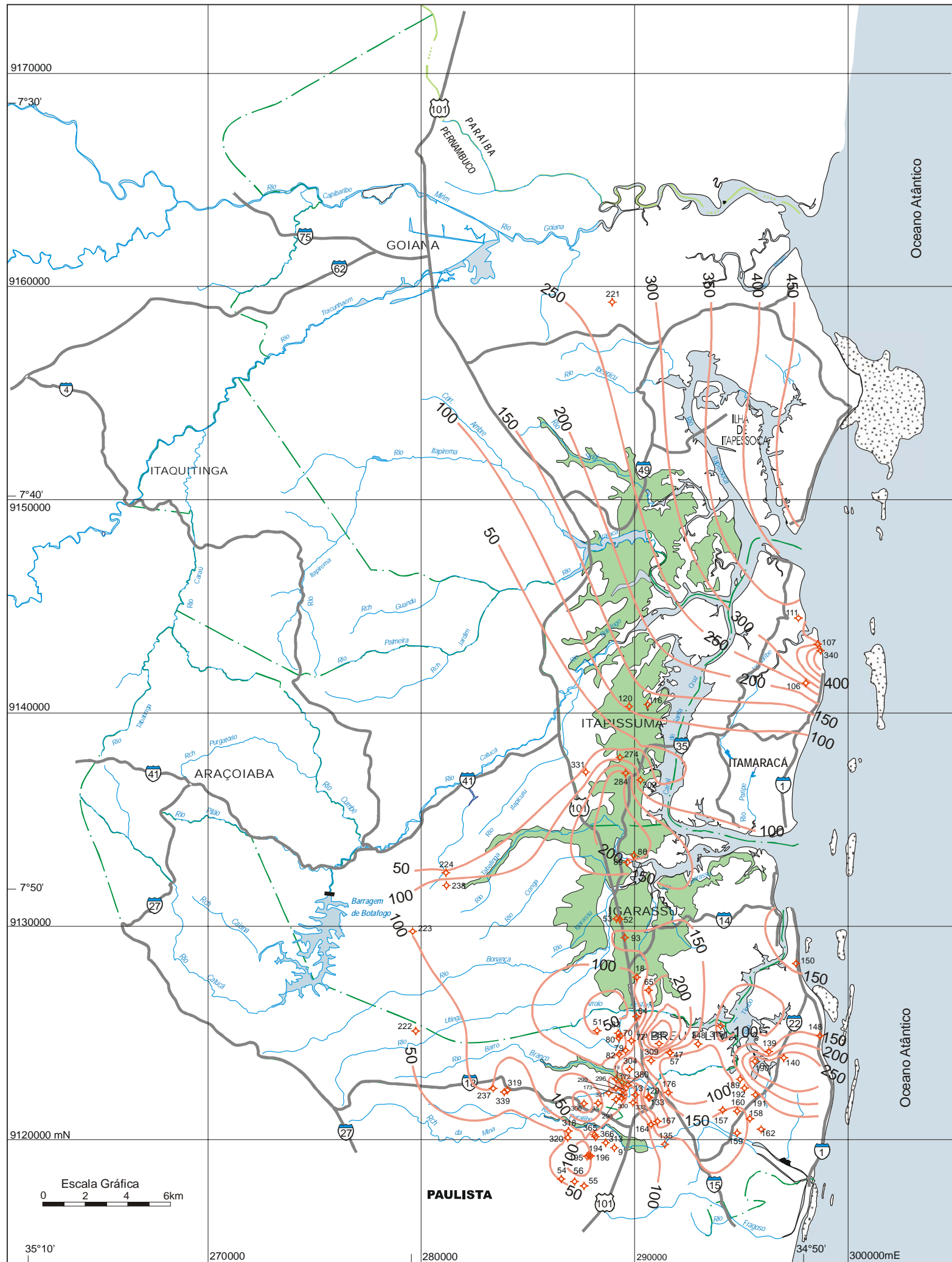









Figura 7.14 - Mapa de Resíduo Seco do Aquífero Beberibe

### LEGENDA

- |   |   |   |                                   |
|---|---|---|-----------------------------------|
|  | Linha de mesmo resíduo seco e seu valor em mg/L               |  | Rede de drenagem                  |
|  | Poço utilizado no traçado das isolinhas e seu número de ordem |  | Rodovia estadual e sua designação |
|  | Área de afloramento das Formações Itamaracá/Beberibe          |  | Rodovia federal e sua designação  |
|   |   |  | Limite Municipal                  |



Considerando-se que, onde o aquífero passa a semiconfinado, em direção ao mar, a circulação das águas tende a diminuir em condições não influenciadas, era de se esperar que o teor de resíduo seco aumentasse nas partes mais profundas próximas ao litoral, mas este comportamento não está evidente, podendo estar ocorrendo em alguns poços a mistura das águas do Beberibe com as água do aquífero sobreposto. Na porção norte da área percebe-se esta tendência, contudo há um pequeno número de observações.

Conforme já mencionado anteriormente ocorre exploração de água mineral na região, principalmente na cidade de Paulista, sendo que no DMPM existem 26 poços tubulares registrados com concessões de lavra da água subterrânea. A grande maioria desses poços encontram-se ao longo da BR-101 e na zona oeste, explotando água dos aquíferos Beberibe (maioria) e Barreiras, em profundidades que variam de 28 a 250m, sendo os mais profundos nas áreas mais próximas ao litoral, DNPM (2001). Estas águas são classificadas como Fluoretadas hipotermiais, Potáveis de mesa ou Hipotermiais na fonte.

## 8. BALANÇO HÍDRICO

O balanço hídrico de uma região, para um determinado intervalo de tempo, deve obedecer ao princípio de conservação de massa, para o qual a diferença entre entradas e saídas de água no sistema deve ser igual à variação do armazenamento dentro do sistema, Feitosa & Manoel Filho (2000). O cálculo do balanço hídrico da área de estudo, foi realizado considerando-se as entradas e saídas de água no sistema, obedecendo à seguinte equação:  $P + RU = ETR + EX$ , sendo  $P$ = Precipitação pluviométrica em mm,  $RU$ = Reserva de água retida no solo utilizável pelas plantas,  $ETR$ = Evapotranspiração real em mm e  $EX$ = Excedente de água em mm. Considera-se como excedente de água a soma do escoamento superficial ( $R$ ), com a infiltração profunda que alcança os aquíferos e alimenta o escoamento básico ( $I$ ), ou seja,  $EX = I + R$ . Sendo assim, será calculado o excedente hídrico mês a mês, visando posteriormente determinar os valores da infiltração de água nos aquíferos, a partir da equação:  $EX = I + R$ .

O balanço foi feito para as chuvas mensais ocorridas entre janeiro de 1963 a dezembro de 1992, ou seja, o equivalente a um período de 30 anos. A chuva média mensal foi calculada utilizando-se o método de Thiessen considerando os postos pluviométricos e coeficientes de influência apresentados na tabela 8.1 . Os dados de chuvas adquiridos para estes postos pluviométricos já se encontravam consistidos e homogêneos.

Tabela 8.1. Coordenadas dos Postos Pluviométricos presentes na área de estudo, com dados de chuva disponíveis para um período de observação de 30 anos e seus respectivos coeficientes de influência.

Postos	Coordenadas UTM		Área de Influência
	ESTE	NORTE	
Igarassu	283138	9135463	0.5423
Itaquitinga	268347	9151986	0.2005
Goiana	279332	9163100	0.2572

Na figura 8.1 a seguir, encontra-se a localização dos postos pluviométricos utilizados e suas respectivas áreas de influência.

A evapotranspiração real (ETR) foi obtida a partir da comparação dos dados de evapotranspiração potencial (ETP) e da precipitação pluviométrica (P), da seguinte forma:

**Se  $P > ETP$  , logo  $ETR = ETP$**

**Se  $P < ETP$  , logo  $ETR = P$**

Os dados de evapotranspiração potencial utilizados neste estudo foram adquiridos de SRH (2001), e correspondem aos valores médios estimados pelo método de Hargreaves conforme dados de temperatura e umidade relativa das Normais climatológicas de 1961-1990, apresentados a seguir na tabela 8.2.

Tabela 8.2. Dados de Evapotranspiração estimados da bacia GL1

MÊS	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
EVAPOTRANSPIRAÇÃO (mm)	175	135,8	139,5	117,0	97,6	85,5	93,0	106,9	124,5	147,2	148,5	153,4

Fonte: SRH (2001)

Considerou-se ainda a metodologia utilizada por Manoel Filho & Demetrio (2003), na qual o cálculo do excedente hídrico é feito considerando os seguintes aspectos:

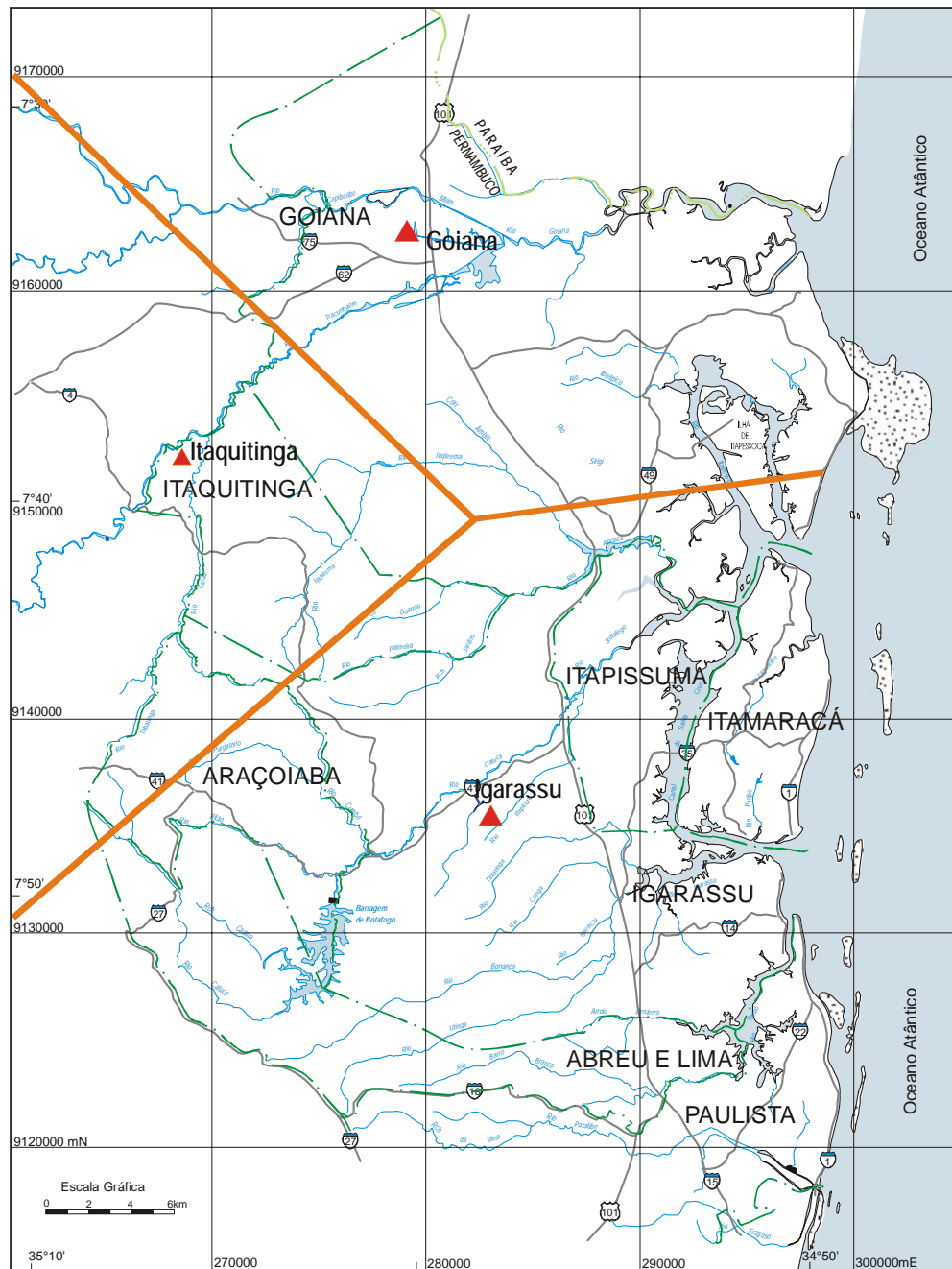


Figura 8.1 - Mapa de localização dos postos pluviométricos e suas respectivas áreas de influência

#### LEGENDA

- |  |  |
|--|--|
| <p>Igarassu</p> <p>▲ Posto Pluviométrico e sua denominação</p> <p>— Limite de área de influência</p> | <p>— Rede de drenagem</p> <p>— Rodovia estadual e sua designação</p> <p>— Rodovia federal e sua designação</p> <p>— Limite Municipal</p> |
|--|--|

No começo do balanço supõe-se completa a reserva de água utilizável pelas plantas (RU=100 mm).

1- O algoritmo empregado obedece às seguintes condições:

⇒ Se:  $P - ETP + RU \geq 100$ , considera-se: RU=100 (reserva do solo preenchida);

$$ETR = ETP \text{ e}$$

$EX = (P - ETP + RU) - 100$ , haverá infiltração do excedente da reserva de água utilizável pelas plantas.

⇒ Se:  $0 < P - ETP + RU < 100$ , considera-se:  $RU = (P - ETP + RU)$ ;

$$ETR = P \text{ e}$$

$EX = 0$ , haverá variação de reserva utilizável pelas plantas.

⇒ Se:  $P - ETP + RU \leq 0$ , considera-se: RU=0;

$$ETR = P \text{ e}$$

$EX = 0$ , haverá déficit da água no solo.

Esse algoritmo foi implementado em uma macro da planilha EXCEL e os resultados encontrados podem ser vistos no anexo 4. A figura 8.2 apresenta o gráfico dos valores mensais de excedente hídrico para o período de 30 anos.

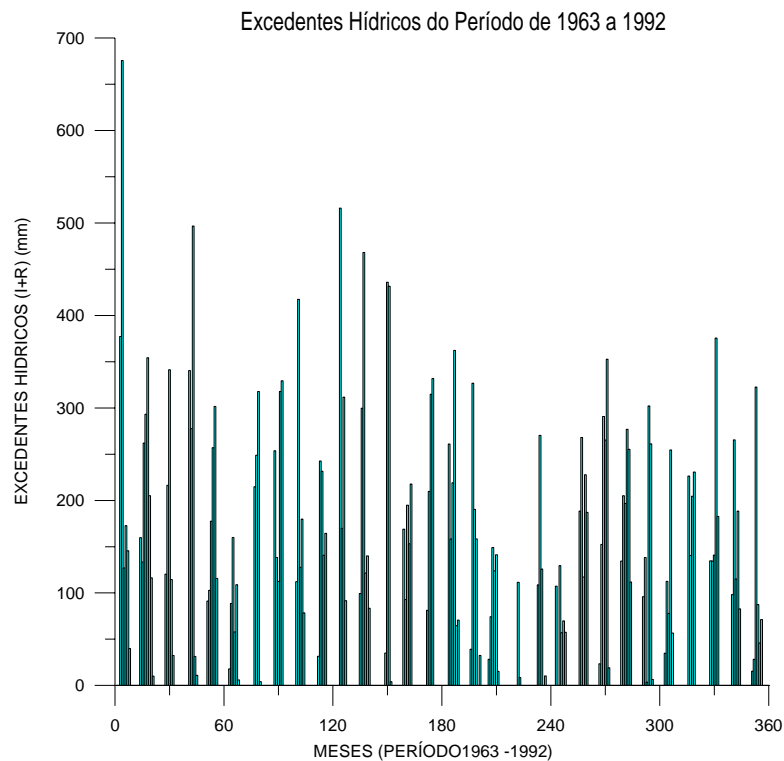


Figura 8.2 . Gráfico dos excedentes hídricos (I+R) mensais calculados para o período de janeiro de 1963 a dezembro de 1992.

Conforme demonstrado na figura 8.2, o excedente hídrico (I+R) mensal encontrado na área de estudo, utilizando-se o balanço hídrico de Thorntwaite, varia de 0,0 a 675,7mm. Considerando apenas os valores não nulos, o valor médio da amostra é de 171,15 mm e mediana de 140,78. O desvio padrão é de 121,60 mm, sendo considerada alta a dispersão de valores. A tabela 8.3 apresentada a seguir descreve os principais parâmetros da estatística descritiva.

Tabela 8.3. Estatística descritiva dos dados de excedente hídrico.

Estatística Descritiva	N válidos	Média	Intervalo de confiança		Mediana	Min	Max	Variância	Desvio Padrão
			-95%	+95%					
Excedente Hídrico (mm)	154	171,151	151,79	190,51	140,77	3,47	675,70	14786,42	121,59

A partir dos valores encontrados mês a mês, durante os 360 meses do período observado, foi feito o gráfico de frequência relativa considerando-se o intervalo de classe de 100 mm conforme demonstrado na figura 8.3 a seguir.

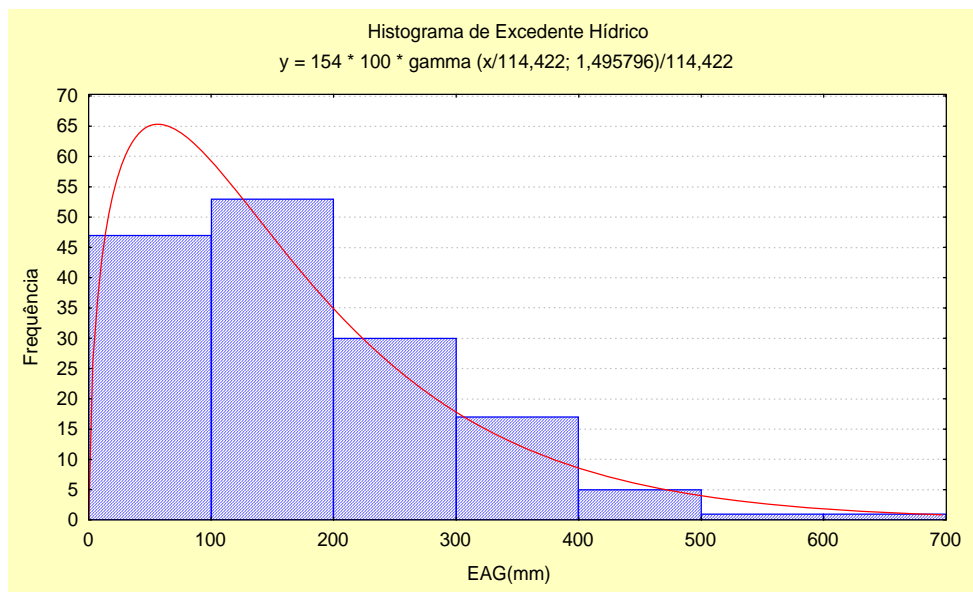


Figura 8.3. Histograma de excedente hídrico mensal do Período de 1963 a 1992, aproximado por uma lei do tipo Gama de distribuição de probabilidade.

A probabilidade de ocorrência do excedente hídrico, considerando a lei de melhor ajuste do tipo gama equivalente a  $Y = 154 * 100 * \gamma(x/114,422; 1,496)/114,422$ , pode ser vista na

tabela 8.4 abaixo, onde se percebe que os valores esperados de excedente hídrico são reduzidos a medida que se aumenta a garantia.

Tabela 8.4. Probabilidade  $[\text{Prob}(x \geq a)]$  do excedente hídrico mensal na área de estudo, segundo o Balanço hídrico de Thorntwaite.

Probabilidade	0.5	0.8	0.9	0.95	0.98	0.99
<b>Excedente Hídrico (I+R) (mm/mês)</b>	134,88	57,21	33,22	19,98	10,48	6,50

Conforme se observa na tabela 8.4, a probabilidade do excedente hídrico mensal (I+R) ser maior ou igual a 134,88 mm/mês é de 50%, enquanto que para uma confiabilidade maior de 98% e 99% os valores são de 10,48mm/mês e 6,50mm/mês respectivamente.

A partir da correlação dos dados de precipitação e de excedente hídrico, calculados no balanço hídrico, percebe-se que o coeficiente de determinação entre estes dois parâmetros é relativamente alto, aproximadamente 0.85, sendo que a chuva mínima necessária para ocorrer excedente hídrico é de 74,25 mm/mês, conforme indicado na figura 8.4 a seguir.

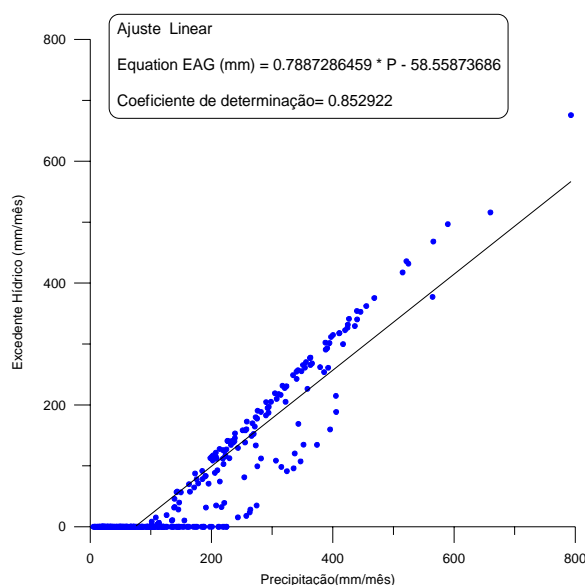


Figura 8.4 . Gráfico de Precipitação pluviométrica x Excedente hídrico calculado a partir do Balanço Hídrico.

A partir de dados mensais dos deflúvios diários médios observados, ver tabela 8.5, nas bacias hidrográficas dos rios Paratibe, Botafogo/Catucá, Utinga/Bonança e Barro Branco, ver figura 8.5, no período de maio de 1979 a abril de 1980, foram efetuados os cálculos das curvas de recessão, buscando-se obter o valor da constante de recessão representativa do esgotamento ou depleção do aquífero.

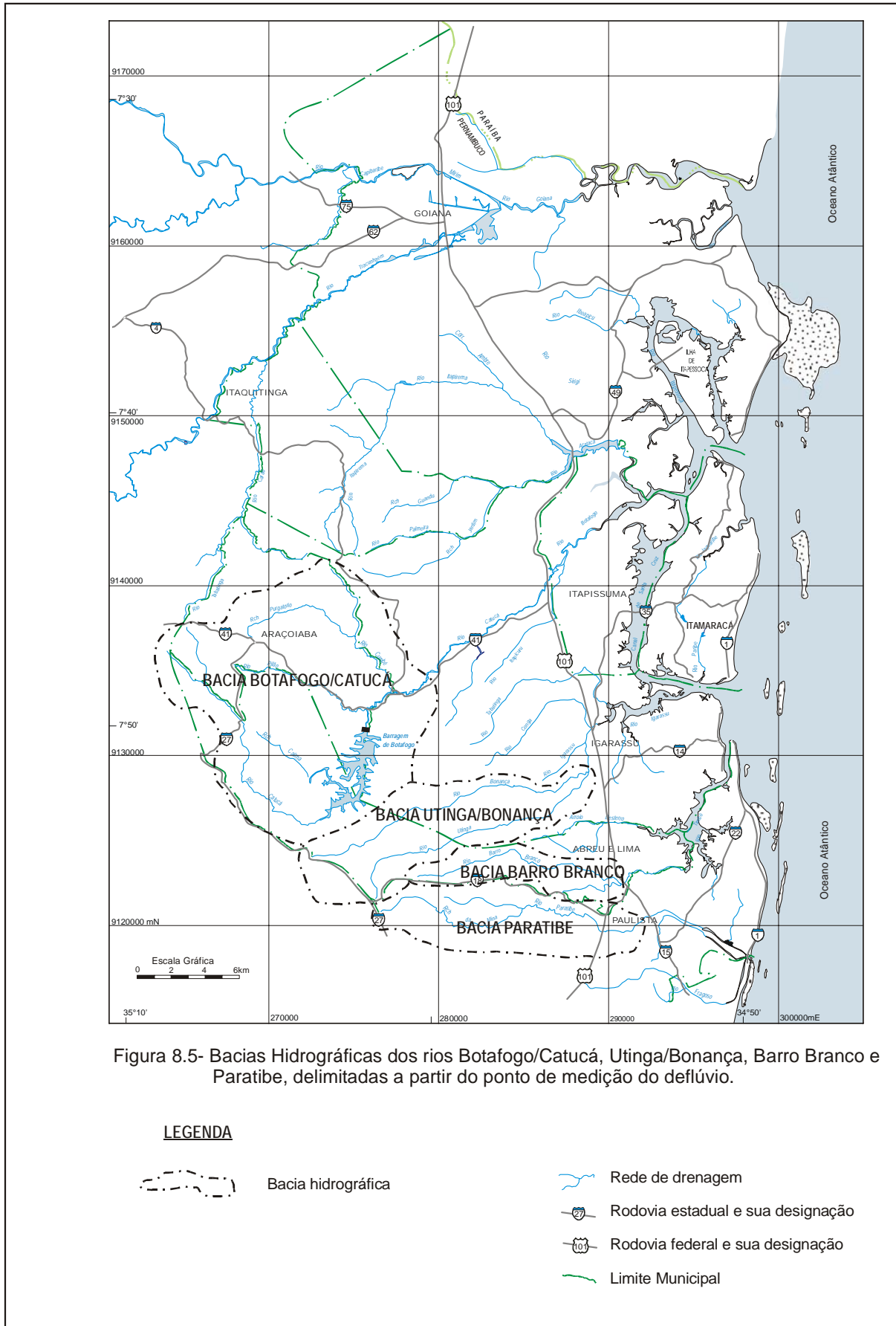


Figura 8.5- Bacias Hidrográficas dos rios Botafogo/Catucá, Utunga/Bonança, Barro Branco e Paratibe, delimitadas a partir do ponto de medição do deflúvio.

Tabela 8.5. Valores mensais dos deflúvios observados nas bacias hidrográficas dos rios Botafogo/Catucá, Utinga/Bonança, Barro Branco e Paratibe no período de maio de 1979 a abril de 1980.

MÊS	BOTAFOGO/CATUCA hm <sup>3</sup> /mês	UTINGA/BONANÇA hm <sup>3</sup> /mês	BARRO BRANCO hm <sup>3</sup> /mês	PARATIBE hm <sup>3</sup> /mês
JAN	3.11	1.78	0.58	2.98
FEV	6.67	2.92	1.39	2.67
MAR	5.25	3.02	1.10	3.39
ABR	5.25	2.85	1.40	3.24
MAI	6.35	4.43	1.59	3.62
JUN	7.11	3.94	1.41	3.92
JUL	7.21	4.11	1.93	4.07
AGO	6.15	2.81	1.05	3.40
SET	8.19	3.67	1.25	4.03
OUT	5.46	2.80	1.02	3.90
NOV	4.05	2.00	0.86	3.32
DEZ	2.85	1.79	0.80	2.93

Fonte: CONTEC/CPRH (1979/80) in Teixeira , 1988.

A partir dos valores de deflúvios apresentados na tabela 8.5, foram feitos os gráficos para obtenção da curva de recessão, e obtenção do valor do escoamento básico para estas bacias, ver figuras 8.6 a 8.9.

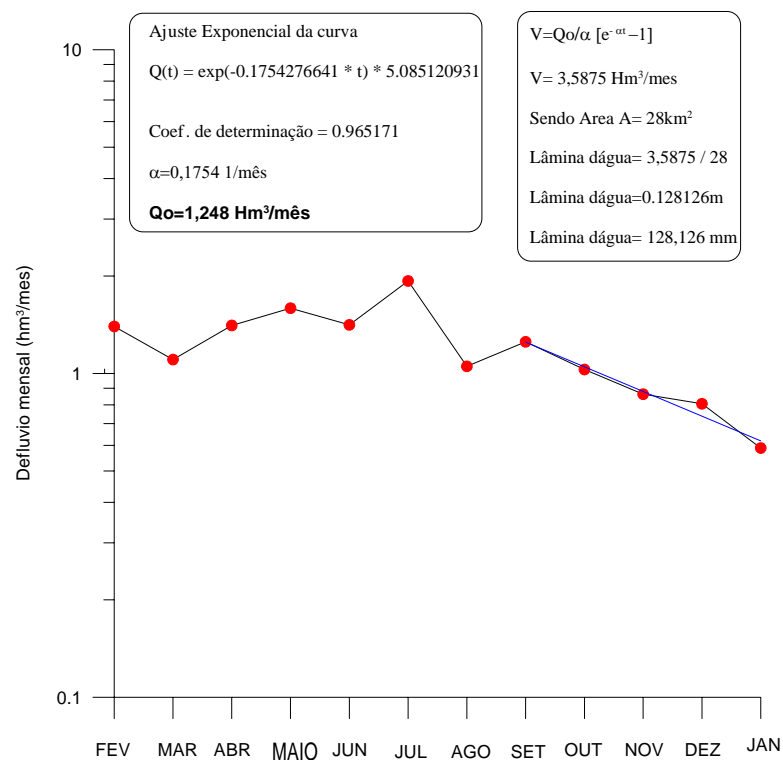


Figura 8.6. Gráfico de deflúvio mensal observado na Bacia hidrográfica do Rio Barro Branco, no período de maio de 1979 a abril de 1980, ano hidrológico fevereiro a janeiro, e curva de recessão ajustada no período de estiagem.



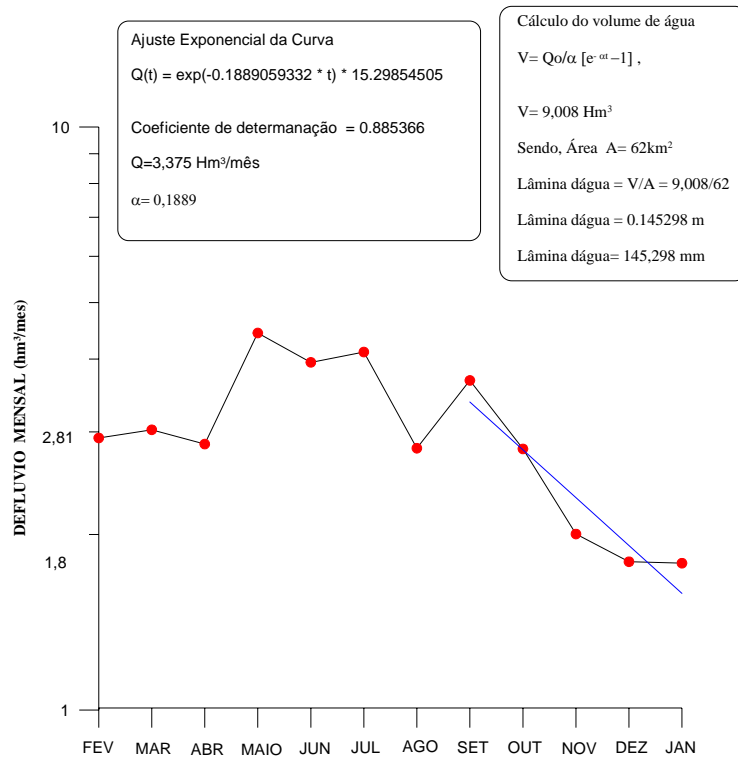


Figura 8.7. Gráfico de deflúvio mensal observado na Bacia hidrográfica do Rio Utinga/Bonança, no período de maio de 1979 a abril de 1980, ano hidrológico fevereiro a janeiro, e curva de recessão ajustada no período de estiagem.

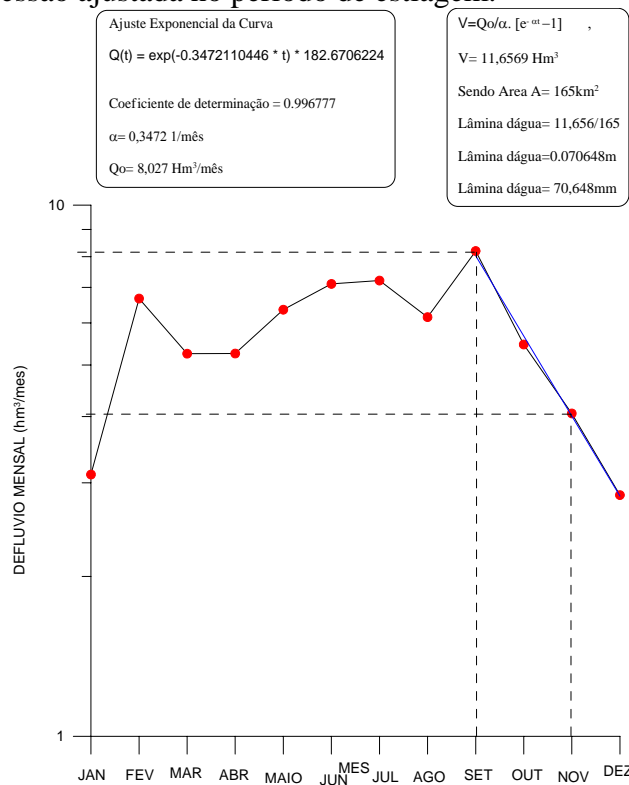


Figura 8.8. Gráfico de deflúvio mensal observado na Bacia hidrográfica do Rio Botafogo/Catucá, no período de maio de 1979 a abril de 1980, ano hidrológico janeiro a dezembro, e curva de recessão ajustada no período de estiagem.

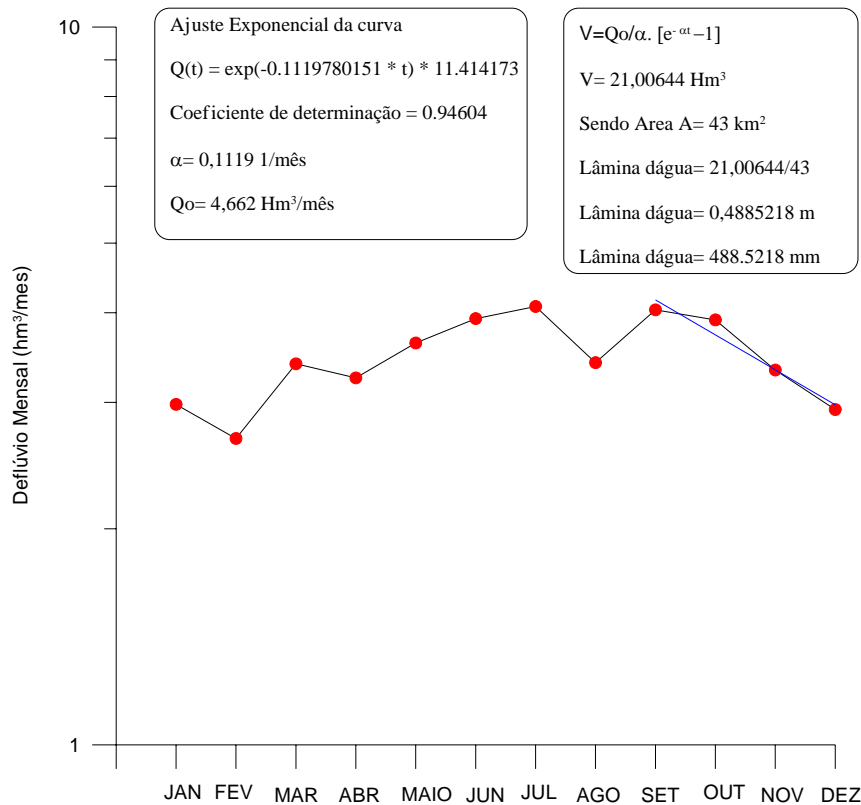


Figura 8.9. Gráfico de deflúvio mensal observado na Bacia hidrográfica do Rio Paratibe, no período de maio de 1979 a abril de 1980, ano hidrológico fevereiro a janeiro, e curva de recessão ajustada no período de estiagem.

Os valores dos parâmetros  $\alpha$ ,  $Q_0$  e lâmina d'água encontrados para as diferentes bacias, estão representados na tabela 8.6 abaixo. Percebe-se que o valor médio encontrado para a constante de recessão do aquífero ( $\alpha$ ) foi de aproximadamente  $0,206 \text{ mês}^{-1}$ .

Tabela 8.6. Valores da constante de recessão ( $\alpha$ ), Descarga inicial de recessão ( $Q_0$ ) e Lâmina d'água representativa da Infiltração em milímetros para as diferentes bacias hidrográficas, obtidos a partir das curvas de recessão da figura 8.6.

BACIAS HIDROGRÁFICAS	$\alpha$	$Q_0 \text{ (hm}^3/\text{mês)}$	$V \text{ (hm}^3)$	$A \text{ (km}^2)$	Lâmina d'água (mm)
Barro Branco	0,1754	1,248	3,5875	28	128,1260
Paratibe	0.1119	4.662	21,0064	43	488,5218
Utinga/Bonança	0.1889	3,375	9,00849	62	145,2982
Botafogo/Catucá	0.3472	8,027	11,6569	165	70,6480

A partir dos cálculos apresentados neste capítulo, conclui-se que o balanço hídrico representativo da área de estudo apresenta os seguintes valores, conforme demonstrado na tabela 8.7 a seguir.

Tabela 8.7. Resultado do Balanço Hídrico segundo Thornthwaite para o ano de 1976.

<b>ANO</b>	<b>Precipitação Pluviométrica (mm)</b>	<b>Excedente Hídrico (mm)</b>	<b>Escoamento Superficial (mm)</b>	<b>Escoamento Básico (mm)</b>
1979	1924,9	747,0	538,85	208,1485

Comparando-se o resultado da precipitação no período considerado com o escoamento básico encontrado estima-se que a infiltração representa 10,8% da precipitação pluviométrica anual. Considerando apenas a área de afloramento do aquífero Beberibe na área de estudo, conclui-se que o volume de recarga é de 16.475.451,2 m<sup>3</sup>/ano. Contudo, sabendo-se que a recarga para o aquífero Beberibe ocorre não apenas na sua área de afloramento, será considerado o volume de recarga igual a 49.426.353,6 m<sup>3</sup>/ano, ou seja, foi considerada a área sobre a formação Barreiras sobreposta ao Beberibe e parte da área aflorante dos calcários da Formação Gramame/Maria Farinha.

O valor da precipitação total do ano de 1979, apresenta-se como representativo da média para a região, não sendo considerado como um período anômalo. Sendo assim é possível admitir que este balanço possa ser representativo para a área de estudo.

## 9. ZONEAMENTO DE ÁREAS DE EXPLOTAÇÃO

A partir da descrição geológica e hidrogeológica da área de estudo, será feito um zoneamento, denominado de Zoneamento de Áreas de Exploração (ZAE), visando auxiliar os órgãos gerenciadores do recurso água na tomada de decisões, bem como o setor privado, principalmente empreendedores que necessitem de informações sobre aspectos hidrogeológicos da área.

Foram utilizados no ZAE os mapas geológico e potenciométrico, bem como as informações atuais dos poços cadastrados e as informações contidas nos perfis geológicos apresentados nas figuras 7.1 a 7.7. A análise destes mapas em conjunto com as características hidrogeológicas da área permitiu distinguir quatro zonas distintas aqui denominadas de Zonas I, II, III e IV, sendo esta última subdividida em subzonas denominadas IVA, IVB e IVC, conforme pode ser visto na figura 9.1 a seguir.

A Zona I foi estabelecida considerando a borda oeste da bacia sedimentar, área de afloramento do embasamento cristalino, onde a presença da Formação Barreiras sobreposta

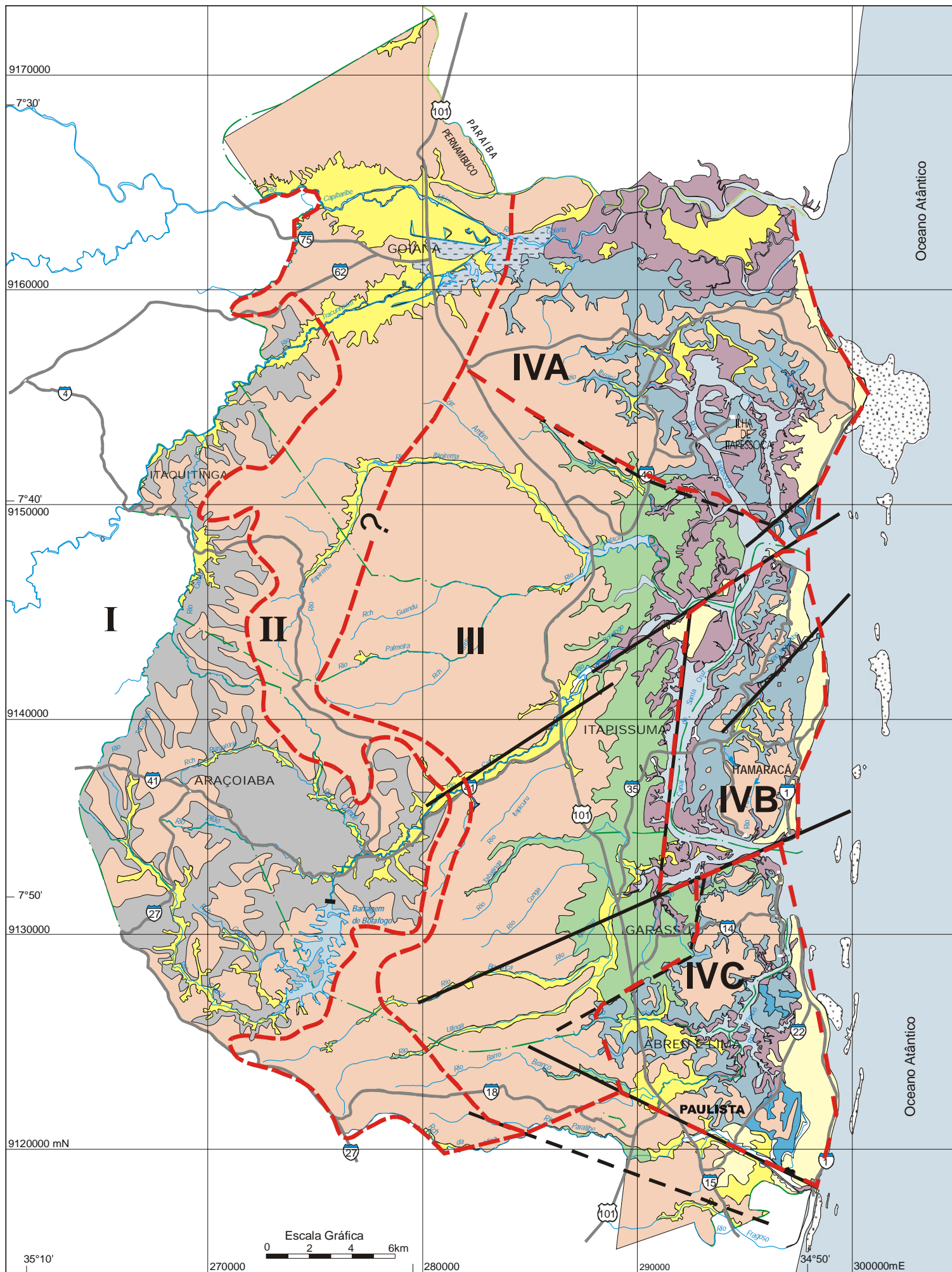


Figura 9.1 -Mapa de Zoneamento de Áreas de Exploração

**LEGENDA**

- Rede de drenagem
- Rodovia estadual e sua designação
- Rodovia federal e sua designação
- Limite Municipal
- Falha Geológica, quando tracejada inferida através dos perfis geológicos

- Depósito Flúvio-Lacustre
- Mangue
- Terraços Marinheiros
- Depósitos Aluviais
- Fm. Barreiras
- Fm. Maria Farinha
- Fm. Gramame
- Fm. Itamaracá/Beberibe
- Embasamento Cristalino

Área de características hidrogeológicas e de exploração homogênea

ocorre de forma descontínua e esparsa não ocorrendo interferências significativas no aquífero cristalino. Para delimitar esta zona foi utilizado as informações do mapa geológico.

O limite entre a Zona II e III foi estabelecido considerando o limite oeste da Bacia sedimentar, a partir do qual ocorrem os sedimentos da Formação Beberibe. Este traçado foi possível utilizando-se das informações bibliográficas, contudo apresenta-se de forma inferida.

As zonas IVA, IVB e IVC foram individualizadas considerando nos três casos a separação em blocos mais rebaixados separados por falhamentos entre si e entre as zonas III e IV, evidenciados nos perfis geológicos, além da ocorrência do aquífero Gramame/Maria Farinha. A subdivisão se deu em função da exploração atual do aquífero Beberibe a partir de poços tubulares, sendo que a zona IVA possui um menor bombeamento se comparado à zona IVB, e esta por sua vez apresenta um bombeamento menos intenso que a zona IVC.

Deve-se salientar que em virtude das informações disponíveis, principalmente do ponto de vista litológico e estratigráfico, os limites das diversas zonas são todos inferidos, sendo necessário estudos lito-estratigráficos mais detalhados para melhor entendimento da bacia sedimentar, principalmente no que diz respeito ao seu arcabouço estrutural e às diferentes fácies das formações. Supõem-se também que, apesar do levantamento de poços tubulares na área não ter atingido 100% do real número atual, os poços cadastrados possuem boa representatividade, sendo que o principal usuário do ponto de vista quantitativo (Compesa), foi contemplado.

A seguir serão descritos os principais aspectos das diferentes zonas, sendo sugeridas algumas recomendações que podem auxiliar no gerenciamento hídrico da região do ponto de vista qualitativo.

- ZONA I

Representada pelo Domínio do Embasamento cristalino capeado por depósitos de cobertura ou por manto de intemperismo e por porções da formação Barreiras. Está localizada mais a oeste da área de estudo, estendendo-se longitudinalmente de norte a sul. Apesar de não haver poços cadastrados nesta área sabe-se da existência de poços do tipo amazonas com vazões específicas modestas. Devido ao caráter fortemente heterogêneo do embasamento cristalino e sua baixa vocação hídrica, não serão

estabelecidas nenhuma limitação a exploração da água subterrânea, sendo recomendado, entretanto, uma proteção sanitária da boca do poço eficiente, para evitar problemas de contaminação. Levando em consideração a espessura dos solos nesta zona, pode-se admitir profundidades máximas dos poços da ordem de 80m a 100m .

- ZONA II

Esta zona é representada pela ocorrência do aquífero Barreiras sobreposto ao substrato cristalino. A produtividade dos poços nesta área varia em função do tipo de fácies do Barreiras, sabendo que trata-se, conforme já mencionado, de sedimentos de granulometria variada ocorrendo intercalações de fácies arenosas e argilo-siltosas, bem como níveis conglomeráticos. Em geral a topografia controla a profundidade dos níveis estáticos.

A observação da rede de drenagem mostra claramente que há um grande número de nascentes de rios litorâneos nesta zona, devido à presença do aquífero Barreiras que favorece o acúmulo de água em subsuperfície, que é drenada lentamente através do escoamento básico. Este fato torna a Zona II uma área que requer atenção especial na sua preservação, principalmente nas áreas de influência das nascentes, no que diz respeito a desmatamento e ocupação urbana. A profundidade dos poços nesta zona pode atingir 120m.

- ZONA III

Trata-se da área que abrange os aquíferos Beberibe, Itamaracá e Barreiras sobrepostos sobre o embasamento cristalino, limitados a oeste pela zona II e a leste por falhamentos. O aquífero Itamaracá ocorre na borda leste da zona III. Na maior parte da área aflora os sedimentos da Formação Barreiras, e na porção norte e oeste da zona a exploração do aquífero é menos intensa do que nas bordas da Formação Barreiras e áreas de afloramento do Beberibe.

O aquífero Beberibe é o mais explorado atualmente, e as áreas mais próximas à demanda da água, os centros urbanos de Itapissuma, Igarassu e Abreu e Lima (porção central do município), são as que apresentam maior número de poços. O aquífero Beberibe representa o alvo principal dos perfuradores de poços, contudo por motivos econômicos ou por atingirem a demanda necessária antes de alcançá-lo, muitos poços captam água apenas dos aquíferos Barreiras e/ou Itamaracá.

É nesta zona que se encontram as principais áreas de recarga do aquífero Beberibe, representada pelas áreas de afloramento do mesmo, que ocorre aí em quase sua totalidade, e pela área de afloramento do Barreiras. Por esse motivo é importante que leis de proteção do uso do solo, acompanhamentos mais rigorosos da outorga da água subterrânea, bem como maior rigor na parte construtiva de poços, principalmente no que diz respeito à proteção sanitária e abandono de poços, fossem implementadas para garantir a qualidade dessas águas.

- ZONA IV

Conforme já mencionado, a zona IV foi delimitada considerando a separação em blocos mais elevados separados por falhamentos entre si, onde ocorre o aquífero Gramame/Maria Farinha sobreposto ao aquífero Itamaracá e Beberibe, podendo ocorrer ainda depósitos de cobertura e aquífero Barreiras sobreposto a toda a seqüência. Apesar da existência de poços que captam as águas do aquífero Gramame/Maria Farinha, esta não é uma prática constante, haja vista a má qualidade das mesmas. Assim, nos perfis construtivos dos poços percebe-se o isolamento, através de cimentação, das unidades carbonáticas. Muitas vezes este isolamento não é eficiente possibilitando entrada de água de dureza mais elevada.

A subdivisão em três subzonas A,B e C deve-se ao fato de que a exploração do aquífero se dá de forma diferenciada nestas três áreas, sendo que na porção mais a sul, subzona IVC, a bateria de poços tubulares profundos vem se concentrando, principalmente nas áreas mais próximas à costa, o que aumenta o risco de intrusão de água salgada a partir do avanço da cunha salina, vide inversão de fluxo demonstrada no mapa potenciométrico no item 7.3 descrito anteriormente.

Por outro lado, a subzona IVA representa a área de menor exploração da água subterrânea, principalmente devido ao fato de ser uma zona de atividade econômica predominantemente agrícola, sem o uso intensivo de irrigação, não havendo assim restrições atuais de exploração da água subterrânea. Deve-se considerar contudo que esta porção da bacia é a menos espessa e possui atrativos turísticos na zona costeira que pode vir a ocasionar maiores demandas em um cenário futuro.

A subzona IVB é considerada como uma zona de exploração intermediária, apesar do bombeamento ser feito, principalmente, por diversos poços rasos (inclusive não cadastrados na pesquisa). Devido ao seu potencial turístico e de crescimento de ocupação urbana ao longo da ilha de Itamaracá, é importante um aprofundamento dos

estudos e um acompanhamento e monitoramento da exploração da água subterrânea visando o seu gerenciamento. Devido a grande área de afloramento da formação Gramame/Maria Farinha, cuidados especiais são requeridos no projeto construtivo de poços, conforme já mencionado.



## 10. CONCLUSÕES

Os perfis geológicos, mapas de isópacas e contorno estrutural permitiram visualizar a geometria dos aquíferos da região. Os principais aspectos referem-se ao aumento de espessura no sentido de oeste para leste e de norte para sul, e à ocorrência de diversos falhamentos, principalmente na direção NE, SW e NS, tendo sido sugerido inclusive novas falhas além das já mapeadas e, conseqüentemente, evidenciando que a seqüência litológica sofreu maiores esforços tectônicos. É necessário contudo, a utilização de outras ferramentas, como a geofísica, para comprovação das mesmas.

O aquífero mais explorado e de maior potencial hídrico, o Beberibe, apresenta transmissividade bastante similar ao aquífero Itamaracá, sendo que, por este último apresentar menores espessuras médias devem possuir maior condutividade hidráulica ou pode sugerir também uma maior conexão do aquífero Itamaracá com o aquífero cárstico sobreposto, seja por processo natural (fraturamentos), seja por problemas construtivos dos poços, mascarando assim os resultados.

O mapa de zoneamento de exploração apresentado neste trabalho busca reunir as informações até então disponíveis na área de estudo e individualizar zonas homogêneas, e trás recomendações quanto ao seu gerenciamento. Este zoneamento não se apresenta como definitivo e deve ser aprimorado a medida que novas informações forem surgindo.

No desenvolvimento deste trabalho houve limitações quanto a aquisição de dados. Como as fichas de poço foram a principal fonte de informação, percebe-se a importância da descrição pormenorizada das mesmas, pelas empresas de perfuração, o que nem sempre ocorreu. Outra limitação diz respeito à falta de campanha de campo para medições de níveis d'água, bem como coleta e análise físico-químicas das águas dos aquíferos Beberibe e Itamaracá, que contribuiria para o melhor entendimento da dinâmica do fluxo d'água entre estes dois aquíferos, bem como com relação à interferência da cunha salina.

Fica claro a importância da existência de uma rede de monitoramento dos níveis potenciométricos do aquífero Beberibe e Itamaracá principalmente nas áreas mais intensamente exploradas atualmente.

## 11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACQUA-PLAN- Relatório preliminar da área metropolitana do Recife, v.1. Compesa-PE, 1973.
- \_\_\_\_\_ Sistema de produção da cidade de Abreu e Lima. Compesa-PE, 1973.
- \_\_\_\_\_ Sistema de produção da cidade de Igarassu. Compesa-PE, 1973.
- \_\_\_\_\_ Sistema de produção da cidade de Itamaracá-Jaguaribe. Compesa-PE, 1973.
- \_\_\_\_\_ Sistema de produção da cidade de Paulista. Compesa-PE, 1973. SBG. p.230, Out / Nov. 1974 (Resumo das Comunicações).
- \_\_\_\_\_ Sistema de produção da cidade de Paulista. Compesa-PE, 1973.
- Alheiros, M.M.& Lima Filho, M.F– Revisão geológica da faixa sedimentar costeira de Pernambuco, Paraíba e parte do Rio Grande do Norte– Sedimentos do Grupo Paraíba. Estudos Geológicos. Série B. Recife. v.10. p.77-78, 1991.
- \_\_\_\_\_.; Ferreira, M. G. V. X.; Duarte, R. X.; Ivo, P. S. 1993. Definição da Formação Beberibe na faixa Recife João Pessoa. XV Simp. de Geol. do Nordeste, Natal (RN).
- \_\_\_\_\_.; Lima Filho, M. F.; Monteiro, F. A. J.; Oliveira Filho, J. S. 1988. Sistemas deposicionais na Formação Barreiras no nordeste oriental.In:Cong. Bras. Geol. 35.Belém. Anais.. Soc. Bras. Geol. Belém. PA.2:753-760.
- Álvarez, C.; Cruz, W. B. da; Peixoto, C. A. da M. Modelo matemático do aquífero Beberibe. In: Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 1, Recife (PE).ABAS, Anais. Recife (PE), 1980. p. 169-179.
- Amaral, A.J.R., Menor, E.A. & Santos, S.A. Evolução Paleogeográfica da seqüência clástica basal da Bacia Sedimentar Costeira Pernambuco-Paraíba, Atas do VIII Simpósio de Geologia do Nordeste, Campina Grande,1977, pág. 37-63.
- Arnold, R., 1902. list of fossils collected by J.C. Branner at Ponta de Pedras, Pernambuco. Geol. Soc. Am. Bull., 13:47.
- Batista, R.P., 1984. Estudo hidrogeológico da Planície do Recife.Univ. Fed. de Pernambuco, Curso de Pós-Grad. Geoc. Dissertação Mestrado, 208p.

- Benitez, A. 1972. Captacion de aguas subterrâneas nuevos metodos de prospeccion y de calculo de caudales. Ed. Omega, 122 p.
- Beurlen, K. 1967. Estratigrafia da faixa sedimentar costeira Recife-João Pessoa. Bol. Soc. Bras. Geol., 16(1):43-53.
- \_\_\_\_\_. 1970. Geologie von Brasilien. Berlin, Gebr. Borntraeger; Beitrage zur regionalen Geologie der Erd, 9, 444p.
- \_\_\_\_\_. 1964. As espécies das Cassiopinae, nova sub-família dos Turritellidae, no cretáceo do Brasil. Univ. Recife, Arq. Geol., 5: 1-43.
- Bezerra, M. A.; Almeida, J. C. de; Souza, P. C. de . O Aquífero Beberibe e as melhores áreas de captação de água subterrânea. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 24, Brasília (DF). Anais. Brasília (DF). SBG, p. 335-348. Set / 1970.
- Bigarella, J.J. & Andrade, G.O., 1964. Considerações sobre a estratigrafia dos sedimentos Cenozóicos em Pernambuco (Grupo Barreiras). Univ. Recife, Arq. Inst. Cienc. Terra, 2: 2-14.
- Branner, J.C. 1902. Geology of the northeast coast of Brazil. Geol. Soc. Am. Bul. 13 (5): 41-98.
- Cabral, J. J. S. P.; Cirilo, J. A.; Neto, B. G. M. V.; França, H. P. M. Análise preliminar do comportamento hidromecânico e da intrusão marinha no aquífero Beberibe na Região Metropolitana Norte do Recife. In: Simpósio de Hidrogeologia do Nordeste, 1, Recife (PE). Anais... Recife (PE), 1988.
- Calheiros, R.V. 1991. Mapeamento Geológico de uma área ao norte da Região Metropolitana de Recife . Relatório de Graduação. Recife (PE). Univ. Fed. Pernambuco.
- Ceferino, A.; Cruz, W. B.; Peixoto, C. A. Modelo matemático do Aquífero Beberibe. In: Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 1, Recife (PE). Anais... Recife (PE). 1980.
- Cordani, U.G., et al. 1984. Estudo Preliminar de Integração do Pré-cambriano com os eventos tectônicos das Bacias sedimentares brasileiras. Petrobrás, CENPES, Ciência- Técnica- Petróleo. Seção : Exploração Petróleo, 15: 70p.
- Costa, W. D. Reconhecimento geológico e hidrogeológico do Recife e municípios adjacentes. DSE-SUDENE. Recife. 1968.

- \_\_\_\_\_. 1994. A possibilidade da poluição das águas subterrâneas pelo lixão da Muribeca. In: Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 8, Recife(PE). Anais. Recife (PE), p. 217-223.
- \_\_\_\_\_. 2000. Riscos potenciais e reais decorrentes da super-exploração das águas subterrâneas no Recife – PE. In: Anais do I Congresso Mundial Integrado de Águas Subterrâneas, ABAS/ALHSUD/IAH, Fortaleza, CE, , 21p.
- Costa, W. D. (Coord.)- Convênio IDRC-UFPE/FADE - Estudo Hidrogeológico da Região Metropolitana do Recife - Relatório Técnico Vol.I – Texto Recife, agosto, 1998.
- \_\_\_\_\_.; Manoel Filho, J.; Santos, A. C.; Costa Filho, W. D.; Monteiro, A. B. Evolução da potenciometria dos aquíferos na Região Metropolitana do Recife. In: Simpósio de Hidrogeologia do Nordeste, 3, Recife (PE). Anais... Recife (PE). p. 67-80. Abr. 1998.
- \_\_\_\_\_, W. D. Estudo hidroquímico nos aquíferos da planície do Recife. Dissertação de Mestrado. Recife, UFPE. 225 p.1997
- Coutinho, P.N.; Pedrosa,F.J.A.; Medeiros,A.B.; Martins,M.H.A.; Lira,A.R.AA.; Menezes,M.O.B.; Chaves, N.S.; Kater,K.; Oliveira,L.A.; Manso,V.A.; Lima, A.T.O. e Lima Filho, M.F. 1993. Compartimentação geológico-geomorfológica da faixa costeira norte de Pernambuco (Folha Itamaracá) XV Simp. De Geol. Do Nordeste.59-60.
- CPRH – Governo do Estado de Pernambuco – Análise dos problemas de utilização de água subterrânea na Região Metropolitana do Recife. Recife. Série Publicações Técnicas, n. 4, 46 p. 1991.
- \_\_\_\_\_ - Diagnóstico Sócio-ambiental do Litoral Norte de Pernambuco , Recife- 2001, julho, 254p. il. Gerenciamento Costeiro.
- CPRM/FIDEM, 1994 a.Vulnerabilidade das águas subterrâneas da Região Metropolitana do Recife. Sistema de Informações para Gestão Territorial da Região Metropolitana do Recife (SINGRE). Recife –PE.27p. il. (Serie Recursos Hídricos, 2).

- \_\_\_\_\_. 1994 b. Os Aterros sanitários e a Poluição das águas subterrâneas. Sistema de Informações para Gestão Territorial da Região Metropolitana do Recife (SINGRE). Recife –PE.23p. il. (Serie Recursos Hídricos, 1).
- Cruz, W. B. & Melo, F. A. F. – Estudo geoquímico preliminar das águas subterrâneas do Nordeste do Brasil, Hidrogeologia 19, SUDENE, Recife. 1968.147p.
- \_\_\_\_\_.; Silva, A. B.; Jardim, F. G.; Peixoto, C. A. M. – Modelo de simulação analítica de exploração do aquífero Beberibe na área de Olinda – Igarassu. Revista Brasileira de Geociências, 8: 32-54. 1978.
- Custódio, E.; Cruz, W. B.; Silva, A. B.; Jardim, F. G.; Peixoto, C. A. M. – Estudo sobre as possibilidades de intrusão marinha no aquífero Beberibe, região costeira de Olinda-Goiana (PE). Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia, 7(3), pp.239-255, São Paulo. 1977.
- DGEO-UFPE. 1991. Revisão Geológica da Faixa Sedimentar Costeira de Pernambuco, Paraíba e parte do Rio Grande do Norte. Estudos Geológicos – Série B – Estudos e Pesquisas. V.10. Recife.
- DNPM – Estudo de áreas de proteção de fontes de águas minerais da região norte do Recife. – Mente, A. & Cruz, W.B., Recife. 2001. Relatório Final, 72p. il.
- Duarte, E.W.& Krauss, L.A. – Projeto de Dimensionamento das Jazidas de calcário na Ilha de Itamaracá. Instituto de Desenvolvimento de Pernambuco- CONDEPE, Recife. 1978.
- Feitosa, A.C. & Manoel Filho, J.. 2000. Hidrogeologia – Conceitos e Aplicações. 2ª. Edição. Fortaleza: CPRM/REFO, LABHID-UFPE, 391 p il.
- Feitosa, E. C. – Reconhecimento elétrico da planície do Recife. Recife, SUDENE . DRN, 1968. 5 f. mimeogr.(Relatório Inédito).
- Figueiredo, J. T. N. de; Chaves, L. M. de V.; Dalia Filho, J.; Vasconcelos, F. M. de – Relatório sobre água subterrânea do Nordeste. Bol. Divisão de Fomento da Produção Mineral. DNPM, Rio de Janeiro, nº 120, p. 113-116, 1964.
- Fortes,F.P.- A tectônica de teclas da Bacia Potiguar. Soc. Bras. Geol., Anais XXXIV Congr.,Goiânia (GO), 3: 1145-1159.1986.

- França, H. P. M. & Capucci, E. B.- CPRM/Compesa. – Diagnóstico preliminar das condições de exploração de água subterrânea do aquífero Beberibe – área Olinda-Paulista-Itamaracá– Recife, 1978.
- \_\_\_\_\_ & Morais, F. – Estudo Hidrogeológico para abastecimento dos Núcleos Maranguape I, Maranguape II, Arthur Lundgren e Caetés- Região metropolitana norte do Recife. 4V., Relatório final,1983.
- \_\_\_\_\_; Neto, B. G. M. V.; André, H. O.; Cirilo, J. A. e Cabral, J. J. S. P. – Análise preliminar do comportamento hidrodinâmico e da intrusão marinha no aquífero Beberibe e na Região Metropolitana Norte do Recife. In: Simpósio de Hidrogeologia do Nordeste, 1, Recife (PE). Anais. Recife (PE). p. 59-71. 1 a 4 dez 1987.
- Françolin, J.B.L.& Szatmari, P., 1987. Mecanismos de rifteamento da porção oriental da margem norte brasileira. Ver. Bras. Geoc.,17: 196-207.
- Hartt,C.F., 1870. Geology and physical geography of Brazil. Boston, Fields Osgood & Co., 620p. /Geologia e Geografia Física do Brasil; trad. Mendonça, E.S. & Dolianiti, E.,1941. São Paulo, Impr. Nac. – Bibl. Pedag. Bras., 5. Brasília- na, 2)
- Gimena, E.C., Cruz, W.B., Silva A.B., Jardim, F.G. e Peixoto, C.A.M. – Idade das águas subterrâneas no aquífero Beberibe na região costeira de Olinda-Goiana, Estado de Pernambuco, Revista Brasileira de Geociências, SP, 8(2):103-112,jun,1978
- \_\_\_\_\_; Cruz, W. B.; Silva, A. B.; Jardim, F. G.; Peixoto, C. A. M. – Caracterização química do fluxo de água subterrânea na região costeira de Olinda-Goiana, PE. Revista Águas Subterrâneas, ABAS, São Paulo, 1981.
- Gomes, J. de A. V. – Geologia e aspectos hidrogeológicos da região S de Goiana-PE. Recife, UFPE, Escola de Geologia, 1966. 49p. Relatório de Graduação.
- Goodland, R. – Glossário de Ecologia Brasileira. 1975. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), CNPq, 95p. Manaus.
- IBGE - Censo Demográfico 2001. Internet, <http://www.ibge.gov.br>, 05/2001.
- Kegel, W., 1955. Geologia do Fosfato de Pernambuco, Brasil, Div. Geol.Min.Bol. 157, Rio de Janeiro.

- \_\_\_\_\_. 1957. Novo membro fossilífero da Formação Itamaracá (Cretáceo superior de Pernambuco). *Anais Acad. Bras. Cienc.*, 29:373-375.1957.
- \_\_\_\_\_. 1957a. Contribuição ao estudo da Bacia Costeira do Rio Grande do Norte. DNPM, Div. Geol. Min. Bol. 170: 52p.
- Kousky, V.E., 1980. Diurnal Rainfall Variation in Northeast Brazil. *Mon. Wea. Rev.*, 108, 488-498.
- Lima Filho, M. F., 1998 – Análise estratigráfica e estrutural da Bacia Pernambuco. São Paulo, IG/USP, Tese de Doutorado, 139 p.
- \_\_\_\_\_. & Souza, E. M., 2001 – Marco estratigráfico nos arenitos calcíferos do Campaniano da Bacia Paraíba: estratigrafia e significado paleoambiental. In: SIMP. GEOL. NORDESTE, 19, Natal, *Atlas*. p. 87-88.
- \_\_\_\_\_. *et al.* (1994). Mapa do Quaternário Costeiro do Estado de Pernambuco. UFPE-CTG-DGEO-DMINAS-CPRH.
- \_\_\_\_\_. Monteiro, A. B. & Souza, E. M., 1998 Carbonate sections of the Paraíba and Pernambuco basins, Northeastern Brazil: implications for the stages of opening of the Southern Atlantic Ocean. Alicante (Espanha), 15<sup>th</sup> *Intern. Sedim. Congr.*, pp 504-505.
- Mabesone, J.M., 1966. Relief of northeastern Brazil and its correlated sediments. *Zeitschr. Geomorph.*, NF 10: 419-453.
- \_\_\_\_\_. 1967. Sedimentologia da Faixa Costeira Recife-João Pessoa. *Bol. Soc. Bras. Geol.*, 16 (1):57-72.
- \_\_\_\_\_. 1981. Modelo Depositional dos Fosfatos de Pernambuco. Univ. Fed. de Pernambuco, Dept. Geol., Série B – Estud. Pesq., 4 (Estudos geol.): 17-26.
- \_\_\_\_\_. 1995. Novos estudos na Bacia Sedimentar Pernambuco-Paraíba-Rio Grande do Norte. XVI Simpósio de Geologia do Nordeste. Recife (PE). p 254-256.
- \_\_\_\_\_. 1984. Cenozóico Nordestino: Sistemas e Sequências Depositionais. IN: Simp. de Geol. do Nordeste. Natal, RN. p 142-150.
- \_\_\_\_\_. & Alheiros, M.M., 1991. Base Estrutural, in Revisão geológica da faixa sedimentar costeira de Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do

- Norte.(Sedimentos do Grupo Paraíba).Recife, série B: Estudos e Pesquisas, V.10.p. 33-43.
- \_\_\_\_\_, & Silva, J.C., 1991. Aspectos Geomorfológicos, in Revisão geológica da faixa sedimentar costeira de Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte.(Sedimentos do Grupo Paraíba).Recife, série B: Estudos e Pesquisas, V.10.p. 117-132.
- \_\_\_\_\_. 1991. (Coord.) Estudos Geológicos, Revisão geológica da faixa sedimentar costeira de Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte.(Sedimentos do Grupo Paraíba).Recife, série B: Estudos e Pesquisas, V.10.
- Maciel,S.M.S.R. Contribuição ao estudo das fácies carbonáticas interdigitadas na formação Beberibe (PE-PB). **Dissertação**.1981 , 85p.
- Maksoud, H. O estado atual dos conhecimentos sobre os recursos de água do Nordeste. Revista Brasileira de Geografia, Rio de Janeiro, 23 (1): 3-119, Jan / Mar.1961.
- Manoel Filho, J. & Demetrio, J.G.A. 2003. El Tunel de Sabalo y el sistema de aguas subterráneas de Serrania Aguarague.PETROBRÀS BOLIVIA. FADE/LABHID. Relatório Técnico.
- Manso, W. A. V.; Pedrosa, F. J. A.; Santos, A. C.; Medeiros, A. B. ; Martins, M. H. A.; Amaral, A. R., 1993. Aquífero Beberibe : Áreas de Recarga e Sua Conservação Ambiental. Anais do V Congresso Nordestino de Ecologia; Natal-RN.
- Matos, L.C.A.1966. Geologia e aspectos Hidrogeológicos da área SE do município de Goiana(PE) , UFPE, Escola de Geologia. Relatório de Graduação. 65p.
- Mattoso, S. Q. – Estudo hidrogeológico da área de Olinda-Fosforita-Olinda. Recife, 1966 (inédito).
- Maury,J.C., 1924. Fósseis Terciários do Brasil, com descrição de novas formas cretáceas. Serv. Geol. Min., Monogr. 4, 665p..
- \_\_\_\_\_. 1930. O Cretáceo da Paraíba do norte. Serv. Geol. Min., Monogr. 8, 305p.
- Mello Junior, J. L. de. Água subterrânea (Nordeste). In: Brasil. Divisão de Geologia e Mineralogia. Relatório Anual do Diretor, ano de 1959. Rio de Janeiro, serv. graf. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, p. 131-148, 1960.



- Menor, E.A. & Amaral, A.J.R. 1997. A transição Santoniano-Maastrichtiana da Bacia Pernambuco- Paraíba: Revisão Estratigráfica. XVII Simp. De Geol. Nordeste, Fortaleza (CE).
- \_\_\_\_\_, Dantas, J.R.A. & Sobrinho, A.C.P. 1977. Sedimentação fosfática em Pernambuco e Paraíba: Revisão de novos estudos. Atas do VIII Simp. de Geol. do nordeste, Campina Grande-PB.
- Mente, A. & Cruz, W.B. Estudo de áreas de proteção de fontes de águas minerais da região norte do Recife. In: Anais do XII Encontro Nacional de Perfuradores de Poços/ IV Simpósio de Hidrogeologia do Nordeste, ABAS, Olinda, PE, 2001, p. 327-336
- Montalverne, A. A. F. – Geologia e aspectos hidrogeológicos da área NW de Recife. Recife, UFPE, Escola de Geologia, 1966. 66 f. Relatório de Graduação.
- Montenegro, A. A. A. *et al.* Aplicação de modelo numérico quase-tridimensional ao sistema Beberibe-PE. In: Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 7, Belo Horizonte-(MG). Anais... Belo Horizonte (MG). p. 158-163. 1992.
- \_\_\_\_\_; Cabral, J. J. P. S.; Montenegro, S. M. G. L.; Rodrigues, D. L.; França, H. P. M.; André, H. O. – Avaliação da intrusão marinha na Região Metropolitana Norte do Recife através de modelação matemática. In: Simpósio de Geologia do Nordeste, 14, Recife (PE). Atas... Recife (PE), p. 320-322. nov. 1991.
- Moraes, L.J., 1924. Serras e Montanhas do Nordeste. Rio de Janeiro, Inspec. Fed. Obras contra Secas, ser. I.D., 58 (2 vols), 122 & 120p.
- \_\_\_\_\_, 1928. Estudos Geológicos no Estado de Pernambuco. Serv. Geol. Min., Bol.32, 100p.
- Morais, J. O. de. Geologia e aspectos hidrogeológicos da região oeste de Igarassú-PE. Recife, UFPE, Escola de Geologia, 1966. 70 f. Relatório de Graduação.
- OESA – Estudo do reconhecimento e estudos hidrogeológicos para o aproveitamento integrado da região Centro-leste da Bacia Potiguar e Bacias Costeiras da Paraíba e Pernambuco. Recife: COMPESA/CONESP/OESA, 1975.
- Oliveira, J. C. de – Hidrogeologia da região NW de Olinda (abrangendo Olinda e Paulista). Recife, UFPE, Escola de Geologia, 1966. 88 f. Relatório de Graduação.

- Oliveira, R.G. 1993. Interpretação Tectono-estrutural da área sedimentar da região Metropolitana do Recife com base no mapa gravimétrico Bouguer, Natal (RN), Simp. Geol. Nord. , p. 85-87.
- Oliveira, V., 1942. Geologia da Planície do Recife; contribuição ao seu estudo. Recife, ofic. Graf. Jorn. Comm.; tese concurso, 97 p.
- Oliveira, A.I.& Leonardos, O.H., 1940. Geologia do Brasil. Rio de Janeiro, Com. Brás. Centenário Portugal, 472p.
- \_\_\_\_\_. Geologia do Brasil (2<sup>a</sup> ed.). Min. Agricult., Serv. Inform. Agrícola, 813p.1943.
- Oliveira, P.E. & Ramos, J.R.A.1951. Contribuição à geologia do município de Olinda , Pernambuco. DNPM. Div. Geol. Min., Bol. 172, 29p.
- \_\_\_\_\_. Geología das quadrículas de Recife e Pontas de Pedras. DNPM. Div. Geol. Min., Bol. 151, 60p.
- Oliveira, L.T., Demetrio, J.G.A., Tomé, M.E.T. & Vasconcelos,C.L. 2002. Análise da geometria dos aquíferos costeiros da porção norte da região metropolitana do recife- (PE) a partir de perfis litológicos de poços tubulares. Anais do Cong. Brasileiro de Águas Subt.,Florianópolis, (SC). 22p.
- Pereira, H. Geologia e aspectos hidrogeológicos da região central do município de Goiana-PE. Recife, UFPE, Escola de Geologia, 1966. 70 f. Relatório de Graduação.
- Pimentel, A. P. M. – Estudos preliminares para o reforço do abastecimento d’água das praias do litoral norte entre Olinda e Maria Farinha. COMPESA, relatório interno (inédito), Recife, 1976.
- PLANAT– Geologia da área II Polo Metropolitano. FIDEM, Recife, 1976.
- PLANIDRO. Reformulação do projeto do sistema de abastecimento de água da Cidade de Olinda. COMPESA, Recife, 1975.
- Plano diretor de abastecimento d’água da Região Metropolitana do Recife – proposta de ações de curto prazo. – COMPESA. Dez/1985.
- Plano diretor de abastecimento de água da Região Metropolitana do Recife. Gerência de Estudos e Desenvolvimento. COMPESA. Recife, 1986.

- Plano Diretor de Mineração para a Região Metropolitana do Recife. MME/Governo de Pernambuco – Recife. 1995. 177 p. II.
- Plano Diretor de Recursos Hídricos Recife, Vol. III. Recursos Hídricos Subterrâneos. COMPESA / ACQUAPLAN / PLANAT. Recife. 78 p. 1982.
- Rabinowitz, P.D. & Labrecque, J., 1979. The Mesozoic South Atlantic South and evolution of its continental margins. Journ Geophys. Res.,84: 5973-5002.
- Rand, H. M. Estudos geofísicos na faixa litorânea no sul do Recife. Univ. Fed. Pernambuco, **Tese livre-Docência**,p.112.1976.
- \_\_\_\_\_. Análise gravimétrica e magnetométrica da estrutura subsuperficial da faixa costeira do Nordeste brasileiro. Soc. Bras. Geol., Anais XXX Congr.,Recife (PR), 5:p. 2336- 2346. 1978.
- \_\_\_\_\_. Anomalias gravimétricas ao redor de Recife. Univ. Fed. Pernambuco, Deptº Eng. Minas; série B- Estud. Pesq., 8 (Estud. Geol.):79-85.1986.
- \_\_\_\_\_. Estudos Geofísicos na Faixa sedimentar costeira Recife-João Pessoa. Bol. Soc. Bras. Geol., 16(1):87-99.1967.
- Rebouças, A. C., 1966. Faixa Sedimentar Costeira Pernambuco-Paraíba-Rio Grande do Norte. Aspectos Hidrogeológicos, Anais do II Simpósio de Geologia do Nordeste.
- Rodrigues,F.F. Estudo faciológico do calcário Gramame na ilha de Itamaracá (PE). **Dissertação de Mestrado**. 1983.
- Santos, A.C. Estratégias de Uso e Proteção das Águas subterrâneas na Região Metropolitana do Recife – Pernambuco . São Paulo, 2000.220p.**Tese (Doutorado em Hidrogeologia)**, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 2000.
- Silva, G. M. da. Geologia e hidrogeologia do município de Igaracú. Recife, UFPE, Escola de Geologia, 1966. 83 f. Relatório de Graduação.
- Souza, E. M., 1999. Levantamento radiométrico das unidades estratigráficas da Bacia Paraíba. Dissertação de Mestrado, UFPE/CTG, 152p.
- Souza, E.M., Lima Filho, M., Neumann, V.H. & Villar, H.P. 2003 - Sedimentologia, Estratigrafia e Espectrometria gama do horizonte fosfático (formação itamaracá) da bacia Paraíba: o exemplo de paulista – PE. Inédito.
- SRH. PERH-PERNAMBUCO. Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Pernambuco, Secretaria de Recursos Hídricos, Vol. 1, 1998.

- SRH, 2001. Estado de Pernambuco. Diagnóstico dos recursos hídricos da bacia do rio Goiana e dos grupos de bacias de pequenos rios litorâneos GL-1 e GL-6. Volume 1 a 5 e Síntese.
- SUDENE, 1978. Inventário Hidrogeológico Básico do Nordeste, folha N° 16 – Paraíba-SO, Série Hidrogeologia, n° 53.
- Suguio, K., et al, 1985. Flutuações do nível relativo do mar durante o Quaternário Superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira . Rev. Bras. Geoc., 15 : 273-286.
- Szatmari, P., *et al.* 1984. Mecanismo tectônico do rifteamento sul-atlântico. Soc. Bras. De Geol. Anais do XXXIII Congr. Rio de Janeiro (RJ), 4: 1589-1601.
- \_\_\_\_\_. Evolução tectônica da Margem Continental Brasileira. Ver. Bras. Geoc. , 17: 180-188.
- Teixeira, J.A. 1988 Modelo Conceitual para uso e proteção dos recursos hídricos da faixa costeira Recife-João Pessoa. (Tese de Doutorado). Instituto de Geociências da USP. 273p.
- Tinoco, I.M., 1976. Foraminíferos planctônicos e a passagem entre o Cretáceo e o Terciário em Pernambuco. Soc. Bras. Geol., Anais XXIX Congr., Ouro Preto(MG), 2: 17-35.
- \_\_\_\_\_. 1977. Foraminíferos Bentônicos da Formação Maria Farinha, Paleoceno de Pernambuco. Bol. Núcleo Nordeste Soc. Bras. Geol., 6 – Atas VII simp. Geol. Nord., Campina Grande (PB): 65-99.
- \_\_\_\_\_. 1978. Foraminíferos Bentônicos da Formação Gramame (Cretáceo Superior- Maastrichtiano de Pernambuco). Soc. Bras. Geol., Anais XXX Congr., Recife (PE), 2: 1032-1046.1978.
- White, C.A., 1887. Contribuições à Paleontologia do Brasil. Arch. Museu Nac. , vol. VII, 273p.

12 – ANEXOS

ANEXO 2 – Dados de Espessura das camadas, topo do cristalino e provável formação captada.

<b>CÓDIGO</b>	<b>Este</b>	<b>Norte</b>	<b>COTA</b>	<b>ESP</b>	<b>ESP</b>	<b>ESP</b>	<b>ESP</b>	<b>ESP</b>	<b>TOPO</b>	<b>FILTROS</b>	<b>Fm CAPTADA</b>
<b>O</b>			<b>S</b>	<b>SOLO</b>	<b>BARREIRAS</b>	<b>GRAMAME</b>	<b>ITAMARACA</b>	<b>BEBERIBE</b>	<b>CRIST.</b>		
1	290082	9122178	30	6	42	0	27	65	-	52-136	I/B
3	290055	9121948	24,9	0	30,5	0	0	44,5	-	30-75	B?
4	290075	9122058	30	7	31	0	0	65	-	32.3-100	B/Ba
5	289886	9122064	36	0	45	0	0	75	-	67 n localizado	B?
6	290149	9122698	27	0	48	0	0	32	-	42,7-70	B
7	290132	9122584	26	0	32	0	0	0	-	15-31	Ba
8	289108	9119766	55	0	60	0	20	130	-	116-148	B
9	289065	9119584	50	0	70	0	18	76	-	112-160	B
10	288937	9119474	67,5	0	68	0	31	0	-	41,5-97	Ba/I
11	289115	9119513		0	20	78	47	0	-	115-145	I
12	290009	9121772	18	0	19	0	36	80	-	52 de filtro	B?
13	290052	9122057	35	3	41	0	57	100	-	158-198	B
14	288871	9122556	54,8	2	43	0	0	70	-	38-78	B
16	291014	9123673	20	0	13	0	0	40	-	25-42	B
17	291084	9124355	14,5	10	0	0	43	79	-	0	B?
18	290119	9127579	15	0	0	0	0	81	-	54,4-74	B
19	289154	9122811		0	67	0	0	42	-	25-106	B
20	290516	9123330	34,8	3	48	0	48	48	-	111-132	B?
21	291109	9123769	15,2	0	45	0	45	66	-	128-148	B
22	290436	9123760	18	5	25	0	51	32	-	20m de filtro	B?
23	290322	9123948		2	52	0	0	0	-	35-53	Ba
24	290282	9123641	21	0	17	0	0	27	-	24-40	B
25	287880	9110060	?	0	44	46	0	0	-	24-42	Ba
29	293668	9119725	17	0	36	0	0	37	73	20m de filtro	B?
30	296615	9132399	1,5	32	0	37	19	0	-	8m de filtro	I?
31	288308	9121673	72	0	14,5	0	18,5	42	-	44-60	B?
33	288249	9122021	44,9	3	37	0	0	10	-	40-48	B
35	288803	9133809	6	3	0	0	0	150	-	54,8-140	B
36	289381	9131551	38,5	0	58	8	0	0	-	24m de filtro	Ba-G/MF?
37	289760	9137256	26,4	0	37	0	24	50	-	s/ filtro	B/I?
38	290471	9140106	11,5	4	0	0	60	41	-	?	B/I?

<b>CÓDIGO</b>	<b>Este</b>	<b>Norte</b>	<b>COTA</b>	<b>ESP</b>	<b>ESP</b>	<b>ESP</b>	<b>ESP</b>	<b>ESP</b>	<b>TOPO</b>	<b>FILTROS</b>	<b>Fm CAPTADA</b>
<b>O</b>			<b>S</b>	<b>SOLO</b>	<b>BARREIRAS</b>	<b>GRAMAME</b>	<b>ITAMARACA</b>	<b>BEBERIBE</b>	<b>CRIST.</b>		
39	289645	9137016	26	0	37	0	24	31	-	57-92	B/I
40	289647	9137093	26	0	31	0	30	33,5	-	58-94	B/I?
41	289650	9137154	26	4	0	0	0	68	-	45-67	B?
42	289754	9137148	26,4	5	23	12	0	27	-	57-67	B
43	289969	9133263	12	2	44	0	0	47	-	46-93	B
44	298534	9143519	3	4	0	80	66	0	-	s/ filtro	I?
45	290600	9159310	20#	0	0	0	200	0	-	92-198	I
46	291809	9122045	10	0	42	0	0	0	-	?	Ba
47	291677	9124042	20	0	0	0	103	153	256	150-256	B
48	270725	9138500	120	2,6	22,4	0	0	0	25	9-15,2, 19,2-25.2	Ba
49	288918	9124644	70	0	54	0	26	139	219	120-210	B
50	289657	9123726	25	0	50	0	3	0	-	10 a 48	Ba?
51	288260	9125080	25	4	0	0	0	50	-	12-46	B
52	289321	9130299	20	10	0	0	0	164	174	48-170	B
53	289167	9130329	9,9	0	0	0	0	180	180	44-170	B
54	286580	9118120	31	6	0	0	0	119	-	43-121	B
55	287650	9117800	20	2	0	0	0	99	-	35,50-97,50	B
56	287200	9118000	19	2	0	0	0	130	132	22-120	B
57	291677	9124042	20	8	0	0	128	164	300	142-286	B
64	290100	9125730	20,3	4	0	0	0	177,3	-	35,5-143,5	B
65	290670	9126970	14,8	0	0	0	0	180	-	35,50-125	B
67	290525	9124650	24,4	2	0	0	0	196	-	40-180	B
68	288730	9125020	18	0	44	0	2	0	-	24,61-43,36	Ba
69	289652	9124709	17	0	50	0	0	0	-	10,0-48	Ba
70	289340	9124830	17	6	0	0	0	46	-	24-42	B
71	289060	9124920	21	0	46	0	2	0	-	25,47-44,22	Ba
72	289570	9124500	21,3	0	52	0	1	0	-	24,74-43,49	Ba
73	289650	9124180	26,5	0	52	0	7	0	-	30,16-48,91	Ba
74	289520	9123770	25	0	49	0	6	0	-	28,2-46,95	Ba
75	289200	9123380	66	0	52	0	1	0	-	26,68-45,43	Ba



<b>CÓDIGO</b>	<b>Este</b>	<b>Norte</b>	<b>COTA</b>	<b>ESP</b>	<b>ESP</b>	<b>ESP</b>	<b>ESP</b>	<b>ESP</b>	<b>TOPO</b>	<b>FILTROS</b>	<b>Fm CAPTADA</b>
<b>O</b>			<b>S</b>	<b>SOLO</b>	<b>BARREIRAS</b>	<b>GRAMAME</b>	<b>ITAMARACA</b>	<b>BEBERIBE</b>	<b>CRIST.</b>		
76	288920	9124980	21,2	0	46	0	0	0	-	23-41,9	Ba
77	289870	9124600	21,4	0	56	0	24	140	220	110-218	B
78	289979	9124721	17	0						111,6-216,56	B
79	289590	9124150	27	0	60	0	26	130	216	120,12-164,53- 212,17	B
80	289270	9124730	19,9	0	36	0	40	132	-	113,194	B
81	290240	9123360	21	0	52	0	20	148	-	31-200	Ba/B/I
82	289282	9123968	30	0	0	0	0	220	220	87,5-127,5/ 155,5-205,5	B
83	289253	9124953	25	2	0	0	0	52	-	14,90-50,90	B
84	289116	9133432	12,5	0	0	0	60	12	-	40-74	B/I
86	289986	9133298	5	0	0	0	83,5	118,5	202	83,50-200	B
89	289680	9132970	29,8	6	0	0	0	194	-	60-196	B
90	290124	9133765	2	4	0	0	66	142	-	24-64	B/I
91	288159	9134617	30	10,5	0	0	0	159,5	-	42-118	B
93	289562	9129444	37,2	36	0	56	0	126	-	124-212	B
95	289700	9130150	25	2	0	0	70	150	-	35,5-113,5	B/I
96	289600	9130020	14,9	14	0	0	164	0	-	35,5-59,5, 71,5- 131,5	I
97	290083	9129249	21	0	0	0	84	127	-	31-204	B/I
98	289324	9129531	34,8	2	22	0	42	140	206	40-48, 52-196	B/I
99	296277	9131653	5	2	0	67	33	0	-	?	G/I/?
100	289565	9137152		0	0	0	192	188	-	170-368	B/peq porção I
101	289565	9137152	15,5	0	0	0	69,5	125,5	195	69,5-169,5	B
102	288968	9133585	1,5	0	0	0	0	152	-	54-152	B
103	288845	9133769	5	0	0	0	59	103	162	56-160	B
104	298327	9143242	4,2	19	0	55	148	162	384	330-384	B
105	298578	9142330	3,6	4	0	80	66	0	-	s/ filtro	G/I/?
106	298046	9141384	25	8	0	0	209	165	382	219-378	B
107	298602	9143204	3,5	12	0	158	56	134	360	?	B?
108	298608	9143194	3,5	25	0	70	125	163	-	182-339	B/I

111	297696	9144429	3,5	0	0	44	104	202	-	146,7-219,4	B
<b>CÓDIG O</b>	<b>Este</b>	<b>Norte</b>	<b>COTA S</b>	<b>ESP SOLO</b>	<b>ESP BARREIRAS</b>	<b>ESP GRAMAME</b>	<b>ESP ITAMARACA</b>	<b>ESP BEBERIBE</b>	<b>TOPO CRIST.</b>	<b>FILTROS</b>	<b>Fm CAPTADA</b>
112	298310	9142120	4,3	2	0	0	228	0	-	109,5-169,5	I
113	295960	9138640	3,5	4	0	0	192	176	372	160,7-336,9	B/I
114	297798	9139432	2,3	4	0	76	34	0	-	0	I/G
115	290890	9140373	11	4	0	0	60	41	-	?	B/I
116	290628	9140373	18,5	26	0	0	55	150	231	115,85-226	B
118	290502	9140217	18	0	0	0	60	158,5	218,5	109-152	B
119	290500	9140250	18	2	0	0	80	99	-	83,5-180	B
120	289765	9140287	22,1	20	0	48	0	138	-	79.5-197.5	B
121	290535	9139492	11	0	0	0	220	0	-	79,5-149,5	I
124	293060	9120430	14,8	0	44	21	72	112	249	111,5-225,5	B/I
125	293720	9120350	13	0	24	96	0	138	-	128-244	B
126	293720	9120350	13	0	16	0	216	48	-	92,76-233,17	I/B
127	293440	9121980	3,5	0	0	0	86	95	-	29.5-173.5	I/B
128	290730	9122560	21,5	0	45	0	33	35	-	s/ filtro	I/B?
129	290710	9121930	25	0	26	0	88	106	-	144-206	B
132	290960	9122730	25	0	46	0	32	102	-	46-175	B/I
133	290665	9121970	23	22	0	0	0	159	-	48-171	B
135	291435	9119746	55,2	0	42	0	98	152	292	148-292	B
136	291434	9119794	55,5	0	72	0	0	220	292	95-276	B
138	291453	9119624	38	0	44	0	36	120	-	159,65-196	B
139	296306	9124100	2,2	0	0	96	62	198	356	170-350	B
140	297015	9123802	2,2	0	0	60	40	278	378	230-372	B
142	298310	9123106	3	16	0	72	140	163	-	116,95-308,5	B/I
143	298104	9123982	3,8	16	0	80	108	192	-	204-396	B
144	297530	9121530	2,2	10	0	0	168	4	-	102-168	I
145	297975	9120310	2,5	4	0	0	176	0	-	101,5-173,5	I
146	298380	9123745	3,8	0	0	0	210	22	-	175,5/211,5	I/B
147	298708	9124835	3	21	0	76	0	28	-	?	B/G
148	298708	9124835	3	8	0	100	132	146	-	247,5-374	B
149	298290	9125100	3,6	0	0	0	332	0	-	188-325	I

150	297587	9128228	6,5	13	0	67	127	154	-	207-361	B
<b>CÓDIG O</b>	<b>Este</b>	<b>Norte</b>	<b>COTA S</b>	<b>ESP SOLO</b>	<b>ESP BARREIRAS</b>	<b>ESP GRAMAME</b>	<b>ESP ITAMARACA</b>	<b>ESP BEBERIBE</b>	<b>TOPO CRIST.</b>	<b>FILTROS</b>	<b>Fm CAPTADA</b>
151	297764	9127376	6,5	20	0	220	0	120	-	234-349	B
152	296840	9125410	2,5	15	0	122,5	199,5	0	-	192,5-327,0	I
153	296494	9131744	1,8	8	0	77	16	0	-	s/ filtro	I
154	296494	9131732	2	11	0	61	38	0	-	s/ filtro	I
155	296398	9131758	1,5	12	0	72	66	31	-	112-170	I/B
156	297568	9129520	2	0	0	73	89	141	-	190-290	B
157	294150	9121350	5,1	8	0	0	128	164	300	142-288	B
158	295425	9120950	2,2	8	0	0	247	70	325	144-312	B/I
159	294825	9120275	3,8	8	0	28	112	174	322	144-216	B/I
160	294825	9121300	3	0	10	0	130	178	318	139-310	B
161	294275	9120500	4	2	0	0	196	100	298	148-288	B/I
162	295950	9120450	3,5	2	10	34	84	198	328	150-318	B
163	290790	9120318	26	15	0	0	51	180	246	117-205	B
164	290791	9120670	23	8	0	0	38	187	233	117-207	B
166	290800	9119585	55,4	8	20	0	52	194	-	118,10-262,30	B
167	291090	9120821	9,7	0	48	0	0	142	-	20-174	B
168	290660	9120225	37	0	12	0	0	218	-	50-224	B
170	294390	9117700	47	16	0	0	64	118	-	94-176	B
171	290151	9122806	37,5	0	0	0	120	141	-	132,3-249,9	B
172	289417	9122649	68	0	0	0	118	130	248	130-247	B
173	289145	9121849	21,5	0	22	0	98	120	240	139-230	B
174	288808	9125012	21	0	0	0	30	0	-	2a24	I
175	291863	9122401	10	0	28	0	2	0	-	18,5-25	Ba?
176	291600	9122180	9,8	0	30	0	50	173	253	136-244	B
177	291636	9122439	25	0	26	0	0	0	-	19,5-29	Ba
178	292019	9122907	15	0	30	0	11	0	-	20,49-33	Ba
179	291833	9122015	9,8	6	0	0	0	35	-	20,5-38,67	B
180	293246	9122513	4,3	0	0	0	29	0	-	15,40-25,70	I
181	291348	9122553	10	0	41	0	0	0	-	22,11-38,71	Ba?
182	292120	9122130	9,8	0	0	0	0	30	-	15-27,6	B

183	292106	9122141	9,8	0	44	0	28	38	-	41,5-110	I/B?
<b>CÓDIGO</b>	<b>Este</b>	<b>Norte</b>	<b>COTA S</b>	<b>ESP SOLO</b>	<b>ESP BARREIRAS</b>	<b>ESP GRAMAME</b>	<b>ESP ITAMARACA</b>	<b>ESP BEBERIBE</b>	<b>TOPO CRIST.</b>	<b>FILTROS</b>	<b>Fm CAPTADA</b>
184	291484	9122856	27	0	60	0	12	38	-	51-106	I/B?
185	291289	9121828	15	0	0	0	34	0	-	16-32,1	I?
186	291740	9123735	61	0	0	0	0	42	-	21,2-33,2	B?
187	291495	9123672	19,8	0	0	0	0	44	-	26,1-39,7	B
188	291301	9160358	20	0	40	0	30	40	-	51,98-106,98	I/B
189	294960	9122800	8	0	0	34	106	191	331	154-320	B
190	295660	9123640	10,2	0	0	44	96	170	310	138-310	B
191	295680	9122070	9,8	0	0	52	112	181	345	164-330	B
192	295170	9122380	8	0	0	28	126	174	328	142-320	B
193	295170	9122380		2	0	0	92	87	-	89-155	I/B
194	287870	9119225	74	0	52	20	2	60	-	101,5-128	B
195	287790	9119180	71	0	57	0	0	123	-	125,50-127,50	B
196	287960	9119200	71	0	64	0	0	126	-	87,5-181,5	B
197	299094	9123153	2,8	10	0	84	31	0	-	n tem filtro	I
198	298370	9126850	1,8	7	0	84	100	0	-	160-180	I
199	296377	9128027	2	8	0	49	95	0	-	70-128	I
200	290970	9124684	4	2	46	0	48	0	-	24-28/48-50/53-56	I/Ba
201	289788	9162686	3	12	0	0	61	107	-	59,5-123,	I/B
202	289757	9162870	8	6	0	16,5	157,5	0	-	60-116	I
203	289543	9162777	G	10	0	0	75	95	180	60-116	I/B
204	291811	9121928	9,8	2	0	0	0	43	-	8-24/28-40	B
205	291640	9121900	10	0	0	0	0	45	-	8-24/28-41	B
206	291810	9121000	23	2	0	0	43	0	-	7-16/27-42	I
207	291910	9121900	9,8	2	0	0	43	0	-	8-24/28-43	I
208	291450	9121350	9,6	2	0	0	43	0	-	8-20/38-42	I
209	296615	9132399	1,5	3	0	0	72	0	-	?	I
215	286873	9136157	15		88	0	0	45	-	59,5-75,5	Ba/B?
221	288970	9159251	4,8	6	0	0	0	200	-	?	B
222	279756	9125062	112	0	45	0	0	44,58	-	56-84	B

223	279610	9129732	114	6	0	0	21	62,55	-	?	B
<b>CÓDIGO</b>	<b>Este</b>	<b>Norte</b>	<b>COTA</b>	<b>ESP</b>	<b>ESP</b>	<b>ESP</b>	<b>ESP</b>	<b>ESP</b>	<b>TOPO</b>	<b>FILTROS</b>	<b>Fm CAPTADA</b>
<b>O</b>			<b>S</b>	<b>SOLO</b>	<b>BARREIRAS</b>	<b>GRAMAME</b>	<b>ITAMARACA</b>	<b>BEBERIBE</b>	<b>CRIST.</b>		
224	281171	9132484	108	9	45	0	0	63	117	?	B
225	289042	9117516	70	0	68	0	0	86	-	?	B?
228	298366	9121675	4	0	0	17	0	103	-	s/ filtro	B
229	292993	9120495	8,5	0	0	0	0	100	-		B
233	299702	9156098	G	0	24	0	184	92	-	137,1-228,6	I/B
234	288808	9125012	21	0	45,5	0	1,5	0	-	2a46	Ba
235	291677	9124042	14,8	0	36	0	64	120	-	176-218	B/I
236	298573	9123151	3,9	24	0	51	0	0	-	41,5-72,0	G/ M.F
237	283386	9122368	45	3	0	0	0	90	93	42-79	B
238	281194	9131890	107	0	0	0	0	116	116	80-116	B
242	289750	9123572	27	0	60	40	0	45	-	42,2-110,47	Ba/B/I
250	275432	9164919	40	0	40	0	0	0	40	20-36	Ba?
251	289764	9137076	26,5	0	0	0	0	23	-	23m	B
252	290067	9137290	24	0	0	0	0	23	-	PZ	B
253	290239	9137241	2	0	0	0	0	20,37	-	PZ	B
255	290000	9137188	26	0	0	0	0	23	-	23m	B
262	290851	9123946	18	0	47	5	0	79	-	71-128	B
264	290316	9123836	24	0	59	16	0	7	-	42-80	Ba/G/B?
266	287340	9121349	80	0	48	27	0	65	-	52-105	G/B?
272	275277	9164816	40	0	30	0	0	0	30	11---31	Ba
274	289329	9137889	22	0	0	0	75	99	-	85-170	B
275	290615	9123641	16	3	37	8	74	0	-	90-120	I
284	289596	9137152	25	0	21	10	32	108	-	52-102	I/B
285	291161	9124464	12	0	0	0	0	86	-	56-76	B
286	289904	9136693	29	27	0	65	0	125	217	62-209	G/B
287	295517	9128637	2,2	0	0	35	65	0	-	38-41/41-61	I
288	289658	9136968	27	6	26	28	154	0	214	132,5-206	I
289	289873	9136816	27	0	31	30	0	50	-	52-111	G/B
290	289873	9136816	30							57-93	B?
291	289775	9138136	15	0	20	55	0	38	-	79-113	B?

292	290329	9137524	3	0	16	42	0	47	-	16-26/48-105	B/I
<b>CÓDIG O</b>	<b>Este</b>	<b>Norte</b>	<b>COTA S</b>	<b>ESP SOLO</b>	<b>ESP BARREIRAS</b>	<b>ESP GRAMAME</b>	<b>ESP ITAMARACA</b>	<b>ESP BEBERIBE</b>	<b>TOPO CRIST.</b>	<b>FILTROS</b>	<b>Fm CAPTADA</b>
293	290303	9136725	15	4	12	31	0	26	-	43-73	B
295	289717	9137460	18	5	23	12	0	27	-	52-65	B
296	289480	9122281	68	0	40	0	56	104	-	96-190	B
298	289450	9122065	30	0	30	0	0	110	-	112-136	B
299	289142	9122371	70	0	85	0	25	70	-	110-170	B
300	289420	9121912	18	0	36	15	0	57	-	90-106	B
302	290293	9136836	15	0	0	0	0	19,23	-	PZ	B?
304	289778	9123262	30	0	30	0	64	35	-	108-128	B
305	287338	9121656	65	5	25	0	66	67	-	86-110	B/I
306	287645	9121658	25	0	18	0	0	86	-	43-102	B?
309	290790	9123669	20,5	0	40	0	40	63	-	98-138	B?
310	291405	9123334	17	2	53	0	0	0	-	1,2-12	Ba
313	288664	9119819	65	0	28	0	0	117	-	104-140	B?
315	294054	9125297	1,5	0	0	0	122	132	-	167-243,50	B
318	286915	9120364	81	0	38	0	0	64	-	84-96	B
319	284058	9122286	55,5	0	54	0	0	28	-	66-78	B
320	286886	9120056	40	0	15	0	0	35	-	46-48	B
321	288806	9122155	26	0	45	0	0	65	-	77-109	B
325	290121	9122683	27	0	42	0	0	0	-	22-40	Ba
326	290151	9122775	37	0	35	0	0	0	-	12---25	Ba
327	290152	9122683	25	0	21	0	0	0	-	12---21	Ba
328	270800	9138450	120	3	21	0	0	0	24	17-27	Ba
329	290152	9122714	37	0	32	0	0	0	-	12---26	Ba
331	287726	9137205	19	0	15	0	0	125	-	110-140	B?
332	289666	9121728	70	5	20	0	5	75	-	N INF.	B?
333	289942	9121699	18	0	19	0	6	110	-	N INF.	B?
338	283972	9122249	40	0	24	0	0	76	-	n localizado	B
339	283908	9122199	45	6	0	0	0	78	-	47-84	B?
340	298733	9142907	2	4	0	76	0	34	-	s/ filtro	B?
341	298733	9142907	2	4	0	80	66	0	-	s/ filtro	I

342	292993	9124447	8	4	0	0	0	100	-	50-85	B?
<b>CÓDIGO</b>	<b>Este</b>	<b>Norte</b>	<b>COTA S</b>	<b>ESP SOLO</b>	<b>ESP BARREIRAS</b>	<b>ESP GRAMAME</b>	<b>ESP ITAMARACA</b>	<b>ESP BEBERIBE</b>	<b>TOPO CRIST.</b>	<b>FILTROS</b>	<b>Fm CAPTADA</b>
343	288721	9120741	10	0	38	0	0	38	-	29-69	Ba/B?
344	288721	9120741	25	0	13	0	0	118	-	57-98	Ba/B?
345	290211	9123206	45	0	60	11	0	74	-	42,27-100,54	Ba/G/B?
346	298733	9142907	52	0	30	0	0	74	-	46-104	B
347	289279	9132726	30	0	26	0	18	86	-	39-98	B/I?
348	292993	9124447	30	0	11	0	0	123	-	82-126	B
349	288721	9120741		0	0	0	160	20	-	52-126	I
350	288721	9120741	1	0	0	57	90	5	-	68-104	I
351	290026	9136878	25	0	20	57	36	0	-	s/ filtro	I/G?
354	289279	9132726	30	0	62	0	12	143	217	101-213	B
358	290026	9136878		0	0	0	100	50	-	106-146	B
359	290026	9136878		0	66	0	0	0	66	43-63	Ba
360	287940	9119390	31,5	0	23	0	77	148	248	137-246	B
361	289490	9126613	23,3	0	60	26	0	120	206	86-206	B
362	291080	9118564	16	0	28	0	0	0	-	19-28	Ba?
363	291053	9118558	15,5	0	30	0	0	0	-	18-30	Ba?
364	291029	9118521	20	0	28	0	0	0	-	20-28	Ba?
365	288133	9120191	68	0	68	0	10	31	-	91,5-107,5	B
366	288185	9120093	40	0	50	0	0	122	-	120-168	B
374	289385	9121249	20	0	75	0	25	52	-	86-150	I/B
375	289626	9121148	25	0	0	0	0	163	-	99-161	B?
379	289729	9122454	60	0	71	0	20	59	-	115-150	B
380	289707	9122528	55	0	82	18	0	50	-	105-145	B?
382	288308	9121673	7,2	0	14	0	19	28	-	?	B ?
384	294147	9119875		8	0	12	92	52	-	146-160	B
385	284497	9120168	45	0	38	0	0	64	-	84-96	B
386	292843	9139925	6	6	0	7,7	1,8	0	-	0	I
387	293725	9140025	14	0	3,6	38,5	3	0	-	0	I
388	286735	9142962		6	0	0	0	38	-	67-125	Ba/B

## ANEXO 3 – Carga Hidráulica, NE e Cota de poços que captam o aquífero Beberibe.

<b>CÓDIGO</b>	<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>	<b>NE (médio)</b>	<b>COTA</b>	<b>CARGA HIDRÁULICA</b>
52	289321	9130299	20,59	20	-0,59
53	289167	9130329	21,38	9,9	-11,48
54	286580	9118120	12,34	31	18,66
64	290100	9125730	15,83	20,3	4,46
80	289270	9124730	47,26	19,9	-27,37
95	289700	9130150	42,49	25	-17,50
97	290083	9129249	45,36	21	-24,36
106	298046	9141384	20,02	5	-15,02
113	295960	9138640	26,37	3,5	-22,87
115	290890	9140373	12,68	11	-1,69
127	293440	9121980	7,90	3,5	-4,40
133	290665	9121970	41,07	23	-18,08
139	296306	9124100	7,74	2,2	-5,54
140	297015	9123802	8,07	2,2	-5,87
143	298104	9123982	45,62	3,8	-41,83
146	298380	9123745	7,04	3,8	-3,25
162	295950	9120450	65,71	3,5	-62,21
163	290790	9120318	66,03	26	-40,04
168	290660	9120225	76,74	37	-39,74
189	294960	9122800	60,65	8	-52,65
190	295660	9123640	56,15	10,2	-45,95
191	295680	9122070	59,88	9,8	-50,09
196	287960	9119200	78,83	71	-7,84
233	299702	9156098	32,54	4	-28,54



ANEXO 4 – Planilha de cálculo do excesso mensal e anual de água no período de janeiro de 1963 a dezembro de 1992 (360 meses). Estações Igarassu, Itaquitinga e Itapirema (valores apresentados em mm).

MÊS	PMM	ETP	Solo	P-ETP+S	RU	RU1	EVR	EAG
1	58,1	175	100,0	-16,9	-16,9	0,0	58,1	0,0
2	188,1	135,8	0,0	52,3	52,3	52,3	188,1	0,0
3	564,5	139,5	52,3	477,3	100,0	100,0	139,5	377,3
4	792,7	117	100,0	775,7	100,0	100,0	117,0	675,7
5	224,6	97,6	100,0	227,0	100,0	100,0	97,6	127,0
6	258,1	85,5	100,0	272,6	100,0	100,0	85,5	172,6
7	238,6	93	100,0	245,6	100,0	100,0	93,0	145,6
8	146,7	106,9	100,0	139,8	100,0	100,0	106,9	39,8
9	47,1	124,5	100,0	22,6	22,6	22,6	47,1	0,0
10	8,2	147,2	22,6	-116,4	-116,4	0,0	8,2	0,0
11	62,2	148,5	0,0	-86,3	-86,3	0,0	62,2	0,0
12	67,0	153,4	0,0	-86,4	-86,4	0,0	67,0	0,0
13	119,9	175	0,0	-55,1	-55,1	0,0	119,9	0,0
14	395,6	135,8	0,0	259,8	100,0	100,0	135,8	159,8
15	273,0	139,5	100,0	233,5	100,0	100,0	139,5	133,5
16	379,1	117	100,0	362,1	100,0	100,0	117,0	262,1
17	390,8	97,6	100,0	393,2	100,0	100,0	97,6	293,2
18	439,7	85,5	100,0	454,2	100,0	100,0	85,5	354,2
19	298,1	93	100,0	305,1	100,0	100,0	93,0	205,1
20	223,2	106,9	100,0	216,3	100,0	100,0	106,9	116,3
21	134,6	124,5	100,0	110,1	100,0	100,0	124,5	10,1
22	24,3	147,2	100,0	-22,9	-22,9	0,0	24,3	0,0
23	24,3	148,5	0,0	-124,2	-124,2	0,0	24,3	0,0
24	28,2	153,4	0,0	-125,2	-125,2	0,0	28,2	0,0
25	220,9	175	0,0	45,9	45,9	45,9	220,9	0,0
26	73,1	135,8	45,9	-16,9	-16,9	0,0	73,1	0,0
27	126,2	139,5	0,0	-13,3	-13,3	0,0	126,2	0,0
28	337,3	117	0,0	220,3	100,0	100,0	117,0	120,3
29	314,1	97,6	100,0	316,5	100,0	100,0	97,6	216,5
30	426,8	85,5	100,0	441,3	100,0	100,0	85,5	341,3
31	207,3	93	100,0	214,3	100,0	100,0	93,0	114,3
32	139,3	106,9	100,0	132,4	100,0	100,0	106,9	32,4
33	99,5	124,5	100,0	75,0	75,0	75,0	99,5	0,0
34	27,9	147,2	75,0	-44,3	-44,3	0,0	27,9	0,0
35	22,1	148,5	0,0	-126,4	-126,4	0,0	22,1	0,0
36	49,3	153,4	0,0	-104,1	-104,1	0,0	49,3	0,0
37	120,3	175	0,0	-54,7	-54,7	0,0	120,3	0,0
38	159,8	135,8	0,0	24,0	24,0	24,0	159,8	0,0
39	154,2	139,5	24,0	38,7	38,7	38,7	154,2	0,0

MÊS	PMM	ETP	Solo	P-ETP+S	RU	RU1	EVR	EAG
40	176,2	117	38,7	98,0	98,0	98,0	176,2	0,0
41	440,1	97,6	98,0	440,4	100,0	100,0	97,6	340,4
42	363,2	85,5	100,0	377,7	100,0	100,0	85,5	277,7
43	589,7	93	100,0	596,7	100,0	100,0	93,0	496,7
44	138,3	106,9	100,0	131,4	100,0	100,0	106,9	31,4
45	135,4	124,5	100,0	110,9	100,0	100,0	124,5	10,9
46	21,3	147,2	100,0	-25,9	-25,9	0,0	21,3	0,0
47	67,3	148,5	0,0	-81,2	-81,2	0,0	67,3	0,0
48	20,9	153,4	0,0	-132,5	-132,5	0,0	20,9	0,0
49	24,9	175	0,0	-150,1	-150,1	0,0	24,9	0,0
50	142,2	135,8	0,0	6,4	6,4	6,4	142,2	0,0
51	324,3	139,5	6,4	191,3	100,0	100,0	139,5	91,3
52	219,8	117	100,0	202,8	100,0	100,0	117,0	102,8
53	275,2	97,6	100,0	277,6	100,0	100,0	97,6	177,6
54	342,5	85,5	100,0	357,0	100,0	100,0	85,5	257,0
55	394,6	93	100,0	401,6	100,0	100,0	93,0	301,6
56	222,6	106,9	100,0	215,7	100,0	100,0	106,9	115,7
57	29,1	124,5	100,0	4,6	4,6	4,6	29,1	0,0
58	45,1	147,2	4,6	-97,5	-97,5	0,0	45,1	0,0
59	12,4	148,5	0,0	-136,1	-136,1	0,0	12,4	0,0
60	33,4	153,4	0,0	-120,0	-120,0	0,0	33,4	0,0
61	151,7	175	0,0	-23,3	-23,3	0,0	151,7	0,0
62	106,1	135,8	0,0	-29,7	-29,7	0,0	106,1	0,0
63	257,4	139,5	0,0	117,9	100,0	100,0	139,5	17,9
64	205,6	117	100,0	188,6	100,0	100,0	117,0	88,6
65	257,6	97,6	100,0	260,0	100,0	100,0	97,6	160,0
66	143,4	85,5	100,0	157,9	100,0	100,0	85,5	57,9
67	201,9	93	100,0	208,9	100,0	100,0	93,0	108,9
68	112,8	106,9	100,0	105,9	100,0	100,0	106,9	5,9
69	50,9	124,5	100,0	26,4	26,4	26,4	50,9	0,0
70	23,0	147,2	26,4	-97,8	-97,8	0,0	23,0	0,0
71	22,6	148,5	0,0	-125,9	-125,9	0,0	22,6	0,0
72	71,6	153,4	0,0	-81,8	-81,8	0,0	71,6	0,0
73	94,5	175	0,0	-80,5	-80,5	0,0	94,5	0,0
74	80,1	135,8	0,0	-55,7	-55,7	0,0	80,1	0,0
75	169,8	139,5	0,0	30,3	30,3	30,3	169,8	0,0
76	94,0	117	30,3	7,3	7,3	7,3	94,0	0,0
77	405,1	97,6	7,3	314,8	100,0	100,0	97,6	214,8
78	334,4	85,5	100,0	348,9	100,0	100,0	85,5	248,9
79	410,9	93	100,0	417,9	100,0	100,0	93,0	317,9
80	110,9	106,9	100,0	104,0	100,0	100,0	106,9	4,0
81	66,1	124,5	100,0	41,6	41,6	41,6	66,1	0,0
82	27,2	147,2	41,6	-78,4	-78,4	0,0	27,2	0,0
83	14,7	148,5	0,0	-133,8	-133,8	0,0	14,7	0,0
84	33,8	153,4	0,0	-119,6	-119,6	0,0	33,8	0,0
85	71,8	175	0,0	-103,2	-103,2	0,0	71,8	0,0
86	94,0	135,8	0,0	-41,8	-41,8	0,0	94,0	0,0
87	224,6	139,5	0,0	85,1	85,1	85,1	224,6	0,0
88	385,7	117	85,1	353,8	100,0	100,0	117,0	253,8

MÊS	PMM	ETP	Solo	P-ETP+S	RU	RU1	EVR	EAG
89	236,0	97,6	100,0	238,4	100,0	100,0	97,6	138,4
90	198,1	85,5	100,0	212,6	100,0	100,0	85,5	112,6
91	410,7	93	100,0	417,7	100,0	100,0	93,0	317,7
92	436,4	106,9	100,0	429,5	100,0	100,0	106,9	329,5
93	68,1	124,5	100,0	43,6	43,6	43,6	68,1	0,0
94	19,4	147,2	43,6	-84,2	-84,2	0,0	19,4	0,0
95	20,0	148,5	0,0	-128,5	-128,5	0,0	20,0	0,0
96	24,7	153,4	0,0	-128,7	-128,7	0,0	24,7	0,0
97	67,7	175	0,0	-107,3	-107,3	0,0	67,7	0,0
98	86,2	135,8	0,0	-49,6	-49,6	0,0	86,2	0,0
99	187,0	139,5	0,0	47,5	47,5	47,5	187,0	0,0
100	281,6	117	47,5	212,1	100,0	100,0	117,0	112,1
101	515,1	97,6	100,0	517,5	100,0	100,0	97,6	417,5
102	213,3	85,5	100,0	227,8	100,0	100,0	85,5	127,8
103	272,9	93	100,0	279,9	100,0	100,0	93,0	179,9
104	185,2	106,9	100,0	178,3	100,0	100,0	106,9	78,3
105	110,8	124,5	100,0	86,3	86,3	86,3	110,8	0,0
106	117,4	147,2	86,3	56,5	56,5	56,5	117,4	0,0
107	43,8	148,5	56,5	-48,3	-48,3	0,0	43,8	0,0
108	19,3	153,4	0,0	-134,1	-134,1	0,0	19,3	0,0
109	37,9	175	0,0	-137,1	-137,1	0,0	37,9	0,0
110	91,3	135,8	0,0	-44,5	-44,5	0,0	91,3	0,0
111	197,2	139,5	0,0	57,7	57,7	57,7	197,2	0,0
112	190,8	117	57,7	131,5	100,0	100,0	117,0	31,5
113	340,3	97,6	100,0	342,7	100,0	100,0	97,6	242,7
114	317,1	85,5	100,0	331,6	100,0	100,0	85,5	231,6
115	233,7	93	100,0	240,7	100,0	100,0	93,0	140,7
116	271,4	106,9	100,0	264,5	100,0	100,0	106,9	164,5
117	87,3	124,5	100,0	62,8	62,8	62,8	87,3	0,0
118	61,1	147,2	62,8	-23,3	-23,3	0,0	61,1	0,0
119	21,8	148,5	0,0	-126,7	-126,7	0,0	21,8	0,0
120	27,3	153,4	0,0	-126,1	-126,1	0,0	27,3	0,0
121	99,1	175	0,0	-75,9	-75,9	0,0	99,1	0,0
122	73,0	135,8	0,0	-62,8	-62,8	0,0	73,0	0,0
123	212,6	139,5	0,0	73,1	73,1	73,1	212,6	0,0
124	659,9	117	73,1	616,0	100,0	100,0	117,0	516,0
125	267,5	97,6	100,0	269,9	100,0	100,0	97,6	169,9
126	397,2	85,5	100,0	411,7	100,0	100,0	85,5	311,7
127	184,7	93	100,0	191,7	100,0	100,0	93,0	91,7
128	105,4	106,9	100,0	98,5	98,5	98,5	105,4	0,0
129	103,0	124,5	98,5	77,0	77,0	77,0	103,0	0,0
130	29,5	147,2	77,0	-40,7	-40,7	0,0	29,5	0,0
131	5,2	148,5	0,0	-143,3	-143,3	0,0	5,2	0,0
132	24,4	153,4	0,0	-129,0	-129,0	0,0	24,4	0,0
133	211,1	175	0,0	36,1	36,1	36,1	211,1	0,0
134	163,0	135,8	36,1	63,3	63,3	63,3	163,0	0,0
135	275,5	139,5	63,3	199,3	100,0	100,0	139,5	99,3
136	416,8	117	100,0	399,8	100,0	100,0	117,0	299,8
137	565,8	97,6	100,0	568,2	100,0	100,0	97,6	468,2

MÊS	PMM	ETP	Solo	P-ETP+S	RU	RU1	EVR	EAG
138	207,1	85,5	100,0	221,6	100,0	100,0	85,5	121,6
139	233,0	93	100,0	240,0	100,0	100,0	93,0	140,0
140	190,4	106,9	100,0	183,5	100,0	100,0	106,9	83,5
141	118,7	124,5	100,0	94,2	94,2	94,2	118,7	0,0
142	29,8	147,2	94,2	-23,2	-23,2	0,0	29,8	0,0
143	21,2	148,5	0,0	-127,3	-127,3	0,0	21,2	0,0
144	124,1	153,4	0,0	-29,3	-29,3	0,0	124,1	0,0
145	56,7	175	0,0	-118,3	-118,3	0,0	56,7	0,0
146	84,6	135,8	0,0	-51,2	-51,2	0,0	84,6	0,0
147	161,1	139,5	0,0	21,6	21,6	21,6	161,1	0,0
148	120,3	117	21,6	24,9	24,9	24,9	120,3	0,0
149	207,6	97,6	24,9	134,9	100,0	100,0	97,6	34,9
150	521,4	85,5	100,0	535,9	100,0	100,0	85,5	435,9
151	524,8	93	100,0	531,8	100,0	100,0	93,0	431,8
152	111,0	106,9	100,0	104,1	100,0	100,0	106,9	4,1
153	74,0	124,5	100,0	49,5	49,5	49,5	74,0	0,0
154	16,2	147,2	49,5	-81,5	-81,5	0,0	16,2	0,0
155	20,8	148,5	0,0	-127,7	-127,7	0,0	20,8	0,0
156	81,7	153,4	0,0	-71,7	-71,7	0,0	81,7	0,0
157	40,4	175	0,0	-134,6	-134,6	0,0	40,4	0,0
158	201,0	135,8	0,0	65,2	65,2	65,2	201,0	0,0
159	343,3	139,5	65,2	268,9	100,0	100,0	139,5	168,9
160	209,7	117	100,0	192,7	100,0	100,0	117,0	92,7
161	292,5	97,6	100,0	294,9	100,0	100,0	97,6	194,9
162	238,8	85,5	100,0	253,3	100,0	100,0	85,5	153,3
163	310,8	93	100,0	317,8	100,0	100,0	93,0	217,8
164	70,8	106,9	100,0	63,9	63,9	63,9	70,8	0,0
165	24,9	124,5	63,9	-35,8	-35,8	0,0	24,9	0,0
166	99,4	147,2	0,0	-47,8	-47,8	0,0	99,4	0,0
167	36,0	148,5	0,0	-112,5	-112,5	0,0	36,0	0,0
168	93,1	153,4	0,0	-60,3	-60,3	0,0	93,1	0,0
169	94,2	175	0,0	-80,8	-80,8	0,0	94,2	0,0
170	112,9	135,8	0,0	-22,9	-22,9	0,0	112,9	0,0
171	183,7	139,5	0,0	44,2	44,2	44,2	183,7	0,0
172	254,1	117	44,2	181,3	100,0	100,0	117,0	81,3
173	307,5	97,6	100,0	309,9	100,0	100,0	97,6	209,9
174	400,3	85,5	100,0	414,8	100,0	100,0	85,5	314,8
175	424,7	93	100,0	431,7	100,0	100,0	93,0	331,7
176	106,1	106,9	100,0	99,2	99,2	99,2	106,1	0,0
177	61,4	124,5	99,2	36,1	36,1	36,1	61,4	0,0
178	75,3	147,2	36,1	-35,9	-35,9	0,0	75,3	0,0
179	21,7	148,5	0,0	-126,8	-126,8	0,0	21,7	0,0
180	50,7	153,4	0,0	-102,7	-102,7	0,0	50,7	0,0
181	49,0	175	0,0	-126,0	-126,0	0,0	49,0	0,0
182	142,5	135,8	0,0	6,7	6,7	6,7	142,5	0,0
183	218,5	139,5	6,7	85,7	85,7	85,7	218,5	0,0
184	392,4	117	85,7	361,0	100,0	100,0	117,0	261,0
185	255,9	97,6	100,0	258,3	100,0	100,0	97,6	158,3
186	304,6	85,5	100,0	319,1	100,0	100,0	85,5	219,1

MÊS	PMM	ETP	Solo	P-ETP+S	RU	RU1	EVR	EAG
187	455,2	93	100,0	462,2	100,0	100,0	93,0	362,2
188	171,5	106,9	100,0	164,6	100,0	100,0	106,9	64,6
189	195,3	124,5	100,0	170,8	100,0	100,0	124,5	70,8
190	32,3	147,2	100,0	-14,9	-14,9	0,0	32,3	0,0
191	55,9	148,5	0,0	-92,6	-92,6	0,0	55,9	0,0
192	39,4	153,4	0,0	-114,0	-114,0	0,0	39,4	0,0
193	70,8	175	0,0	-104,2	-104,2	0,0	70,8	0,0
194	126,2	135,8	0,0	-9,6	-9,6	0,0	126,2	0,0
195	174,6	139,5	0,0	35,1	35,1	35,1	174,6	0,0
196	221,0	117	35,1	139,2	100,0	100,0	117,0	39,2
197	424,2	97,6	100,0	426,6	100,0	100,0	97,6	326,6
198	276,0	85,5	100,0	290,5	100,0	100,0	85,5	190,5
199	251,4	93	100,0	258,4	100,0	100,0	93,0	158,4
200	47,2	106,9	100,0	40,3	40,3	40,3	47,2	0,0
201	216,5	124,5	40,3	132,3	100,0	100,0	124,5	32,3
202	31,3	147,2	100,0	-15,9	-15,9	0,0	31,3	0,0
203	71,1	148,5	0,0	-77,4	-77,4	0,0	71,1	0,0
204	14,6	153,4	0,0	-138,8	-138,8	0,0	14,6	0,0
205	79,1	175	0,0	-95,9	-95,9	0,0	79,1	0,0
206	264,1	135,8	0,0	128,3	100,0	100,0	135,8	28,3
207	213,8	139,5	100,0	174,3	100,0	100,0	139,5	74,3
208	266,1	117	100,0	249,1	100,0	100,0	117,0	149,1
209	221,6	97,6	100,0	224,0	100,0	100,0	97,6	124,0
210	226,7	85,5	100,0	241,2	100,0	100,0	85,5	141,2
211	108,2	93	100,0	115,2	100,0	100,0	93,0	15,2
212	104,3	106,9	100,0	97,4	97,4	97,4	104,3	0,0
213	84,5	124,5	97,4	57,4	57,4	57,4	84,5	0,0
214	50,2	147,2	57,4	-39,6	-39,6	0,0	50,2	0,0
215	44,1	148,5	0,0	-104,4	-104,4	0,0	44,1	0,0
216	71,4	153,4	0,0	-82,0	-82,0	0,0	71,4	0,0
217	94,1	175	0,0	-80,9	-80,9	0,0	94,1	0,0
218	112,2	135,8	0,0	-23,6	-23,6	0,0	112,2	0,0
219	146,7	139,5	0,0	7,2	7,2	7,2	146,7	0,0
220	85,8	117	7,2	-24,0	-24,0	0,0	85,8	0,0
221	186,0	97,6	0,0	88,4	88,4	88,4	186,0	0,0
222	208,6	85,5	88,4	211,5	100,0	100,0	85,5	111,5
223	101,5	93	100,0	108,5	100,0	100,0	93,0	8,5
224	54,0	106,9	100,0	47,1	47,1	47,1	54,0	0,0
225	115,8	124,5	47,1	38,4	38,4	38,4	115,8	0,0
226	31,9	147,2	38,4	-76,9	-76,9	0,0	31,9	0,0
227	42,6	148,5	0,0	-105,9	-105,9	0,0	42,6	0,0
228	145,3	153,4	0,0	-8,1	-8,1	0,0	145,3	0,0
229	112,6	175	0,0	-62,4	-62,4	0,0	112,6	0,0
230	145,1	135,8	0,0	9,3	9,3	9,3	145,1	0,0
231	112,0	139,5	9,3	-18,2	-18,2	0,0	112,0	0,0
232	101,2	117	0,0	-15,8	-15,8	0,0	101,2	0,0
233	306,2	97,6	0,0	208,6	100,0	100,0	97,6	108,6
234	355,8	85,5	100,0	370,3	100,0	100,0	85,5	270,3
235	218,9	93	100,0	225,9	100,0	100,0	93,0	125,9

MÊS	PMM	ETP	Solo	P-ETP+S	RU	RU1	EVR	EAG
236	86,5	106,9	100,0	79,6	79,6	79,6	86,5	0,0
237	155,2	124,5	79,6	110,3	100,0	100,0	124,5	10,3
238	23,0	147,2	100,0	-24,2	-24,2	0,0	23,0	0,0
239	50,0	148,5	0,0	-98,5	-98,5	0,0	50,0	0,0
240	53,1	153,4	0,0	-100,3	-100,3	0,0	53,1	0,0
241	65,0	175	0,0	-110,0	-110,0	0,0	65,0	0,0
242	133,4	135,8	0,0	-2,4	-2,4	0,0	133,4	0,0
243	346,8	139,5	0,0	207,3	100,0	100,0	139,5	107,3
244	100,4	117	100,0	83,4	83,4	83,4	100,4	0,0
245	243,6	97,6	83,4	229,4	100,0	100,0	97,6	129,4
246	142,4	85,5	100,0	156,9	100,0	100,0	85,5	56,9
247	162,9	93	100,0	169,9	100,0	100,0	93,0	69,9
248	164,5	106,9	100,0	157,6	100,0	100,0	106,9	57,6
249	95,5	124,5	100,0	71,0	71,0	71,0	95,5	0,0
250	60,7	147,2	71,0	-15,5	-15,5	0,0	60,7	0,0
251	7,5	148,5	0,0	-141,0	-141,0	0,0	7,5	0,0
252	13,7	153,4	0,0	-139,7	-139,7	0,0	13,7	0,0
253	94,7	175	0,0	-80,3	-80,3	0,0	94,7	0,0
254	59,3	135,8	0,0	-76,5	-76,5	0,0	59,3	0,0
255	136,8	139,5	0,0	-2,7	-2,7	0,0	136,8	0,0
256	405,5	117	0,0	288,5	100,0	100,0	117,0	188,5
257	365,8	97,6	100,0	368,2	100,0	100,0	97,6	268,2
258	202,7	85,5	100,0	217,2	100,0	100,0	85,5	117,2
259	320,8	93	100,0	327,8	100,0	100,0	93,0	227,8
260	294,0	106,9	100,0	287,1	100,0	100,0	106,9	187,1
261	53,0	124,5	100,0	28,5	28,5	28,5	53,0	0,0
262	55,4	147,2	28,5	-63,3	-63,3	0,0	55,4	0,0
263	49,9	148,5	0,0	-98,6	-98,6	0,0	49,9	0,0
264	7,1	153,4	0,0	-146,3	-146,3	0,0	7,1	0,0
265	52,4	175	0,0	-122,6	-122,6	0,0	52,4	0,0
266	80,6	135,8	0,0	-55,2	-55,2	0,0	80,6	0,0
267	263,0	139,5	0,0	123,5	100,0	100,0	139,5	23,5
268	269,5	117	100,0	252,5	100,0	100,0	117,0	152,5
269	388,4	97,6	100,0	390,8	100,0	100,0	97,6	290,8
270	350,9	85,5	100,0	365,4	100,0	100,0	85,5	265,4
271	445,8	93	100,0	452,8	100,0	100,0	93,0	352,8
272	126,0	106,9	100,0	119,1	100,0	100,0	106,9	19,1
273	121,1	124,5	100,0	96,6	96,6	96,6	121,1	0,0
274	11,4	147,2	96,6	-39,2	-39,2	0,0	11,4	0,0
275	27,5	148,5	0,0	-121,0	-121,0	0,0	27,5	0,0
276	33,2	153,4	0,0	-120,2	-120,2	0,0	33,2	0,0
277	43,9	175	0,0	-131,1	-131,1	0,0	43,9	0,0
278	121,6	135,8	0,0	-14,2	-14,2	0,0	121,6	0,0
279	374,0	139,5	0,0	234,5	100,0	100,0	139,5	134,5
280	322,2	117	100,0	305,2	100,0	100,0	117,0	205,2
281	294,4	97,6	100,0	296,8	100,0	100,0	97,6	196,8
282	362,4	85,5	100,0	376,9	100,0	100,0	85,5	276,9
283	348,4	93	100,0	355,4	100,0	100,0	93,0	255,4
284	218,7	106,9	100,0	211,8	100,0	100,0	106,9	111,8

MÊS	PMM	ETP	Solo	P-ETP+S	RU	RU1	EVR	EAG
285	101,1	124,5	100,0	76,6	76,6	76,6	101,1	0,0
286	77,0	147,2	76,6	6,5	6,5	6,5	77,0	0,0
287	172,5	148,5	6,5	30,5	30,5	30,5	172,5	0,0
288	59,4	153,4	30,5	-63,6	-63,6	0,0	59,4	0,0
289	66,2	175	0,0	-108,8	-108,8	0,0	66,2	0,0
290	84,1	135,8	0,0	-51,7	-51,7	0,0	84,1	0,0
291	335,4	139,5	0,0	195,9	100,0	100,0	139,5	95,9
292	255,4	117	100,0	238,4	100,0	100,0	117,0	138,4
293	101,1	97,6	100,0	103,5	100,0	100,0	97,6	3,5
294	387,8	85,5	100,0	402,3	100,0	100,0	85,5	302,3
295	354,1	93	100,0	361,1	100,0	100,0	93,0	261,1
296	113,4	106,9	100,0	106,5	100,0	100,0	106,9	6,5
297	16,0	124,5	100,0	-8,5	-8,5	0,0	16,0	0,0
298	19,2	147,2	0,0	-128,0	-128,0	0,0	19,2	0,0
299	67,3	148,5	0,0	-81,2	-81,2	0,0	67,3	0,0
300	58,7	153,4	0,0	-94,7	-94,7	0,0	58,7	0,0
301	77,8	175	0,0	-97,2	-97,2	0,0	77,8	0,0
302	118,0	135,8	0,0	-17,8	-17,8	0,0	118,0	0,0
303	274,4	139,5	0,0	134,9	100,0	100,0	139,5	34,9
304	229,5	117	100,0	212,5	100,0	100,0	117,0	112,5
305	175,5	97,6	100,0	177,9	100,0	100,0	97,6	77,9
306	340,1	85,5	100,0	354,6	100,0	100,0	85,5	254,6
307	149,5	93	100,0	156,5	100,0	100,0	93,0	56,5
308	68,0	106,9	100,0	61,1	61,1	61,1	68,0	0,0
309	21,8	124,5	61,1	-41,6	-41,6	0,0	21,8	0,0
310	19,7	147,2	0,0	-127,5	-127,5	0,0	19,7	0,0
311	20,4	148,5	0,0	-128,1	-128,1	0,0	20,4	0,0
312	99,5	153,4	0,0	-53,9	-53,9	0,0	99,5	0,0
313	36,7	175	0,0	-138,3	-138,3	0,0	36,7	0,0
314	49,3	135,8	0,0	-86,5	-86,5	0,0	49,3	0,0
315	224,7	139,5	0,0	85,2	85,2	85,2	224,7	0,0
316	358,2	117	85,2	326,4	100,0	100,0	117,0	226,4
317	237,9	97,6	100,0	240,3	100,0	100,0	97,6	140,3
318	290,0	85,5	100,0	304,5	100,0	100,0	85,5	204,5
319	323,6	93	100,0	330,6	100,0	100,0	93,0	230,6
320	59,4	106,9	100,0	52,5	52,5	52,5	59,4	0,0
321	47,7	124,5	52,5	-24,4	-24,4	0,0	47,7	0,0
322	90,3	147,2	0,0	-56,9	-56,9	0,0	90,3	0,0
323	4,4	148,5	0,0	-144,1	-144,1	0,0	4,4	0,0
324	135,6	153,4	0,0	-17,8	-17,8	0,0	135,6	0,0
325	40,8	175	0,0	-134,2	-134,2	0,0	40,8	0,0
326	18,4	135,8	0,0	-117,4	-117,4	0,0	18,4	0,0
327	28,6	139,5	0,0	-110,9	-110,9	0,0	28,6	0,0
328	351,8	117	0,0	234,8	100,0	100,0	117,0	134,8
329	232,1	97,6	100,0	234,5	100,0	100,0	97,6	134,5
330	226,3	85,5	100,0	240,8	100,0	100,0	85,5	140,8
331	468,5	93	100,0	475,5	100,0	100,0	93,0	375,5
332	289,8	106,9	100,0	282,9	100,0	100,0	106,9	182,9
333	120,1	124,5	100,0	95,6	95,6	95,6	120,1	0,0

MÊS	PMM	ETP	Solo	P-ETP+S	RU	RU1	EVR	EAG
334	81,0	147,2	95,6	29,4	29,4	29,4	81,0	0,0
335	30,3	148,5	29,4	-88,8	-88,8	0,0	30,3	0,0
336	36,1	153,4	0,0	-117,3	-117,3	0,0	36,1	0,0
337	18,6	175	0,0	-156,4	-156,4	0,0	18,6	0,0
338	33,9	135,8	0,0	-101,9	-101,9	0,0	33,9	0,0
339	137,8	139,5	0,0	-1,7	-1,7	0,0	137,8	0,0
340	315,2	117	0,0	198,2	100,0	100,0	117,0	98,2
341	363,1	97,6	100,0	365,5	100,0	100,0	97,6	265,5
342	200,6	85,5	100,0	215,1	100,0	100,0	85,5	115,1
343	281,5	93	100,0	288,5	100,0	100,0	93,0	188,5
344	189,7	106,9	100,0	182,8	100,0	100,0	106,9	82,8
345	54,4	124,5	100,0	29,9	29,9	29,9	54,4	0,0
346	100,6	147,2	29,9	-16,7	-16,7	0,0	100,6	0,0
347	34,1	148,5	0,0	-114,4	-114,4	0,0	34,1	0,0
348	18,6	153,4	0,0	-134,8	-134,8	0,0	18,6	0,0
349	108,0	175	0,0	-67,0	-67,0	0,0	108,0	0,0
350	147,2	135,8	0,0	11,4	11,4	11,4	147,2	0,0
351	243,5	139,5	11,4	115,4	100,0	100,0	139,5	15,4
352	145,3	117	100,0	128,3	100,0	100,0	117,0	28,3
353	420,3	97,6	100,0	422,7	100,0	100,0	97,6	322,7
354	172,9	85,5	100,0	187,4	100,0	100,0	85,5	87,4
355	138,9	93	100,0	145,9	100,0	100,0	93,0	45,9
356	178,1	106,9	100,0	171,2	100,0	100,0	106,9	71,2
357	37,8	124,5	100,0	13,3	13,3	13,3	37,8	0,0
358	34,3	147,2	13,3	-99,6	-99,6	0,0	34,3	0,0
359	10,4	148,5	0,0	-138,1	-138,1	0,0	10,4	0,0
360	16,3	153,4	0,0	-137,1	-137,1	0,0	16,3	0,0