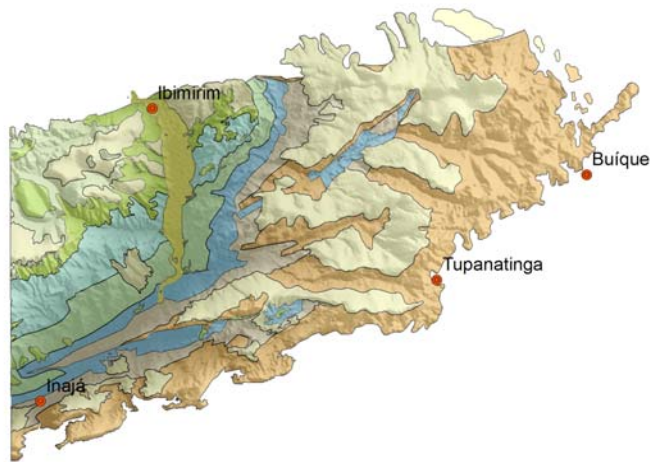




Rede Cooperativa de Pesquisa

COMPORTAMENTO DAS BACIAS SEDIMENTARES DA REGIÃO SEMI-ÁRIDA DO NORDESTE BRASILEIRO



HIDROGEOLOGIA DA BACIA SEDIMENTAR DO JATOBÁ: SISTEMA AQUÍFERO TACARATU/INAJÁ

Meta C

Caracterização Hidrogeológica dos Aquíferos

Outubro / 2007

Ministério de
Minas e Energia

Ministério da
Ciência e Tecnologia



Rede Cooperativa de Pesquisa

**COMPORTAMENTO DAS BACIAS SEDIMENTARES DA REGIÃO SEMI-
ÁRIDA DO NORDESTE BRASILEIRO**

***HIDROGEOLOGIA DA BACIA SEDIMENTAR DO
JATOBÁ: SISTEMA AQÜÍFERO TACARATU/INAJÁ***

Meta C

Caracterização Hidrogeológica dos Aquíferos

Execução:

Serviço Geológico do Brasil - CPRM

Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

Outubro / 2007

REDE COOPERATIVA DE PESQUISA

“COMPORTAMENTO DAS BACIAS SEDIMENTARES DA REGIÃO SEMI-ÁRIDA DO NORDESTE BRASILEIRO”

Coordenação:

Período 2004/2005 – Dr. *Waldir Duarte Costa*

Período 2006/2007 – MSc. *Fernando A. C. Feitosa*

Instituições Participantes:

Serviço Geológico do Brasil – CPRM

Coordenação: MSc. *Fernando A. C. Feitosa*

MSc. *Jaime Quintas dos Santos Colares*

Universidade Federal da Bahia – UFBA

Coordenadora: Dra. Joana Angélica Guimarães da Luz

Universidade Federal de Campina Grande – UFCG

Coordenador: Dr. Vajapeyam Srirangachar Srinivasan

Universidade Federal do Ceará – UFC

Coordenadora: Dra. Maria Marlúcia Freitas Santiago

Universidade Federal de Pernambuco– UFPE

Coordenador: Dr. José Geilson Alves Demétrio

Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN

Coordenador: Dr. José Geraldo de Melo

Bacia Sedimentar do Jatobá

“Hidrogeologia da Bacia Sedimentar do Jatobá: Sistema Aquífero Tacaratu/Inajá”

Meta A – Relatório Diagnóstico do Estado da Arte

1. AUTORIAS:

CPRM

MSc. Waldir Duarte Costa Filho

UFPE:

Dr. José Geilson Alves Demétrio

2. CONSULTORIAS:

Dr. Edilton Carneiro Feitosa

Dr. João Manoel Filho

3. COLABORADORES:

CPRM:

Esp. Manoel Júlio da Trindade Gomes Galvão
MSc. Franklin de Moraes
Armando Arruda Câmara Filho

UFPE:

Dr. Jaime Joaquim da Silva Pereira Cabral
Suzana Maria Gico Lima Montenegro
Adrienne de Lima Saraiva (Doutoranda)
Maria Emília Travassos Rios Tomé (Mestranda)
Francisco de Albuquerque Melo Vila Nova (Mestrando)
Paulo de Melo da Cunha Pedrosa

Meta B – Caracterização Geológica e Geométrica dos Aquíferos

1. AUTORIAS:

CPRM:

Esp. Dunaldson Eliezer Gomes Alcoforado da Rocha
MSc. Cristiano de Andrade Amaral

2. COLABORADORES:

CPRM:

MSc. Waldir Duarte Costa Filho
Esp. Manoel Júlio da Trindade Gomes Galvão
MSc. Franklin de Moraes
Armando Arruda Câmara Filho

UFPE:

Dr. Jaime Joaquim da Silva Pereira Cabral
Suzana Maria Gico Lima Montenegro
Adrienne de Lima Saraiva (Doutoranda)
Paulo de Melo da Cunha Pedrosa (Técnico)

Meta C – Caracterização Hidrogeológica dos Aquíferos

1. AUTORIAS:

CPRM:

MSc. Waldir Duarte Costa Filho

UFPE:

Dr. José Geilson Alves Demétrio
Dr. João Manoel Filho

2. CONSULTORIAS:

Dr. Edilton Carneiro Feitosa

3. COLABORADORES:

CPRM:

Esp. Manoel Júlio da Trindade Gomes Galvão
MSc. Franklin de Moraes
Armando Arruda Câmara Filho
José Walquer Roque da Costa
Carlos Fernandes Vicente Gomes
Genival Inácio de Araújo
Jorge de Vasconcelos Oliveira
Julimar de Araújo
Carlos Alberto Ramos

UFPE:

Dr. Jaime Joaquim da Silva Pereira Cabral
Suzana Maria Gico Lima Montenegro
Adrienne de Lima Saraiva (Doutoranda)
Maria Emília Travassos Rios Tomé (Mestranda)
Francisco de Albuquerque Melo Vila Nova (Mestrando)
Lyndemberg Campelo Correia

Meta D – Caracterização Hidroquímica e de Vulnerabilidade

1. AUTORIAS:

CPRM:

MSc. Waldir Duarte Costa Filho

UFPE:

Dr. José Geilson Alves Demétrio

UFC:

Dra. Maria Marlúcia Freitas Santiago – Dept. de Física/UFC.

2. CONSULTORIAS:

Dr. Edilton Carneiro Feitosa
Dr. João Manoel Filho

3. COLABORADORES:

CPRM:

Esp. Manoel Júlio da Trindade Gomes Galvão
MSc. Franklin de Moraes
Armando Arruda Câmara Filho
Carlos Fernandes Vicente Gomes
Genival Inácio de Araújo

UFPE:

Dr. Jaime Joaquim da Silva Pereira Cabral
Suzana Maria Gico Lima Montenegro

Meta E – Suporte ao Planejamento e a Gestão das Águas Subterrâneas

1. AUTORIAS:

CPRM:

MSc. Waldir Duarte Costa Filho

UFPE:

Dr. José Geilson Alves Demétrio

2. CONSULTORIAS:

Dr. Edilton Carneiro Feitosa

Dr. João Manoel Filho

3. COLABORADORES:

CPRM:

Esp. Manoel Júlio da Trindade Gomes Galvão

MSc. Franklin de Moraes

Armando Arruda Câmara Filho

Carlos Fernandes Vicente Gomes

Genival Inácio de Araújo

UFPE:

Dr. Jaime Joaquim da Silva Pereira Cabral

Suzana Maria Gico Lima Montenegro

Meta F – Estruturação e Alimentação da Base de Dados em SIG

1. AUTORIAS:

CPRM:

Francisco Edson Mendonça Gomes – Coordenação Executiva

2. COLABORADORES:

CPRM:

MSc. Waldir Duarte Costa Filho

Érika Gomes de Brito

Eriveldo da Silva Mendonça - Desenvolvimento do aplicativo multimídia

UFPE:

Dr. José Geilson Alves Demétrio

HIDROGEOLOGIA DA BACIA SEDIMENTAR DO JATOBÁ: SISTEMA AQÜÍFERO TACARATU/INAJÁ

Meta C Caracterização Hidrogeológica do Sistema Aquífero Tacaratú/Inajá

SUMÁRIO

1. DEFINIÇÃO DA REDE DE POÇOS PARA MONITORAMENTO	1
1.1 Instalação de equipamentos	2
2. NIVELAMENTO DE PONTOS D'ÁGUA	4
2.1 Caso Baraúna – RN	4
2.2 Caso Bacia do Rio do Peixe – PB	6
2.3 Comentários	9
3. MAPAS POTENCIOMÉTRICOS	10
4. BALANÇO HÍDRICO	29
4.1 Metodologia	29
4.2 Elementos e fatores do clima	30
4.3 Evapotranspiração potencial	32
4.4 Precipitações	32
4.5 Fluxo básico do Rio Moxotó	32
4.6 Precipitações médias	35
4.7 Excesso médio de água	36
4.8 Escoamento total	36
4.9 Infiltração	36
4.10 Escoamento superficial	36
4.11 Síntese do balanço hídrico na Bacia de Jatobá	42
4.12 Estatística descritiva da chuva e da recarga	42
4.13 Probabilidade de chuva na Bacia de Jatobá	43
5. CONSTRUÇÃO DE PIEZÔMETROS E TESTE DE AQUÍFEROS	44
5.1 Construção de piezômetro	44
5.2 Testes de aquífero	44
6. MODELO MATEMÁTICO	49
6.1 Introdução	49
6.2 Modelo conceitual do sistema aquífero Tacaratú/Inajá.	49
6.3 Discretização da área	52

6.4	Parâmetro hidrodinâmicos	52
6.5	Calibração	55
6.6	Simulação de cenários	58
7.	AVALIAÇÃO DE RESERVAS E RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS	
7.1	Introdução	63
7.2	Reservas	63
7.3	Recursos renováveis	63
7.4	Potencialidades	65
7.5	Disponibilidades	65
7.6	Recursos exploráveis	65
8.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67
	ANEXOS	68
	LISTA DE FIGURAS	
	Figura 1. Relação cota SRTM x cota GPS	5
	Figura 2. Ajuste das diferenças de cotas a uma distribuição normal – Baraúna-RN	5
	Figura 3. Mapas potenciométricos da região de Baraúna-RN	6
	Figura 4. Relação cota SRTM x cota GPS para a Bacia do Rio do Peixe	7
	Figura 5. Ajuste das diferenças de cotas a uma distribuição normal – Rio do Peixe-PB	7
	Figura 6. Mapas potenciométricos da Bacia do Rio do Peixe-PB	8
	Figura 7. Potenciometria elaborada pela Sudene em 1971	13
	Figura 8. Potenciometria Elaborada por Melo em 1980	14
	Figura 9. Corte Geológico AB	15
	Figura 10. Potenciometria a partir do cadastro da CPRM para o ano de 2003	16
	Figura 11. Áreas de Surgências	17
	Figura 12. Comparação entre as potenciometrias 1971, 1980 e 2003 para as linhas de carga hidráulica 400m(A), 420m(B), 440m(C) e 460m(D)	18
	Figura 13. Comparação entre as potenciometrias 1971, 1980 e 2003 para as linhas de carga hidráulica 480m(E), 500m(F), 520m(G) e 540m(H)	19
	Figura 14. Comparação entre as potenciometrias 1971, 1980 e 2003 para as linhas de carga hidráulica 560m(I), 600m(J), 640m(L) e 680m(M)	20
	Figura 15. Potenciometria em agosto de 2005	21
	Figura 16. Potenciometria em junho de 2006	22
	Figura 17. Variação da Potenciometria entre ago/2005 e jun/2006	23
	Figura 18. Temperaturas médias mensais no posto de Arcoverde – Bacia hidrográfica do Moxotó – segundo as Normais Climatológicas 1961-1990, do Ministério da Agricultura e Reforma Agrária.	30

LISTA DE FIGURAS (continuação)

Figura 19. Umidade relativa média mensal do ar no posto de Arcoverde – Bacia hidrográfica do Moxotó – segundo as Normais Climatológicas 1961-1990, do Ministério da Agricultura e Reforma Agrária.	31
Figura 20. Insolação média mensal no posto de Arcoverde – Bacia hidrográfica do Moxotó – segundo as Normais Climatológicas 1961-1990 do Ministério da Agricultura e Reforma Agrária.	31
Figura 21. Polígonos de Thiessen representativos dos pesos usados no cálculo da chuva média na bacia de Jatobá.	35
Figura 22. Histograma de freqüência da chuva média anual e distribuição gama de densidade de probabilidade; b Histograma de freqüência da recarga média anual ilustrando a presença de apenas 2 valores significativos em 30.	43
Figura 23. Localização dos poços tubulares testados.	45
Figura 24. Aparado para medir e controlar vazão.	46
Figura 25. Mapa de transmissividade.	47
Figura 26. Relação entre transmissividade e vazão específica	48
Figura 27. Profundidade do embasamento cristalino	50
Figura 28. Superfície do terreno a partir das imagens SRTM	51
Figura 29. Topo do embasamento cristalino	51
Figura 30. Discretização da área modelada	53
Figura 31. Distribuição das condutividades hidráulicas	54
Figura 32. Localização da condição de contorno tipo parede	56
Figura 33. Potenciometria calculada pelo Modflow	57
Figura 34. Correlação entre a carga calculada e a carga observada em nove poços	58
Figura 35. Evolução da população de Arcoverde entre 1970 e 2007 e previsão para 2030	59
Figura 36. Rebaixamento da potenciometria após 23 anos	62
Figura 37. Espessura saturada do sistema aquífero Tacaratú/Inajá	64
Figura 38. Potenciometria a partir do cadastro da CPRM para o ano de 2003	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Localização das Referências de Nível e das bases estabelecidas para o nivelamento dos poços na área de estudo da Bacia Sedimentar do Jatobá.	1
Tabela 2. Localização dos pluviômetros, pluviógrafos e infiltrômetros.	2
Tabela 3. Poços com informação de nível estático para o ano de 2003	24
Tabela 3. Poços com informação de nível estático para o ano de 2003 - continuação	25
Tabela 4. Dados da campanha de medição de níveis estáticos em agosto/2005	26
Tabela 5. Dados da campanha de medição de níveis estáticos em junho/2006	27
Tabela 6. Comparação entre os níveis estáticos em agosto/2005 e junho/2006	28
Tabela 7. Evapotranspiração potencial diária e total médio mensal em 6 (seis) postos pluviométricos da Bacia de Jatobá segundo Hargreaves.	32

LISTA DE TABELAS (continuação)

Tabela 8. Estações pluviométricas da bacia de Jatobá, levantadas no Banco de Dados da ANA Hidroweb	33
Tabela 9. Estações pluviométricas da bacia de Jatobá com séries de 30 anos no período de 1963 – 1992, havendo 3 (três) séries completas, uma série com 3 (três) meses ausentes, uma série com 16 (dezesesseis) meses ausentes. Somente essas duas séries incompletas tiveram os valores ausentes completados com as médias para o período de 1963 - 1990. As 5 (cinco) séries com lacunas de 45 a 175 meses, foram rejeitadas.	34
Tabela 10. Postos influentes e respectivos pesos deduzidos dos polígonos de Thiessen para o cálculo da chuva média sobre a bacia sedimentar	35
Tabela 11 - Balanço hídrico (1963-1990) – Chuva média na bacia de Jatobá (3905 km ²).	37
Tabela 12. Balanço hídrico (1963-1990) – Excesso médio de água na bacia de Jatobá (3905 km ²).	38
Tabela 13. Balanço hídrico (1963-1990) – Escoamento médio total de água na bacia de Jatobá (3905 km ²).	39
Tabela 14. Balanço hídrico (1963-1990) – Escoamento subterrâneo na bacia de Jatobá (3905 km ²).	40
Tabela 15. Balanço hídrico (1963-1990) – Escoamento superficial na bacia de Jatobá (3905 km ²).	41
Tabela 16. Resumo do balanço hídrico 1963-1992 na bacia de Jatobá (mm)	42
Tabela 17. Estatística descritiva das médias anuais de chuvas e de recarga na Bacia de Jatobá (3605 km ²) no período de 1963-1992.	42
Tabela 18. Probabilidade de ocorrência de chuvas e de recarga anual (mm) na Bacia de Jatobá (3605 km ²) no período de 1963-1992.	43
Tabela 19. Resultados dos ensaios de bombeamento	46
Tabela 20. Dados populacionais dos municípios abastecido pelo sistema Tacaratú/Inajá	59
Tabela 21. Poços utilizados na simulação de cenário	61
Tabela 22. Cálculos para a avaliação da reserva do sistema aquífero Tacaratú/Inajá	63

SIGLAS E ABREVEATURAS

ANA	Agência Nacional de Águas
CE	Ceará
CNN	Confederação Nacional dos Municípios
COMPESA	Companhia Pernambucana de Saneamento S.A.
CPRM	Serviço Geológico do Brasil
DICART	Divisão de Cartografia
ETP	Evapotranspiração potencial
ETR	Evapotranspiração real
FINEP	Financiadora de Estudos e Projetos
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
GPS	Sistema de Posicionamento Global
LABHID	Laboratório de Hidrogeologia da Universidade Federal de Pernambuco
MDT	Modelos Digitais de Terreno
PE	Pernambuco
PI	Piauí
PRODEEM	Programa de Desenvolvimento Energético dos Estados e Municípios
RN	Referências de nível
SIAGAS	Sistema de Informações de Água Subterrâneas
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission
SUDENE	Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste
UFBA	Universidade Federal da Bahia
UFC	Universidade Federal do Ceará
UFCG	Universidade Federal de Campina Grande
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
UFRN	Universidade Federal do Rio Grande do Norte
UTM-E	Universal Transversal de Mercator - Este
UTM-N	Universal Transversal de Mercator - Norte
VEN	Vazão de escoamento natural

1. DEFINIÇÃO DA REDE DE POÇOS PARA MONITORAMENTO

O inventário dos poços existentes consistiu, basicamente, pela compilação dos cadastros de poços existentes na CPRM, tanto do cadastro realizado pelo Programa do PRODEEM, o Cadastramento de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea na Região Nordeste, quanto dos poços existentes no seu banco de dados oficial, o Sistema de Informações de Águas Subterrâneas – SIAGAS.

A revisão e atualização do inventário de pontos d'água não foi realizada especificamente, deixando-se para ser atualizado durante a seleção de pontos representativos, aumentando-se em mais 26 poços cadastrados na área de estudo.

Foram selecionados, inicialmente, 111 pontos representativos, estendendo-se a 149 poços tubulares mais 07 pontos de água superficial (açudes e rios). O mapa do Anexo 01 localiza os pontos selecionados.

O nivelamento dos poços foi realizado na Bacia, no mês de setembro de 2005, pela equipe técnica da Divisão de Cartografia – DICART da CPRM ERJ, na região nordeste da área de estudo e da bacia. Iniciou-se pelo município de Buíque, estendendo-se até áreas dos municípios de Tupanatinga e de Ibimirim, neste último, precisamente na região do Moxotó.

Foram detectadas e adotadas duas referências de nível (RN) existentes: RN-353E (cidade de Buíque) e RN-353J (cidade de Cabo do Campo – município de Tupanatinga). A partir dessas duas RNs foram se deslocando bases para continuidade dos trabalhos, determinando-se, assim, as bases de Moxotó e do Brejo do Pioré. As coordenadas das RNs e das bases estão no quadro a seguir.

Tabela 1. Localização das Referências de Nível e das bases estabelecidas para o nivelamento dos poços na área de estudo da Bacia Sedimentar do Jatobá.

Nomenclatura	Tipo	Coordenadas	Localidade	Município
RN-353E	Referência de Nível	9.044.612 UTM-N 699.705 UTM-E	Buíque	Buíque
Rn-353J	Referência de Nível	9.037.050 UTM-N 687.706 UTM-E	Cabo do Campo	Tupanatinga
Base 1	Base	9.035.884 UTM-N 663.504 UTM-E	Moxotó	Ibimirim
Base 2	Base	9.046.674 UTM-N 658.993 UTM-E	Brejo do Pioré	Ibimirim

Obs.: Datum Córrego Alegre

RN: 353-E Altitude: 792.0757 m Classe: AP Ajust
Latitude: -08 38 19 Longitude:-37 11 04 Fonte: C100
Situação da RN: Bom Última visita: 07/05/57
Localização: 3 M DA MARGEM DIREITA; NO LUGAR INGAZEIRA; 3,8 KM ALEM
DA IGREJA MATRIZ DE BUIQUE.

RN: 353-J Altitude: 759.4143 m Classe: AP Ajust
Latitude: -08 42 29 Longitude:-37 17 38 Fonte: C100
Situação da RN: Bom Última visita: 09/05/57

Localização: 7 M DA MARGEM DIREITA; NO LUGAREJO "FOLHAME", 700 M AQUEM DE UMA ESCOLA RURAL; 8,7 KM AQUEM DA IGREJA DE TUPANATINGA.

No total, devido ao tempo, foram coletados os dados brutos de 38 poços. Contudo, por erro nos equipamentos utilizados, tanto pela CPRM quanto pela UFPE, não foi possível a determinação das coordenadas e das altitudes dos poços. Esse erro consistiu em uma diferença de dois segundos nas medições, ocasionando falhas nas interpretações dos dados brutos em relação às referências geográficas.

Dessa forma, os dados foram descartados e os equipamentos corrigidos mas, não a tempo de realização de novas campanhas na área da Bacia do Jatobá, devido às necessidades de nivelamento nas outras bacias estudadas no projeto (Rio do Peixe, Apodi, Lavras da Mangabeira, Araripe e Urucuaia).

Para suprir a lacuna de dados de altimetria, através do *software Global Mapper*, foram extraídas as cotas altimétricas dos poços da Bacia Sedimentar do Jatobá, conforme o detalhamento no capítulo 4.4 sobre a elaboração dos mapas potenciométricos.

1.1 Instalação de equipamentos

Na área de estudo, foram instalados dois conjuntos para medição da precipitação e da infiltração. Cada conjunto é composto de um pluviógrafo, um pluviômetro e um infiltrômetro. Um conjunto foi instalado na Formação Tacaratu e outro na Formação Inajá, visando a aquisição de parâmetros de cada aquífero correspondente, conforme coordenadas e dados abaixo.

Tabela 2. Localização dos pluviômetros, pluviógrafos e infiltrômetros.

Estação	Equipamento	Coordenadas	Localidade	Município
Catimbau	Pluviógrafo	9.047.914 UTM-N	Fazenda Amigos do Bem	Buíque
	Pluviômetro	693.244 UTM-E		
	Infiltrômetro	9.047.916 UTM-N 693.257 UTM-E		
Manari	Pluviógrafo	9.018.618 UTM-N	Poço da Compesa que abastece a cidade de Manari	Manari
	Pluviômetro	640.594 UTM-E		
	Infiltrômetro	9.018.628 UTM-N 640.585 UTM-E		

Obs.: Datum Córrego Alegre

Os pluviógrafos e os pluviômetros foram instalados pela equipe de Hidrologia da Superintendência Regional de Recife. Cada pluviógrafo é dotado de um *datalogger* que armazena constantemente os dados das precipitações para serem confrontados com as medições convencionais dos pluviômetros realizadas por observadores residentes nas localidades.

Os infiltrômetros foram instalados pela equipe do projeto a, aproximadamente, 10 metros de distância dos pluviômetros/pluviógrafos. Na extremidade externa da tubulação, foram acopladas conexões de diâmetros maiores para facilitar o manuseio da régua graduada instalada no interior dessa tubulação.

Ao final das instalações, os pluviômetros/pluviógrafos foram cercados com uma grade de madeira numa área retangular de 7 m² com lados de 2,0 por 3,5 metros, enquanto os infiltrômetros, numa área de 2 m² com lados de 1,0 por 2,0 metros.

Planejava-se construir dois piezômetros na área de estudo, nas mesmas áreas onde foram instalados os conjuntos de medição da precipitação e da infiltração. Contudo, na estação de Manari não foi necessária a construção pois já haviam dois poços pertencentes à COMPESA que poderiam servir para os estudos, apesar de não ter sido possível a realização de testes de bombeamento pois o poço recém-construído ainda não havia sido instalado e, o mais antigo, atendia o abastecimento de água da cidade de Manari. Problemas ocorreram também na estação de Catimbau, pois os proprietários da Fazenda Amigos do Bem não autorizaram a construção do piezômetro por entenderem haver outras áreas necessitadas, uma vez que eles já possuíam oito poços na fazenda.

Sendo assim, planejamos construir os piezômetros em duas outras regiões: um na região de Macacos, e outro a oeste do *graben* do Puiu, próximos dos poços que estavam sendo perfurados pela FUNASA para abastecimento das comunidades homônimas. A escolha dessas localidades se deveu ao fato de serem regiões desconhecidas e de estarem sendo concluídos estudos geofísicos pela FUNASA, além dos piezômetros ficarem ao lado de poços que serão tecnicamente bem construídos, também pela FUNASA. Contudo, pelo atraso no término dessas perfurações e pelo escasso recurso financeiro do próprio projeto, tivemos que optar por apenas um piezômetro e mudar a devida localização.

Dessa forma, para mantermos a proximidade maior possível de uma das estações de medições de precipitação e infiltração, conforme pretensão inicial, construímos o piezômetro ao lado do poço mais próximo da estação de Catimbau, uma vez que a estação de Manari já tinha os poços disponíveis para um futuro bombeamento.

O poço escolhido foi o de nomenclatura do Programa PRODEEM, no HH-866, de propriedade do Sr. Rinaldo Ramos, no Sítio Travessão (Restaurante Serra Dourada), município de Buíque. O piezômetro foi construído a uma distância de 64 m do poço HH-866, especificamente nas coordenadas 9.048.934 UTM-N e 694.121 UTM-E (Datum WGS-84), com apenas 50 metros de profundidade, em diâmetro de 8 polegadas.

2. NIVELAMENTO DE PONTOS D'ÁGUA

Foi previsto no projeto o nivelamento da rede de poços utilizados na medição de níveis estáticos e coleta de água para análise físico-química. Esse serviço seria para a equipe de cartografia do Serviço Geológico do Brasil – CPRM, da sede do Rio de Janeiro, realizar. Em setembro de 2005, técnicos da CPRM e alunos de pós-graduação e pesquisadores da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE foram treinados pelo professor Adeildo Antão do Departamento de Cartografia da UFPE, durante dois dias com aulas teóricas na sede de Recife da CPRM e durante três com treinamento prático, de campo, na Bacia do Jatobá. O treinamento foi para execução do nivelamento com GPS geodésico. Durante o treinamento foram feitos o nivelamento de apenas oito poços. Após o treinamento a equipe de cartografia ficou no local mais quatro dias para fazer o nivelamento de outros poços, pois, a mesma equipe teria que fazer o nivelamento dos poços nas outras quatro bacias estudadas pela rede de pesquisa.

Como o nivelamento dos poços na bacia do foi o primeiro, ou seja, a equipe ainda estava absorvendo a metodologia, ocorreram erros que inviabilizou o uso das cotas obtidas, porém, sem estas seria impossível a elaboração dos mapas potenciométricos. Diante desse impasse veio a lembrança de que a Sudene para elaboração dos mapas potenciométricos das folhas do Inventário Hidrogeológico Básico do Nordeste utilizava o nivelamento barométrico, com erro da ordem de 3,75m (Brasil, 1972). Para área da Bacia do Jatobá que tem um relevo relativamente ondulado um erro dessa magnitude permitiria o das cotas para fins de elaboração da potencimetria. Porém, o nivelamento com barômetro é demorado e não tínhamos disponíveis o equipamento, se teria que busca outra metodologia.

Nos últimos anos vêm sendo disponibilizados na Internet diversos produtos de satélite, entre eles estão as imagens SRTM (**S**huttle **R**adar **T**opography **M**ission), que fornecem a cota do terreno. Existe cobertura mundial com essas imagens, sendo que para o território americano estão disponíveis imagens com pexel de 30 x 30 metros, para o restante do mundo pixel de 90 x 90 metros. Um dos locais da Internet onde é possível baixar gratuitamente as imagens SRTM é <http://glcfapp.umiacs.umd.edu:8080/esdi/index.jsp>. Diante dessa facilidade veio logo a questão: seria possível utilizar os dados de cotas dessas imagens para elaboração de mapas potenciométricos? Para tanto foram estudados dois casos, onde se disponha de levantamentos altimétricos de precisão, o primeiro elaborado na cidade de Baraúna, no Estado do RN, pela equipe do Departamento de Engenharia Cartográfica da UFPE e o segundo na Bacia do Rio do Peixe, Estado da PB, executado pela equipe de cartografia da CPRM, no âmbito dessa rede de pesquisa.

2.1 Caso Baraúna – RN

Em 2004 o Laboratório de Hidrogeologia – LABHID, do Centro de Tecnologia e Geociências-CTG da Universidade Federal de Pernambuco-UFPE, realizou para a Secretaria de Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte um estudo de geofísica nos arredores de Baraúna-RN, no qual foram nivelados 304 poços utilizando GPS, com erro decimétrico, ou seja, abaixo de 10 centímetros (Feitosa, 2004). Na imagem SRTM da área foram marcados todos os poços e obtida suas respectivas cotas na imagem. O gráfico da figura 1 mostra a relação entre as cotas SRTM e as cotas GPS, na qual se pode constatar a boa correção linear entre elas (99%), cuja reta de ajuste tem praticamente um ângulo de 45 graus ($m=$

0,9761304877) e um deslocamento em relação ao eixo aproximadamente -1,0 metros ($b = -1,042961488$).

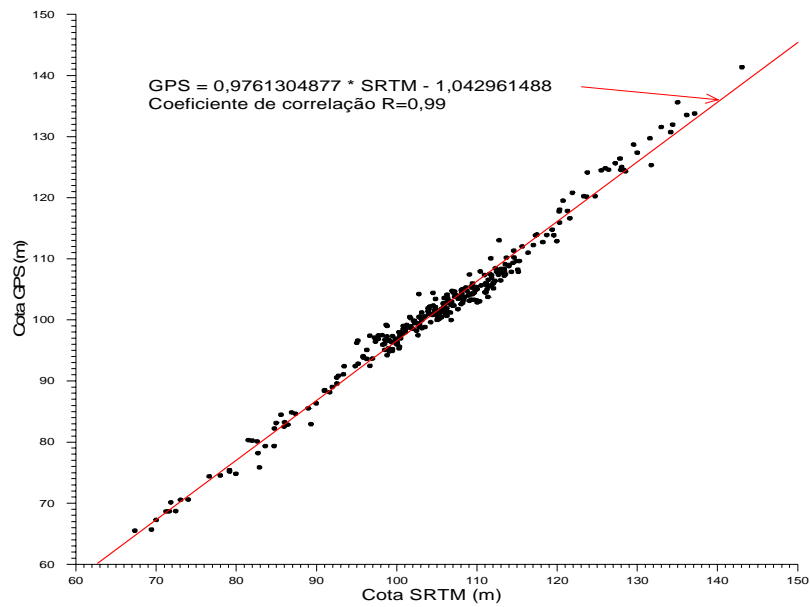


Figura 1. Relação cota SRTM x cota GPS

A análise estatística das diferenças entre cotas SRTM e GPS mostrou um mínimo -1,47m, um máximo de 7,59m, média de 3,56m e desvio padrão de 1,67m. No gráfico da figura 2 é mostrado o ajuste das diferenças entre cotas a uma distribuição normal.

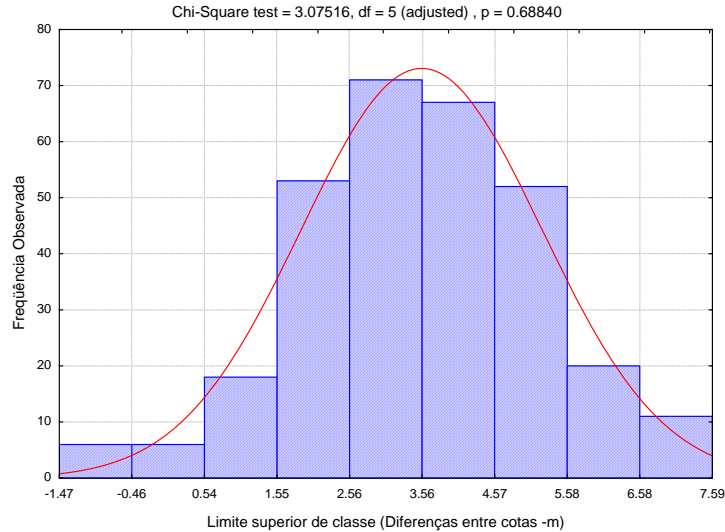


Figura 2. Ajuste das diferenças de cotas a uma distribuição normal – Baraúna-RN

Como as diferenças entre as cotas ajustam-se muito bem a uma distribuição normal, para a diferença entre as cotas SRTM e GPS ficarem entre -2,0m e 2,0 a probabilidade é de 17,53%, entre -2,0 e 4,0 metros a probabilidade é de 60,42%, entre -2,0 e 5,0 metros a probabilidade é de 80,57% e entre -2,0 e 6,0 metros a probabilidade é de 92,77%

Dos 304 poços nivelados em 195 foram medidos os níveis estáticos em fevereiro de 2003. Para efeito de comparação visual, essas medidas de níveis estáticos foram utilizadas na preparação de dois mapas potenciométricos, apresentados na figura 3. O mapa A foi elaborado a partir das cargas hidráulicas obtidas com as cotas do nivelamento GPS e o mapa B a carga hidráulica obtida com as cotas das imagens SRTM.

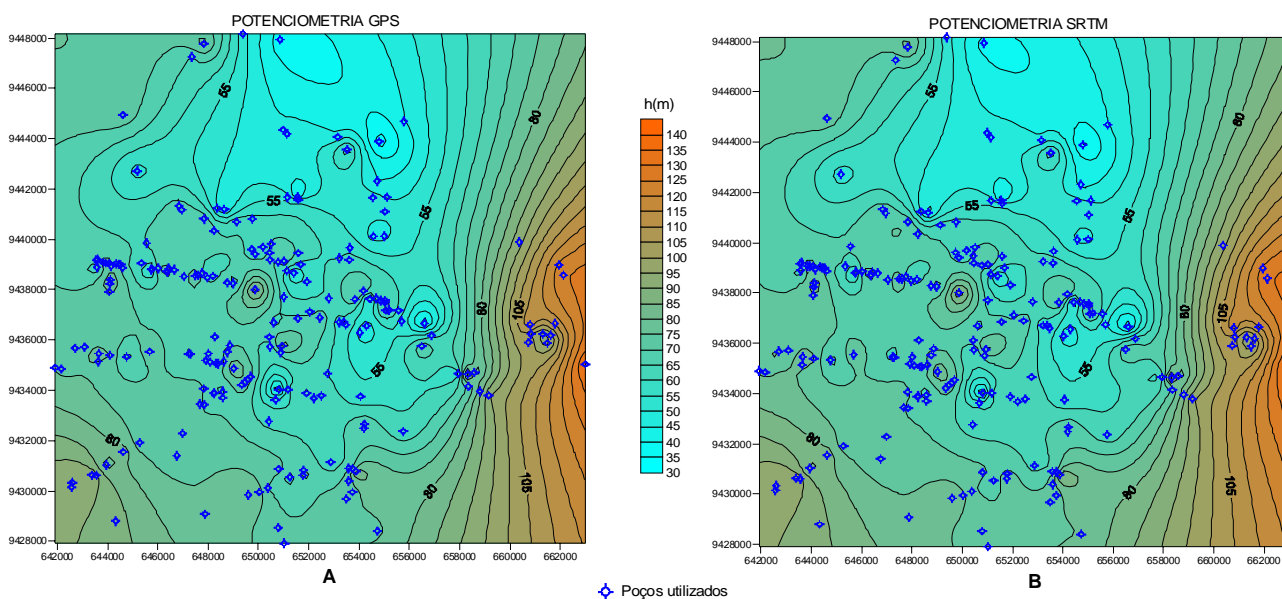


Figura 3. Mapas potenciométricos da região de Baraúna-RN

A comparação visual dos dois mapas mostra que não há praticamente diferenças entre eles, tanto em relação aos valores das curvas, quanto às direções de fluxo, zonas de convergência e divergência de fluxo e gradientes hidráulicos. São mapas praticamente idênticos. A utilização de um mapa ou outro, em qualquer estudo hidrogeológico, se chegaria às mesmas conclusões.

2.2 Caso Bacia do Rio do Peixe – PB

Neste caso foram utilizadas as cotas de 52 poços, obtidas a partir da técnica de nivelamento por GPS, levantadas pela equipe de cartografia da CPRM, com erro inferior a 10 centímetros. Dos mesmos 52 poços foram obtidas as suas cotas utilizando imagem SRTM. A relação cota SRTM e cota GPS é mostrada no gráfico da figura .4.

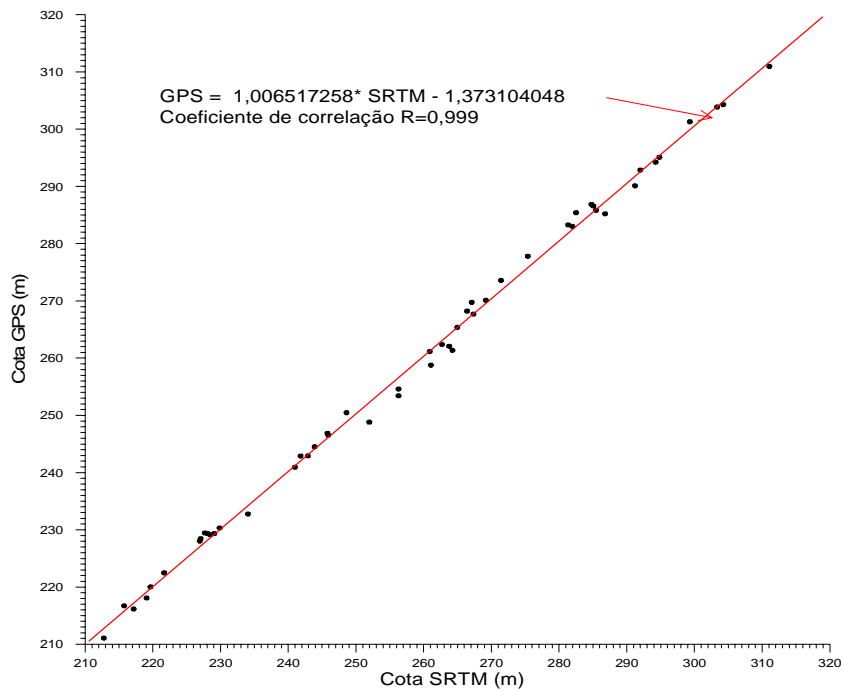


Figura 4. Relação cota SRTM x cota GPS para a Bacia do Rio do Peixe

Tal como no caso de Baraúna, a correlação linear entre as cotas SRTM e GPS é muito boa (R=0,999), quase 100%. Do mesmo modo, a inclinação da reta de ajuste é praticamente 45° (m=1,0055).

A análise estatística das diferenças entre cotas SRTM e GPS mostrou um mínimo de 3,155m, um máximo de 2,898m, uma média de 0,3117m e desvio padrão de 1,459m. No gráfico da figura 5 é mostrado o ajuste das diferenças entre cotas a uma distribuição normal

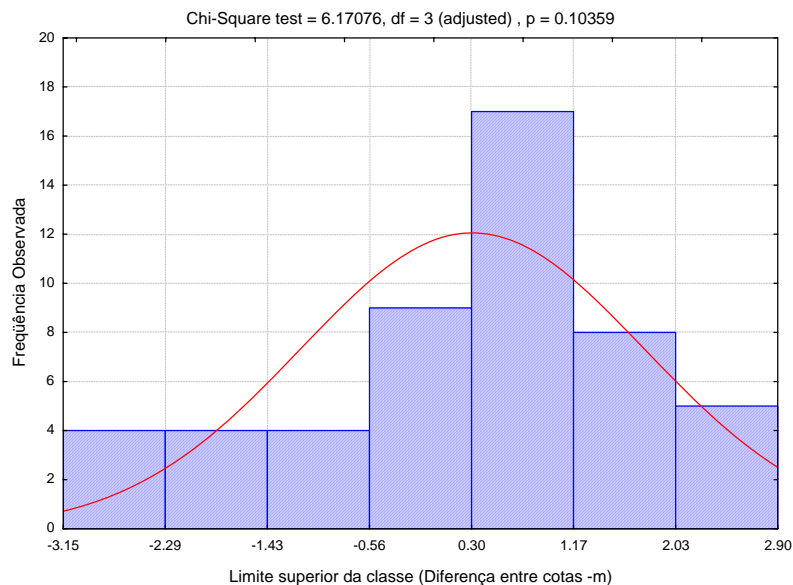


Figura 5. Ajuste das diferenças de cotas a uma distribuição normal – Rio do Peixe-PB

Embora o ajuste não seja tão bom quanto no caso de Baraúna, pode-se considerar que os dados da Bacia do Rio do Peixe também se ajustam a uma distribuição normal. Nesse caso, para uma diferença entre as cotas SRTM e GPS ficarem entre -3,0m e 3,0 a probabilidade é de 95,61%.

Dos 52 poços, 49 tiveram os níveis estáticos medidos pela CPRM em 2005, o que possibilitou a obtenção das cargas hidráulicas, utilizando tanto as cotas GPS, quanto as cotas SRTM. A partir das cargas hidráulicas foram traçados dois mapas potenciométricos, apresentados na figura 6. No traçado desses mapas não foi verificado o posicionamento dos filtros dos poços, para identificar qual formação estava sendo captada, pois, o único interesse, aqui, foi verificar o uso de imagens SRTM.

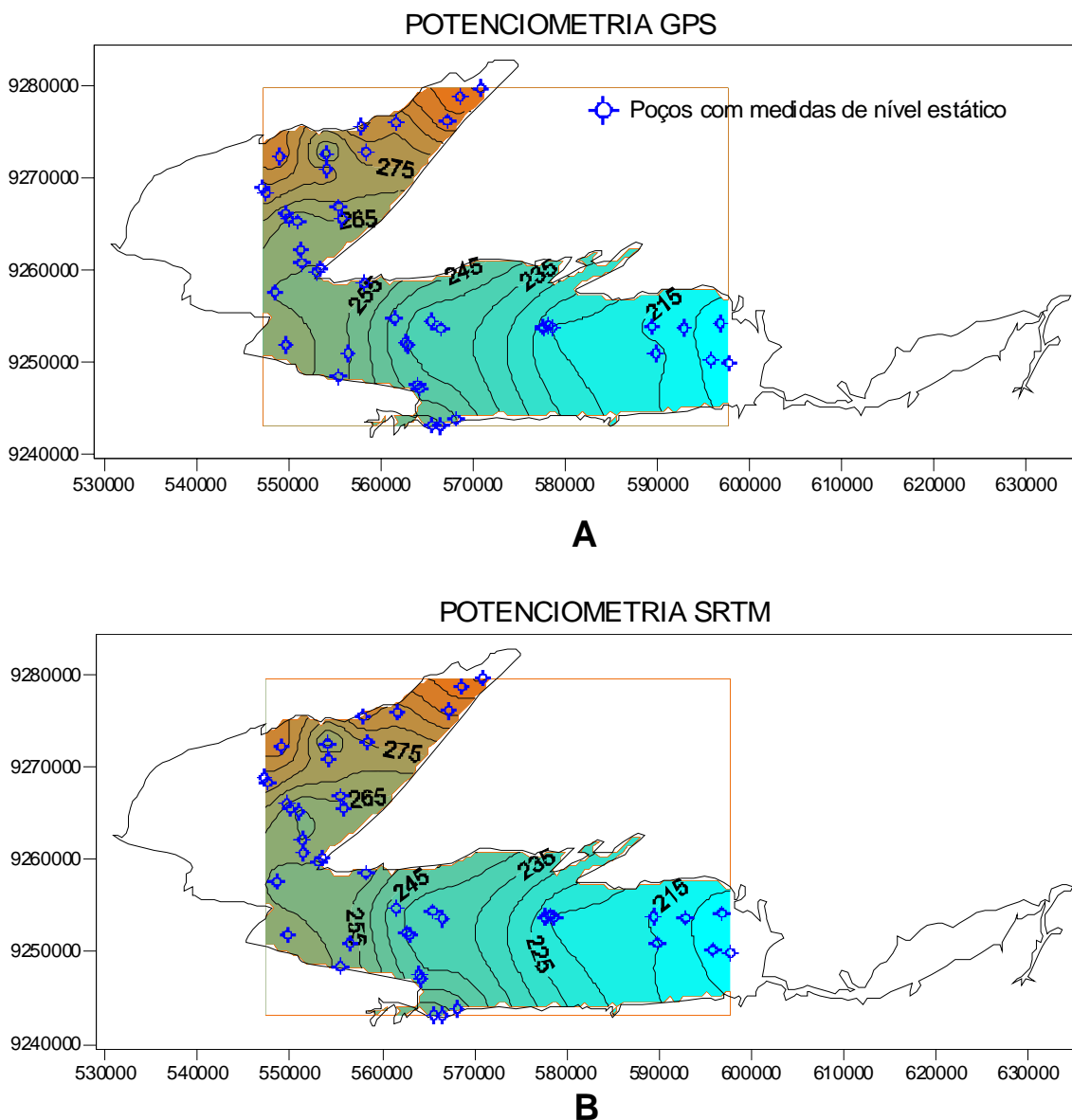


Figura 6. Mapas potenciométricos da Bacia do Rio do Peixe-PB

O mapa A mostra a potencimetria a partir das cotas obtidas com o GPS e no mapa B a potencimetria a partir das cotas obtidas na imagem SRTM. Com se percebe, os mapas são praticamente iguais. Tal como no caso de Baraúna, as interpretações feitas com o mapa A ou o B seriam as mesmas.

2.3 Comentários

Conforme os dois casos estudados, os dados de altitude das imagens SRTM pode ser utilizados como uma boa aproximação para elaboração de mapas potenciométricos, ou qualquer outro tipo de mapa que dependa da altitude. Porém, um cuidado fundamental tem que ser tomado na utilização dessas imagens, é o referencial. É importante observa que as coordenadas dos poços estejam referenciadas ao mesmo datum da imagem. Caso isto não seja observado os erros podem ser superiores a 10 metros, o que inviabilizaria a utilização das cotas obtidas na imagem.

Foi observado que as cotas obtidas nas imagens SRTM são aquelas correspondentes às altitudes registradas nas cartas altimétricas, ou seja, em relação ao geóide. Quando se usa as cotas em relação ao elipsóide as diferenças entre cota GPS e STRM chegam a mais de 20 metros, dependendo do local.

Apesar da boa aproximação entre os mapas potenciométricos elaborados utilizando nivelamento de precisão e os elaborados utilizando dados de imagem SRTM, não se quer aqui afirmar que não se precisa mais fazer nivelamento de campo, mas, apenas mostrar que o hidrogeólogo dispõe de uma ferramenta muito boa, simples e grátis, na elaboração de seus mapas preliminares ou para fazer as primeiras avaliações, ou para recomendar detalhamento de estudos.

Como dito na introdução desse trabalho, o pixel das imagens SRTM disponíveis para Brasil é de 90 metros. Nos dois casos estudados os poços utilizados estavam distantes um do outro mais de cem metros. Assim, não se sabe qual o nível de precisão para pontos com distâncias inferiores a 90 metros.

3. MAPAS POTENCIOMÉTRICOS

Para a área já existem duas potenciometrias traçadas. A primeira foi feita em 1971, figura 7, por José de Menezes Leal em 1970, No Inventário Hidrogeológico Básico do Nordeste, Folha 20, publicado pela Sudene. A segunda potenciometria foi elaborada por José Geraldo de Melo em sua dissertação de Mestrado em 1980, figura 8, e reeditada em 1983 no trabalho publicado em 1983 por José de Menezes Leal e José de Geraldo de Melo.

Os mapas elaborados nesses trabalhos não levaram em conta os diferentes aquíferos da Bacia do Jatobá. Apenas Melo (1980) e Leal e Melo (1983) fazem referem que o mapa é do “*manto freático*”, com isto quiseram ressaltar que a potenciometria era dos aquíferos mais superficiais. Essas informações são relevantes para se entender os dois mapas, pois, em ambos, é bem marcante a feição de drenagem ao longo do rio Moxotó, ou seja, o mesmo seria um rio efluente. Porém, essa característica não pode ser confirmada com as observações de campo. Durante os dois anos de projetos foram feitas diversas atividades de campo e o que se observou na maioria das vezes foi o rio seco. Só era visto o rio com alguma água após o período de chuva e que não durava nem quatro meses. Apenas no entorno da cidade de Inajá o rio apresentou água em todas as vezes que foi visitado, inclusive sob a ponte que dar acesso à cidade de Mata Grande em Alagoas. Porém, não se observou fluxo de água, se havia não era perceptível. A nossa interpretação para a presença de água no rio Moxotó, nas proximidades de Inajá, de forma perene é na realidade um afloramento do freático, pois, trata-se do local de menor cota da bacia (cotas inferiores a 350m). Como as formações Aliança e Candeias, apesar de algumas intercalações arenosas, são essencialmente argilosas, devem separar hidraulicamente o sistema aquífero Tacaratú/Inajá do sistema superior, formado pelos arenitos das formações Ilhas, São Sebastião e Marizal. A hipótese aqui defendida é que o caráter de efluente do rio Moxotó seja na realidade aparente, influenciado diretamente pelo relevo, além, é claro, das medidas de níveis estáticos serem feitas em diferentes aquíferos. Na figura 9 é apresentado o corte geológico AB, indicado na figura 8, cujas informações de relevo foi obtida através de imagens SRTM, obtidas na internet na página <http://glcfapp.umiacs.umd.edu:8080/esdi/index.jsp>. A escala vertical do corte geológico foi bem realçada para poder ser mostrada a superfície freática (linha azul) no corte, e como era de se esperar, é, no geral, concordante com a superfície do terreno. Na realidade é possível que essa concordância seja mais estreita, talvez algo semelhante à linha vermelha, tracejada. Como as informações de carga hidráulica são esparsas não permitem a observação de determinados detalhes.

Entre setembro e dezembro de 2002 o Serviço Geológico do Brasil – CPRM executou um cadastramento de poços na Bacia do Jatobá, como parte integrante do Atlas Digital dos Recursos Hídricos Subterrâneos do Estado de Pernambuco, lançado sob a forma de DVD em 2005. Em diversos poços da área foi possível medir os níveis estáticos, cuja informação, juntamente com as cotas obtidas das imagens SRTM, possibilitou a determinação da carga hidráulica em alguns pontos e conseqüentemente a elaboração de um mapa potenciométrico. Como não são disponíveis o perfil litológico e construtivo dos poços, foram utilizados apenas os poços que foram construídos nas zonas de afloramento do sistema aquífero Tacaratú/Inajá ou nas áreas de coberturas terciárias sobre este sistema. Foram utilizados também os poços construídos nas formações Aliança e Candeias cujas profundidades, quando disponíveis, indicavam que a captação deveria ser nos sistema Tacaratú/Inajá, uma vez que essas formações são essencialmente argilosas, com dito antes. Dos 206 poços com informação de

nível estático, 135, na área de trabalho, atenderam a esse critério. Na tabela 3 encontram-se todos os dados utilizados para elaboração do mapa da figura 10.

O mapa da figura 10 mostra o mapa potenciométrico para 2003 a partir das informações do cadastro da CPRM, bem como a posição dos poços onde foram obtidas as informações de nível estático. Como foram utilizados só os poços que captam o sistema aquífero Tacaratú/Inajá não aparece a feição de efluência do rio Moxotó. A nossa hipótese de trabalho é que o fluxo do sistema Tacaratú/Inajá continue por baixo das formações Aliança e Candeias na direção do rio São Francisco. A única forma de verificar com certeza se essa hipótese está correta seria a informação de poços que captassem o sistema Tacaratú/Inajá na área a leste do rio Moxotó, o que é praticamente inviabilizado por conta dos custos elevados dos poços para tal finalidade.

Fazendo-se a diferença entre a potencimetria e a superfície do terreno, obtida a partir das imagens SRTM, foi possível elaborar o mapa da figura 11, que mostra as áreas de surgências, ou seja, áreas onde os poços deveriam ser jorrantes. Essas estão de acordo com as informações de campo. Nas áreas de Inajá, Moxotó, Frutuoso e Puiu há poços jorrantes. Na área do Puiu há inclusive nascentes (minas de água) bem como uma lagoa alimentada por uma dessas surgências, que a população local chama de *fervedor*, justamente por água surgir no solo com movimentos (fluxo vertical) como se estivesse fervendo. As outras duas áreas não informam de poços que possam comprovar a existência, ou não, de artesianismo.

Durante a vigência do projeto foram feitas três campanhas de medição de níveis estáticos. Uma em agosto de 2005, a segunda entre os dias 28 de outubro e 22 de novembro e a última entre os dias 03 e 12 de junho de 2006. Como a diferença de tempo entre a primeira e a segunda campanha de medição foi curta, cerca de dois meses, foi elaborada apenas a potencimetria da primeira e da terceira campanha de medição.

Na campanha de agosto foram medidos os níveis estáticos em 50 poços e na de junho 40. Apenas 15 poços foram utilizados nas duas campanhas de medição. Na tabela 4 e 5 são apresentados os dados obtidos na primeira e terceira campanha de medição, respectivamente. A comparação entre as medidas de níveis estáticos nos 15 poços em agosto de 2005 e junho de 2006 é mostrada na tabela 6. As maiores variações de nível, tanto para rebaixamento quanto para recuperação, ocorrem nos poços que pertencem a organização não governamental Amigos do Bem, que fica no distrito de Catimbau, município de Buíque. Embora as informações obtidas no local não permitam uma definição exata da razão de tais variações, a hipótese mais provável seja um rodízio na utilização dos poços pela ONG, o que faria, dependendo da época das medidas dos níveis estáticos, estes estarem mais acima ou abaixo. Nos demais poços as variações são pequenas, praticamente compensando-se as recuperações e rebaixamentos. Apesar da pequena amostra, percebe-se que em 10 meses houve pouca variação de nível estático, indicando que os bombeamentos ocorridos nas entre as duas campanhas pouco alteram a superfície freática do sistema aquífero Tacaratú/Inajá.

Tendo em vista a pequena variação potencimetria entre agosto de 2005 e junho de 2006, foi feita uma comparação entre as potencimetrias elaboradas pela Sudene em 1971, Geraldo Melo em 1980 e a partir dos dados do cadastro da CPRM em 2003. Como ficaria uma imagem confusa a comparação dos três mapas simultaneamente, foram elaborados doze mapas apenas com uma única linha de mesma carga hidráulica, para os três mapas, que são apresentados nas figuras 12, 13 e 14. Na primeira são mostradas as linhas de carga hidráulica de 400m a 460m, na segunda a comparação entre as linhas de mesma carga hidráulica de 480m a

540 m e na terceira a comparação entre as linhas de mesma carga hidráulica de 560m a 680 m. A análise dessas três figuras é possível admitir que não há variações significativas entre as linhas de mesmo potencial para diferentes anos. As diferenças existentes podem ser explicadas por conta dos poços que foram medidos não serem os mesmos para os três mapas. Embora a partir das curvas de 560 metros a potenciometria de 2003 está sistematicamente a leste da de 1980 é difícil, diante das informações disponíveis, atribuir a um rebaixamento dos níveis de água na porção mais a leste da bacia devido, por exemplo, ao bombeamento dos poços. Em alguns locais o rebaixamento seria superior a 40 metros, o que não encontra apoio com as informações obtidas entre os usuários. Por outro lado comparando-se com a potenciometria de 1971 na maioria da área haveria recuperação dos níveis potenciométricos. Dos poços com informação de nível em 2003 somente 8 foram utilizados em 2005. Desse em quatro o nível potenciométrico desceu e em três subiu e em apenas um manteve-se estável. A hipótese que será adotada nesse trabalho é de que não houve variações significativas da potenciometria entre 1971 e 2006, ou seja, o sistema ainda encontra-se pouco afetado pelos bombeamentos dos poços existentes, pelos menos em uma escala mais ampla. É lícito admitir que os poços que captam o sistema aquífero Tacaratú/Inajá devam ter causado alguma perturbação na potenciometria, porém essas devem ser localizadas, não sendo detectadas com a malha de dados utilizada para elaboração das potenciometrias. É importante ser observado nos próximos trabalhos que a rede de medição de níveis deve ser a maior possível e que os mesmos poços sejam utilizados nas diferentes campanhas de medição de níveis, com atenção especial para os locais com maior densidade de poços. O ideal seria que alguns poços fossem construídos só para servirem como poços de monitoramento. Só com esse cuidado será possível avaliar a real evolução da potenciometria do sistema Tacaratú/Inajá, e por sua vez propor medidas de gestão mais realistas.

A partir das informações de agosto de 2005 foi elaborada a potenciometria que é apresentada na figura 15 e na figura 16 é apresentada a potenciometria para junho de 2006. Na figura 17 é mostrada a diferença entre potenciometria de 2006 e 2005. Neste mapa os valores negativos significam que houve rebaixamento da superfície potenciométrica de 2005 para 2006 e os positivos que houve recuperação. Na maior parte desse mapa as variações ficaram entre -10 e 10 metros. Apenas na porção sul do mapa, em uma pequena área próxima a Tupanatiga, há indicações de até 100 metros de recuperação da potenciometria entre agosto de 2005 e junho de 2006. Porém, esses resultados devem ser vistos com reserva. Nesse área há apenas duas informações uma obtida em 2005 e a outra em 2006 e em poços diferentes e distantes (+- 10 km)

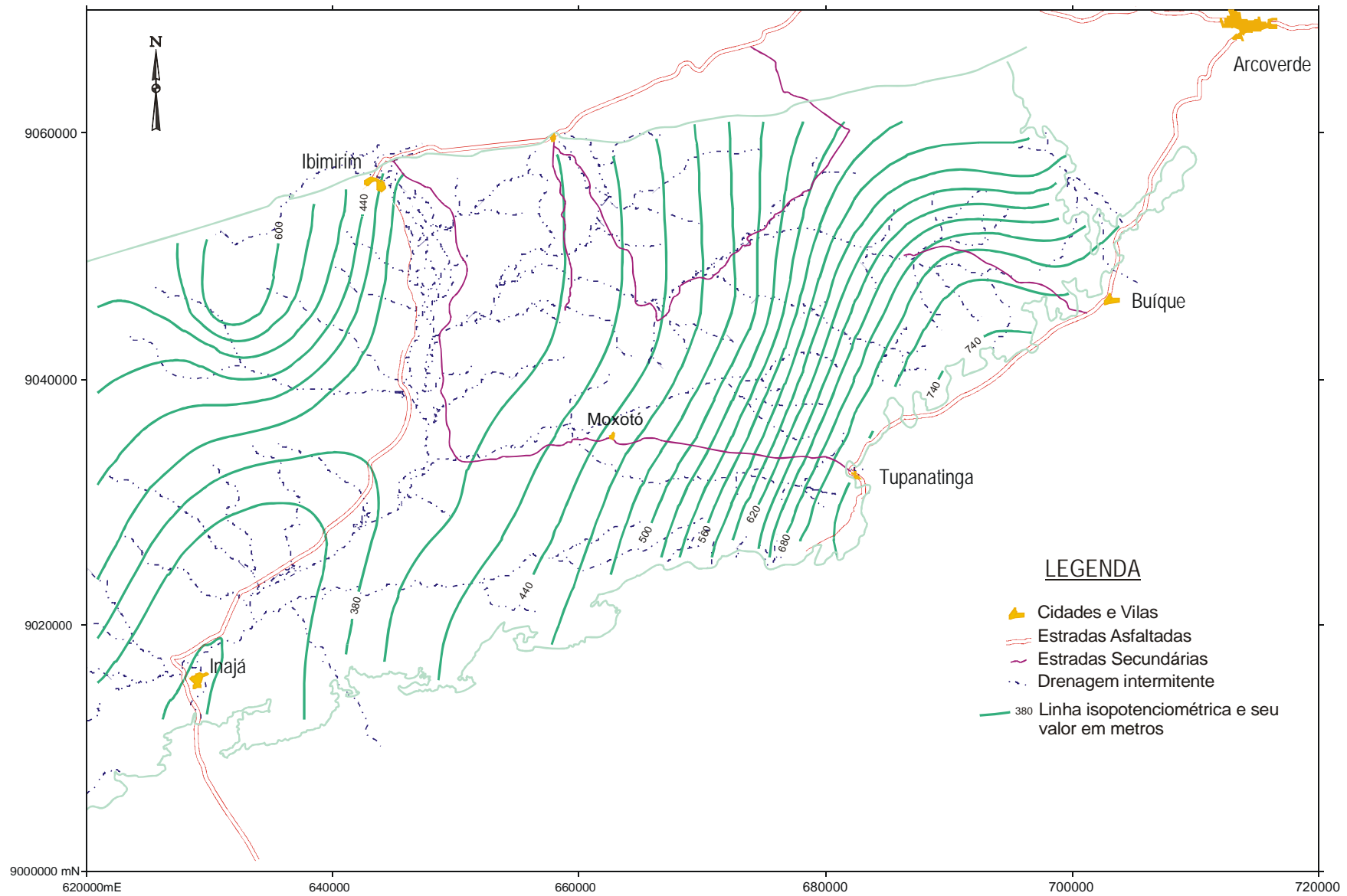


Figura 7. Potenciometria elaborada pela Sudene em 1971

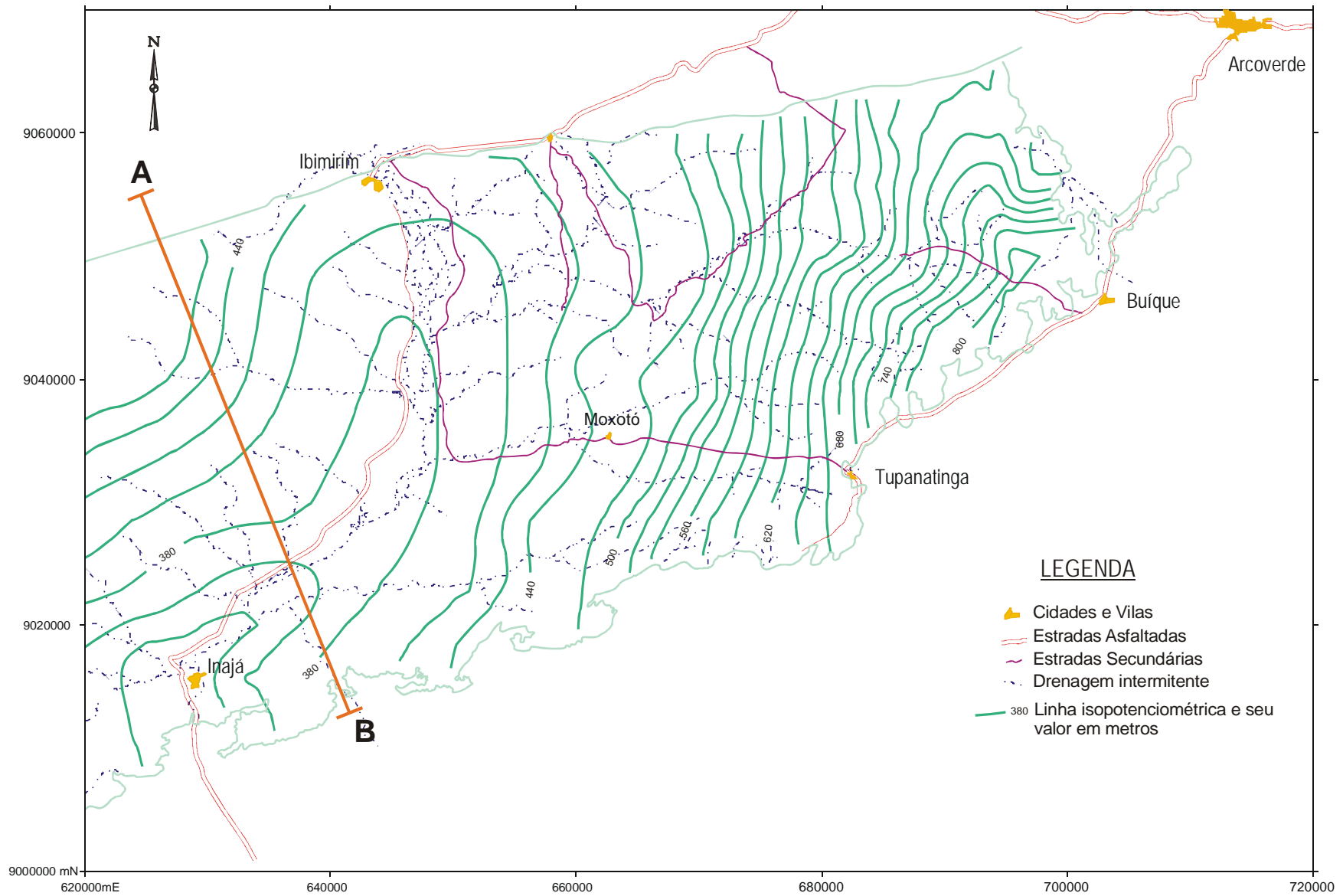
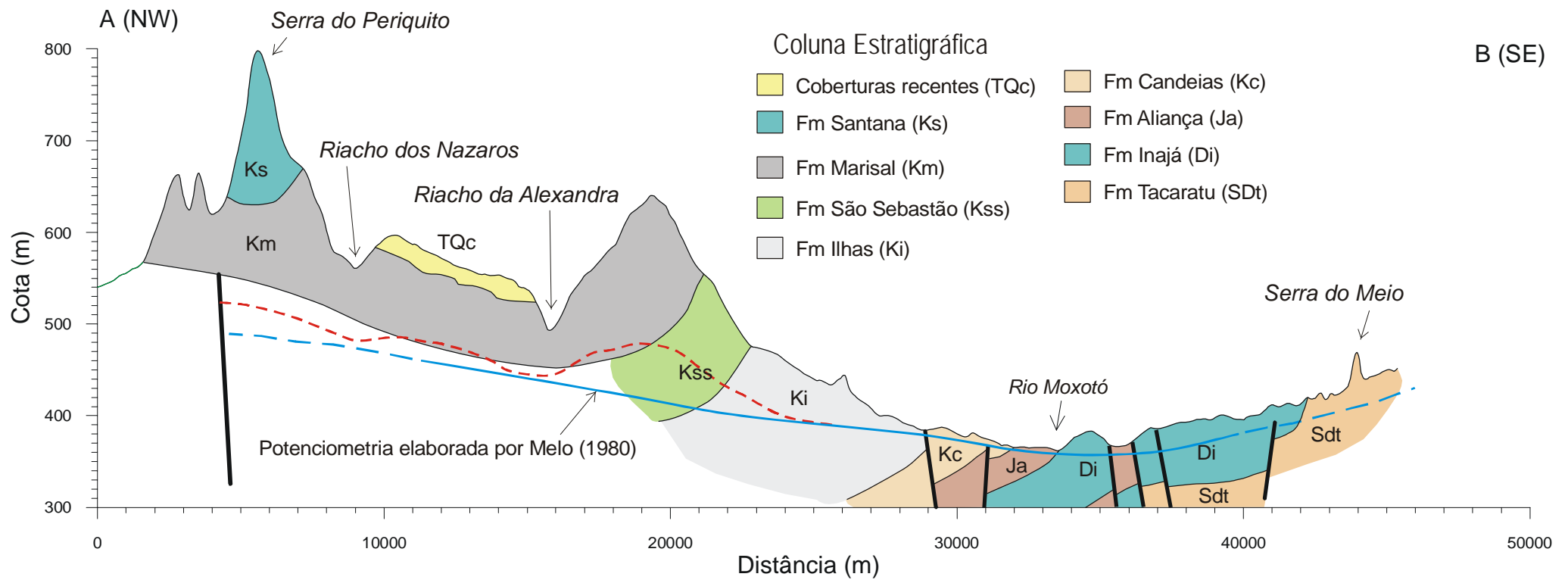


Figura 8. Potenciometria Elaborada por Melo em 1980



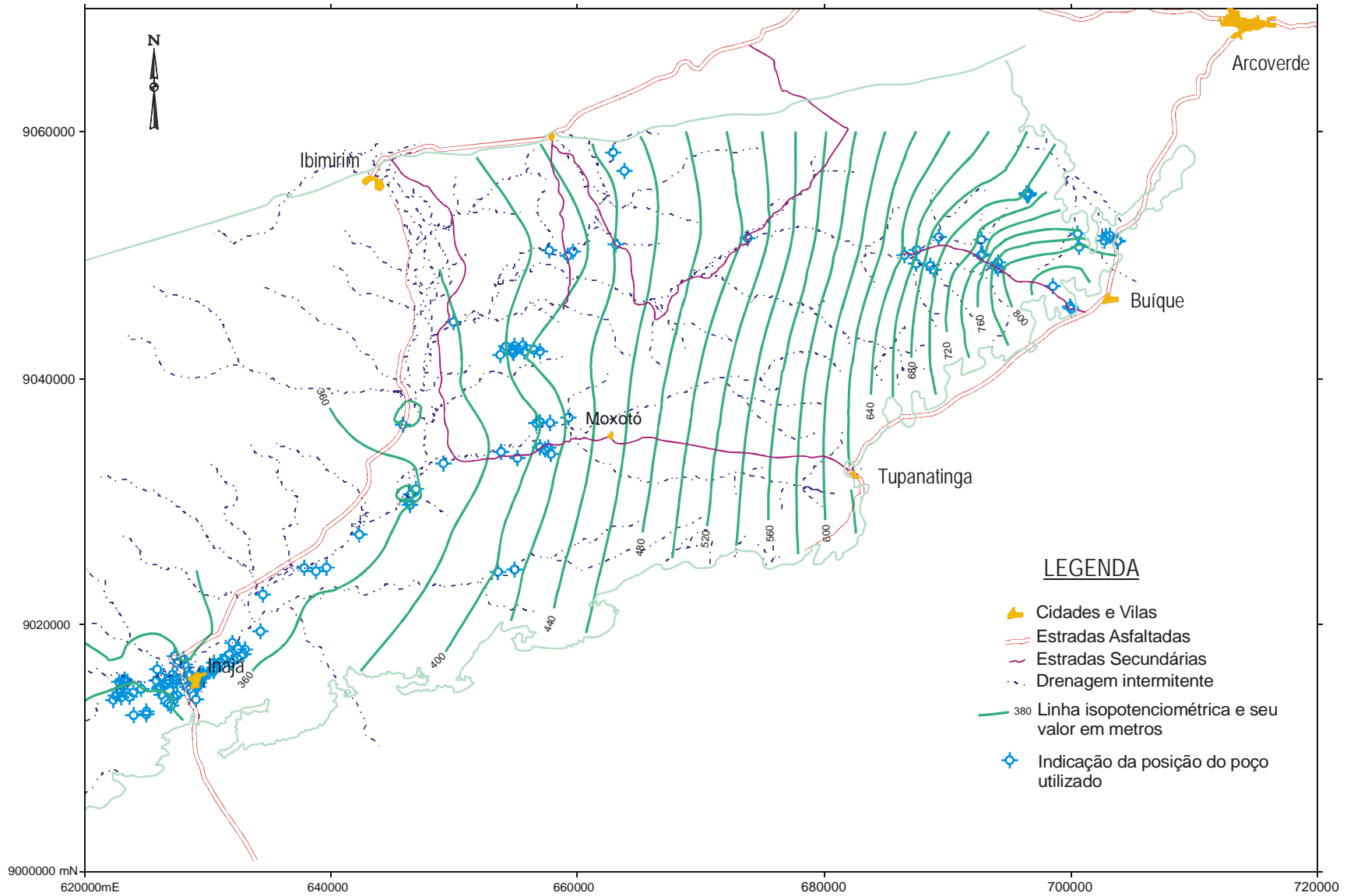


Figura 10. Potenciometria a partir do cadastro da CPRM para o ano de 2003

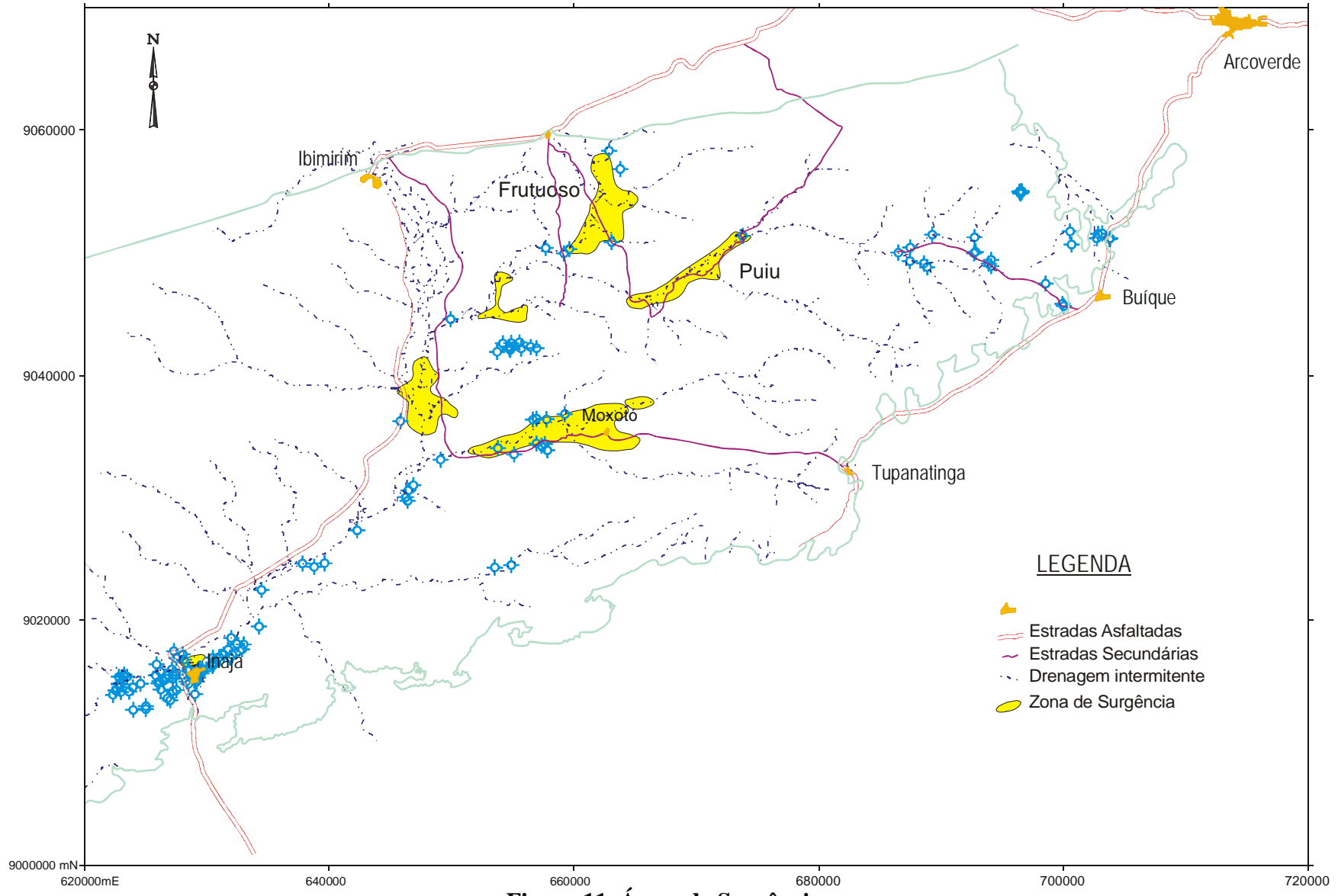


Figura 11. Áreas de Surgências

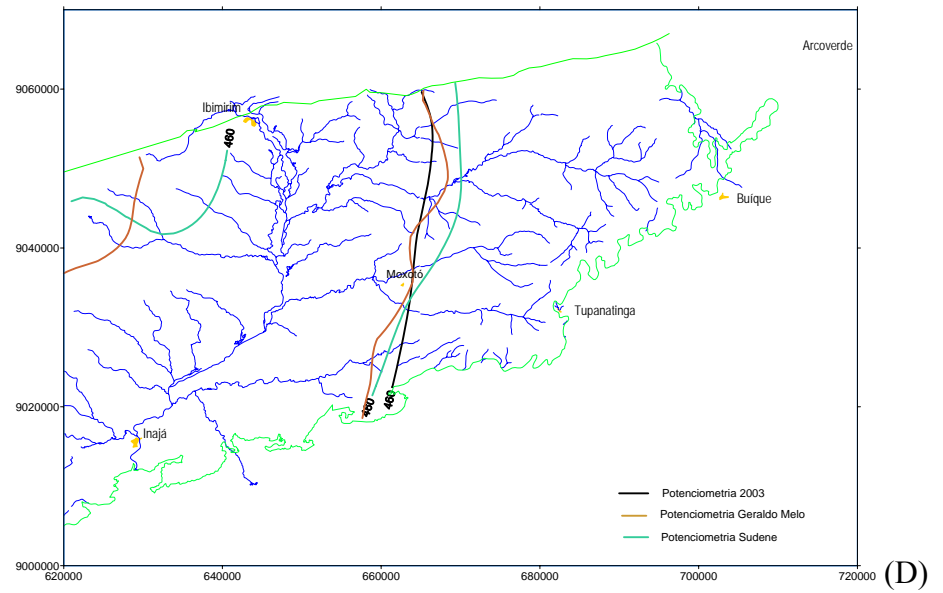
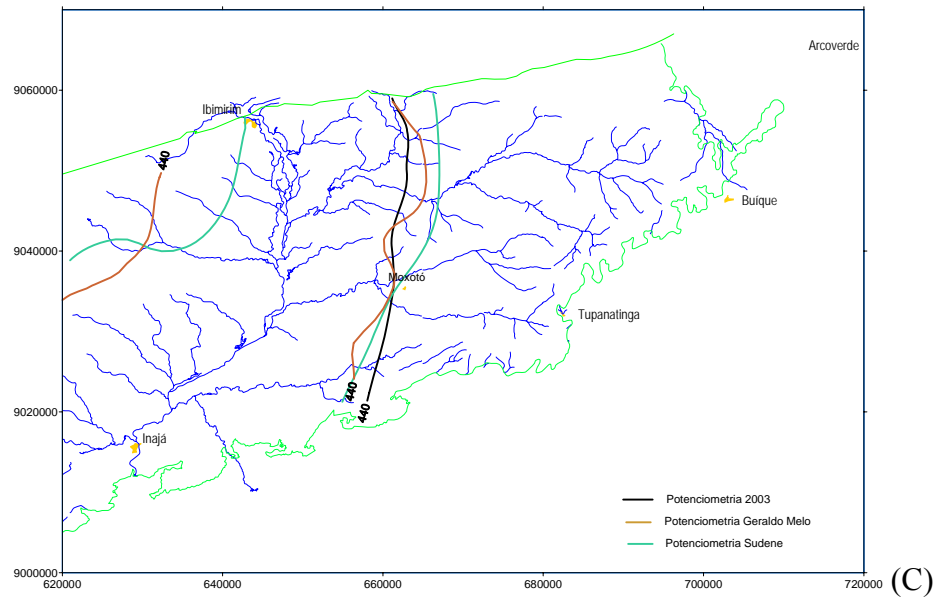
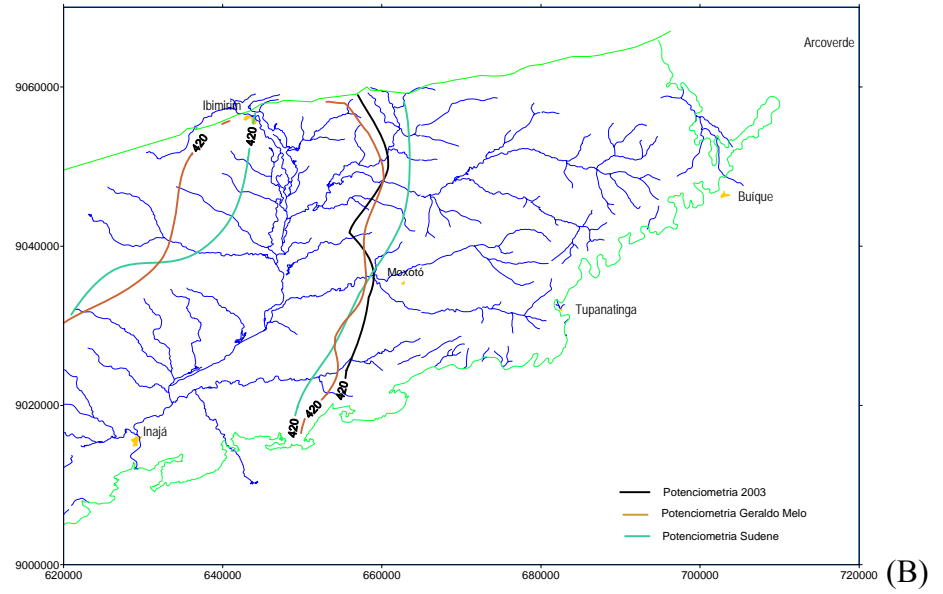
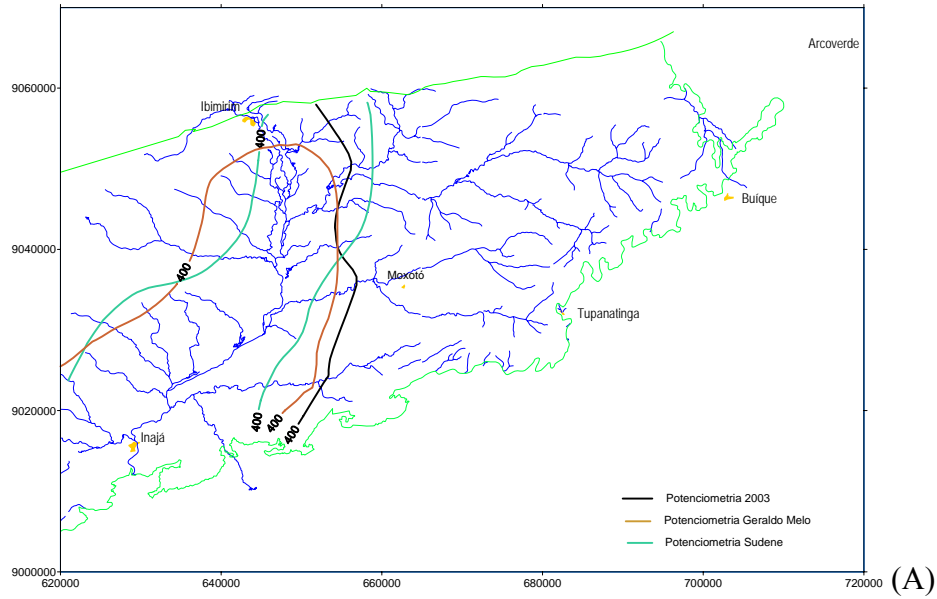


Figura 12. Comparação entre as potenciometrias 1971, 1980 e 2003 para as linhas de carga hidráulica 400m(A), 420m(B), 440m(C) e 460m(D)

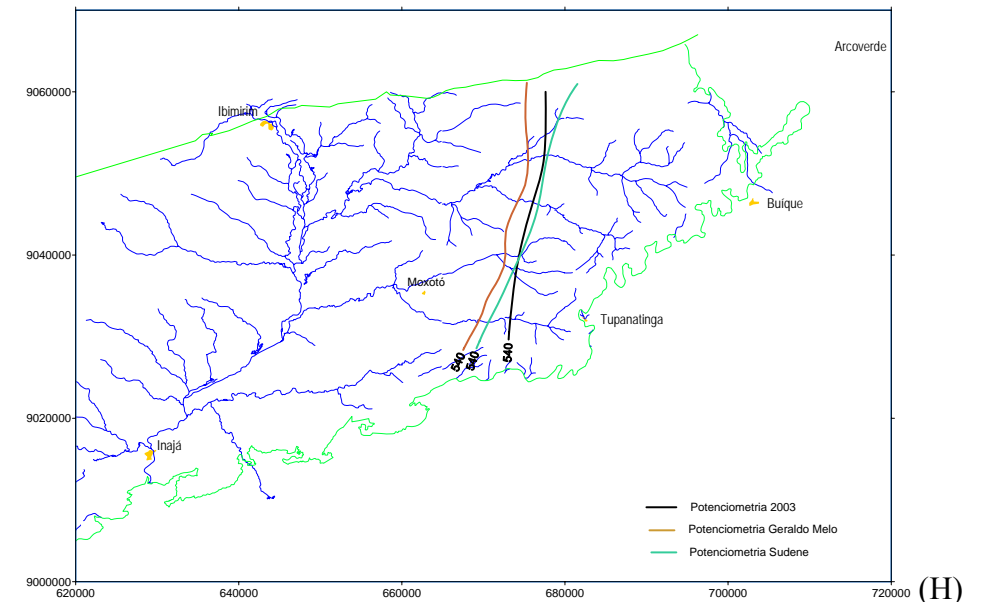
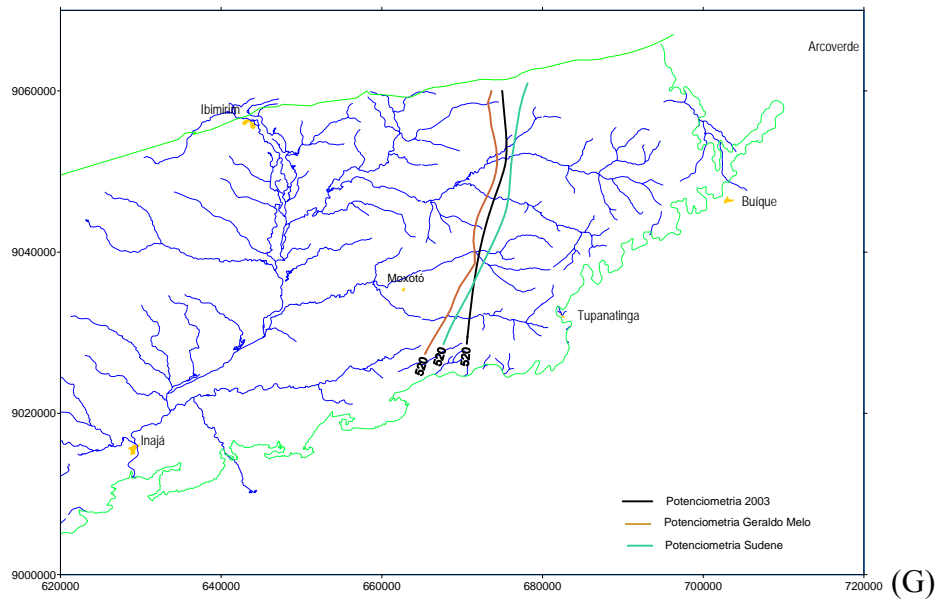
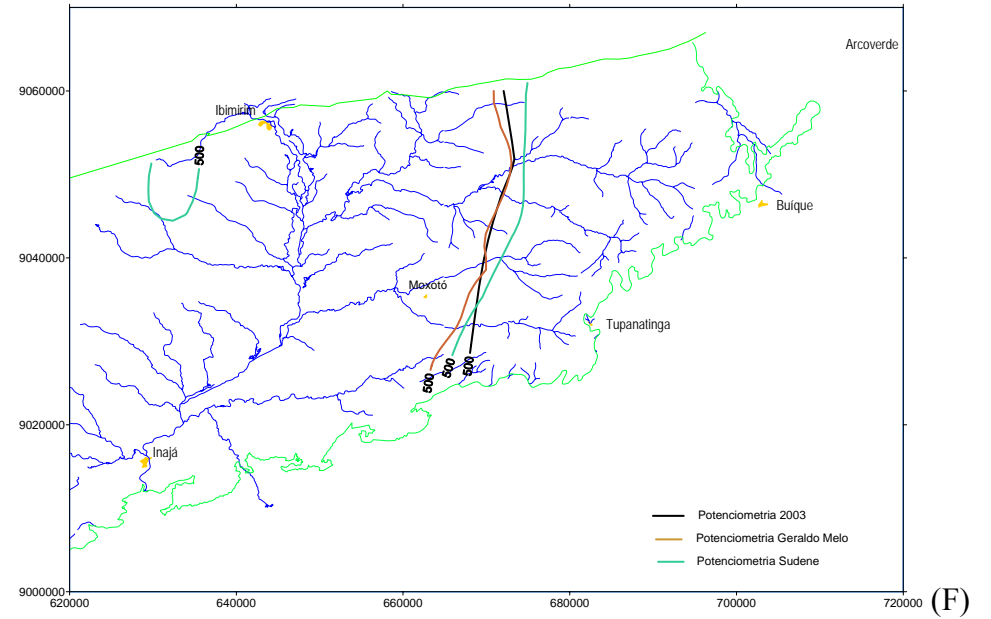
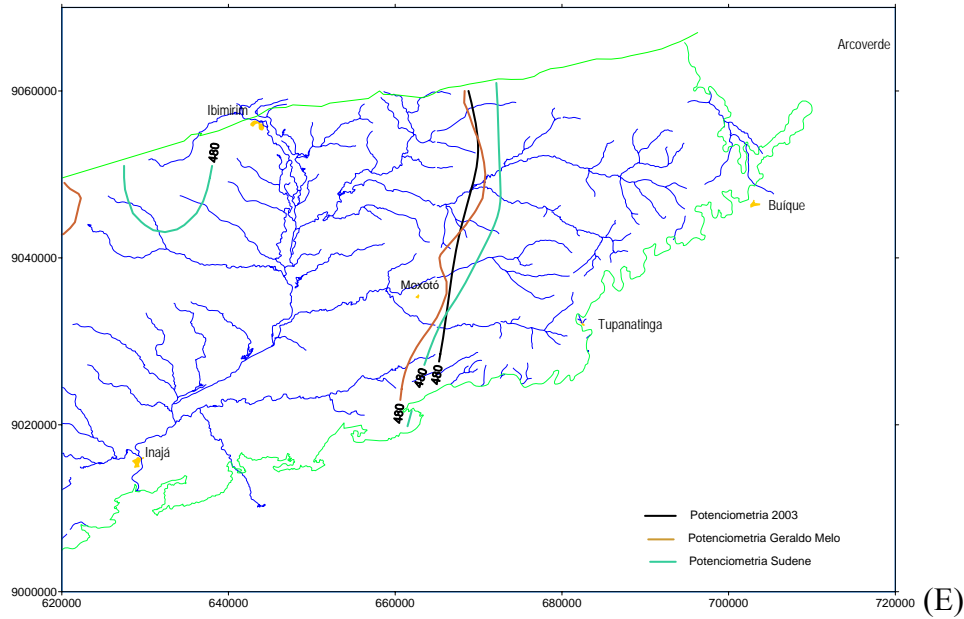


Figura 13. Comparação entre as potenciometrias 1971, 1980 e 2003 para as linhas de carga hidráulica 480m(E), 500m(F), 520m(G) e 540m(H)

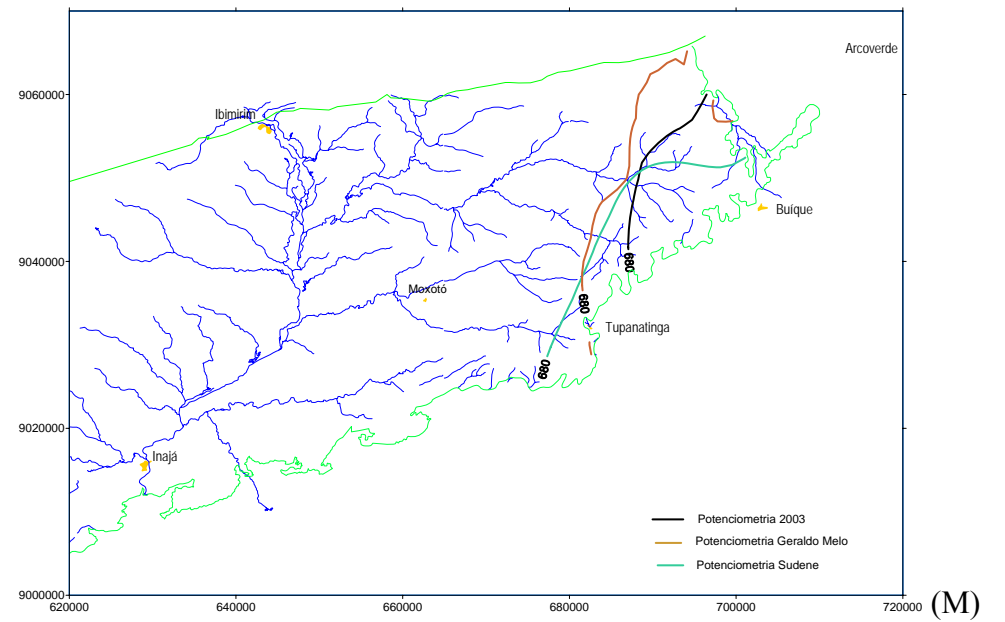
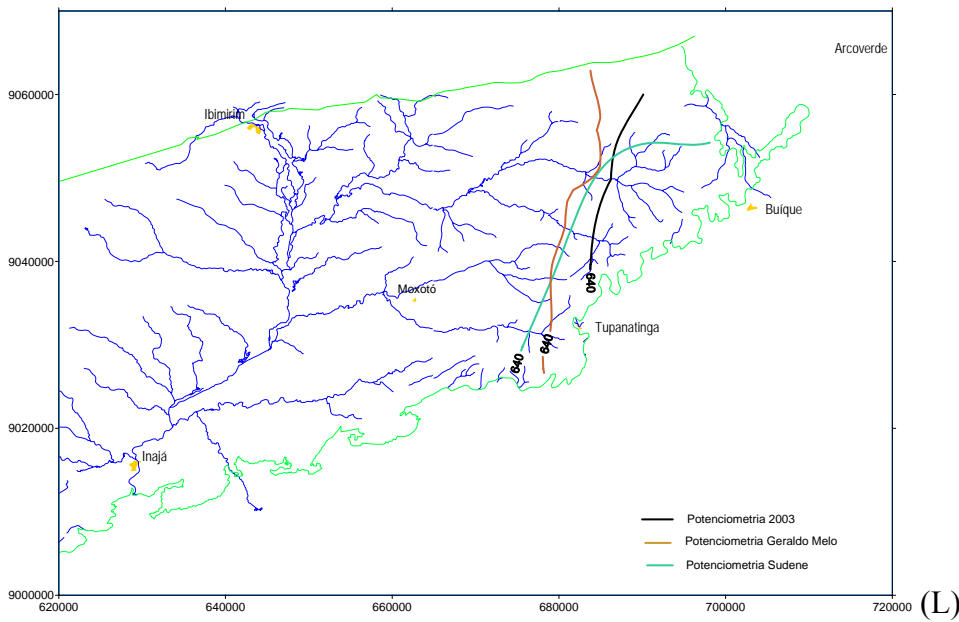
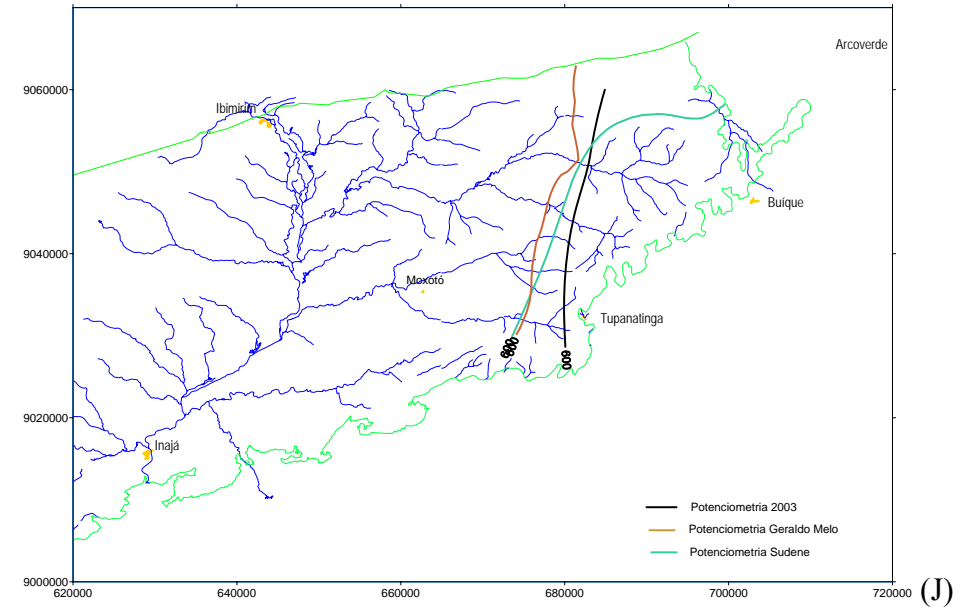
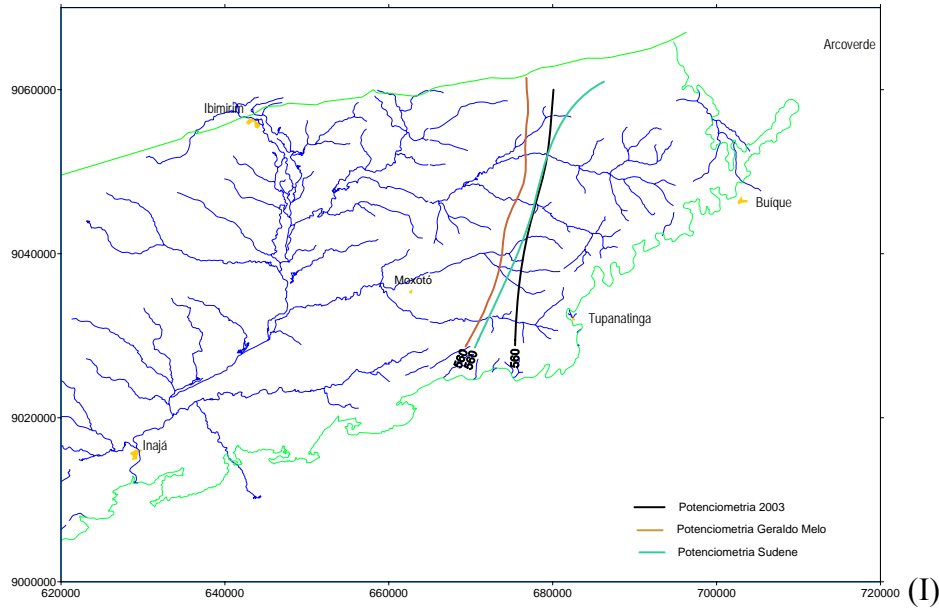


Figura 14. Comparação entre as potenciometrias 1971, 1980 e 2003 para as linhas de carga hidráulica 560m(I), 600m(J), 640m(L) e 680m(M)

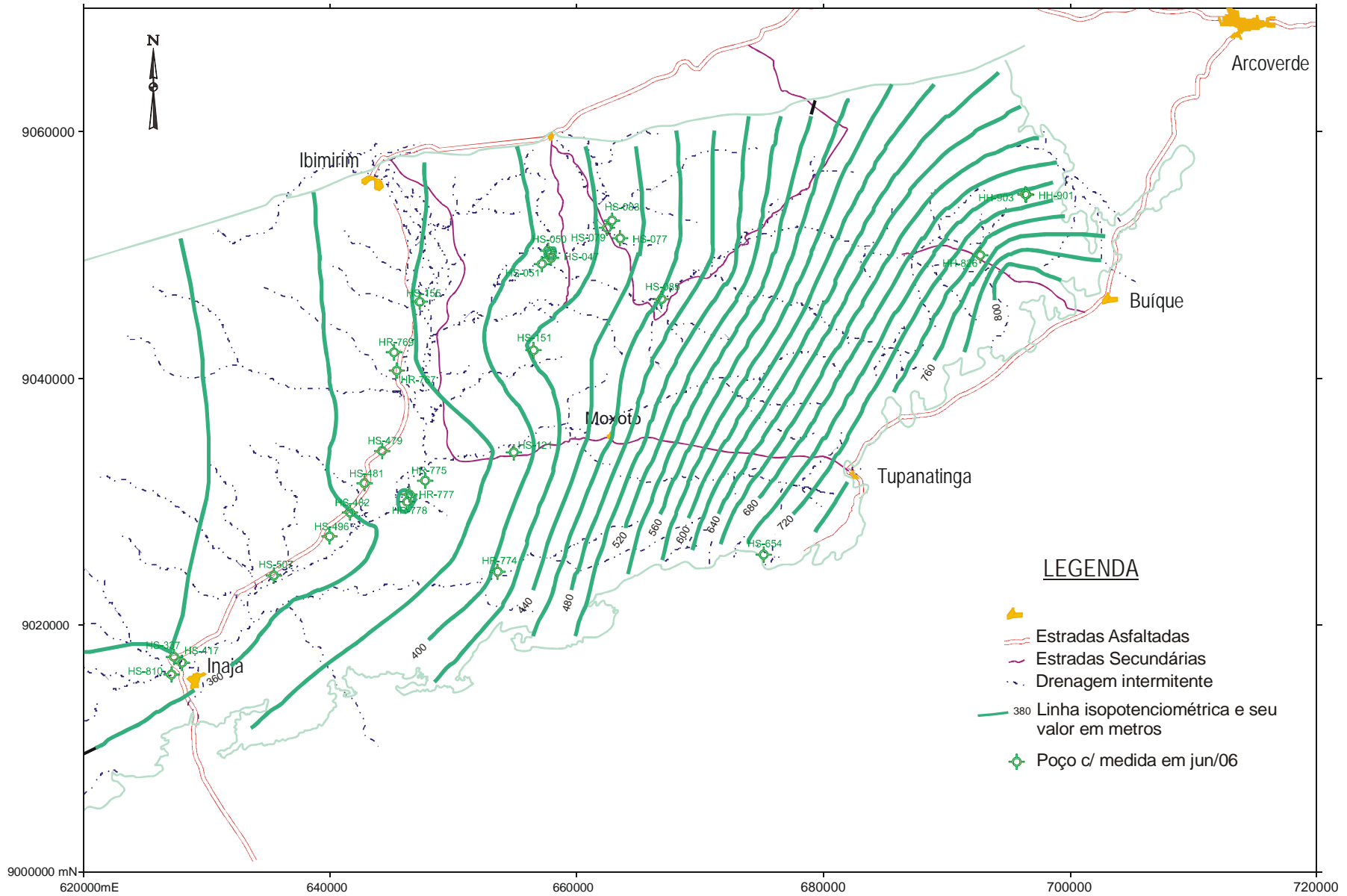


Figura 16. Potenciometria em junho de 2006

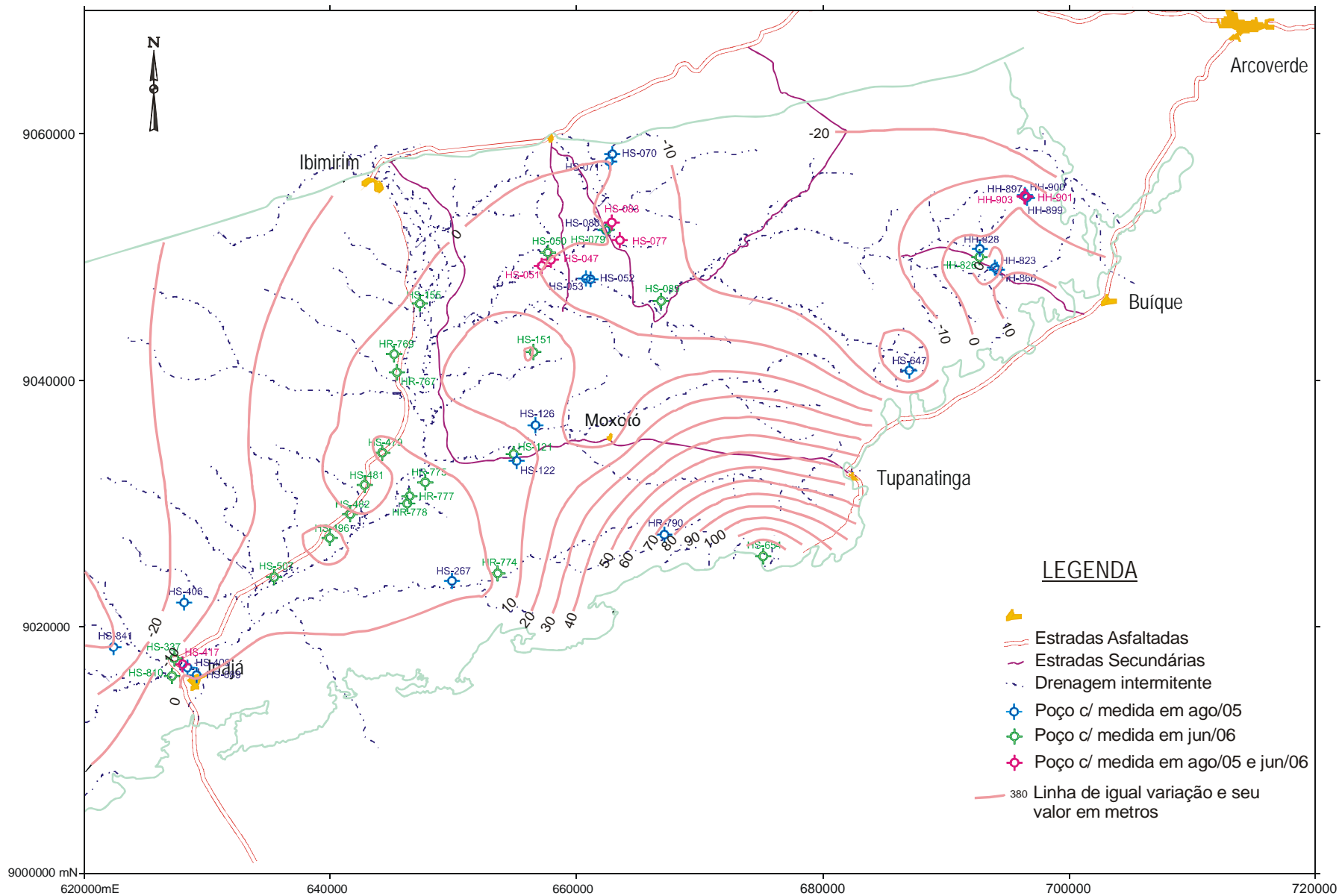


Figura 17. Variação da Potencimétrica entre ago/2005 e jun/2006

Tabela 3. Poços com informação de nível estático para o ano de 2003

Poços	Prof. (m)	Coordenadas		h (m)	Poços	Prof. (m)	Coordenadas		h (m)
		UTM-N (m)	UTM-E (m)				UTM-N (m)	UTM-E (m)	
CU044	150	9016991	631860	353.618	HH896	50	9054980	696616	713.228
CU045	110	9017156	632120	354.184	HH897	54	9054796	696545	701.429
CU046	135	9017183	631378	347.126	HH898	50	9054808	696475	698.744
CU047	-	9016952	630489	348.387	HH901	60	9054937	696458	697.553
CU048	120	9017003	631008	349.852	HH903	56	9055014	696388	693.672
CU049	102	9016553	630561	351.666	HR770	72	9024541	654901	416.103
CU050		9016442	630542	356.321	HR774	60	9024355	653550	400.666
CU051	102	9016317	630465	353.371	HR777	501	9030620	646432	311.043
CU054	126	9017587	631716	353.337	HR778	297	9030046	646289	359.006
CU056		9019511	634243	348.971	HR779	100	9029769	646403	363.596
CU058	95	9018024	632425	351.728	HR780	195	9031033	646898	366.023
CU059	103	9017934	632959	357.929	HR789	100	9033081	649069	361.691
CU061		9018502	631987	343.188	HR798	200	9034455	656922	404.02
CU062	105	9017645	632910	357.913	HR799	160	9034392	657594	408.217
CU067		9014005	629029	346.915	HR800	200	9034273	657303	404.834
HH809	60	9045673	699992	815.164	HS050	107	9050368	657675	403.437
HH810	80	9045796	699928	820.378	HS054	160	9050306	659559	406.863
HH813	52	9051225	692715	721.363	HS055	111,5	9049942	659200	408.008
HH814	45	9051258	692753	731.957	HS070	109	9058321	662867	448.513
HH815	70	9051461	689291	693.887	HS078	110	9050806	663096	442.331
HH816	60	9050360	687504	661.355	HS085	101	9056790	663840	445.903
HH817	96	9049977	686542	641.594	HS096	120	9051448	673764	502.273
HH818	50	9049340	687505	665.812	HS122	98	9033513	655084	391.982
HH820	53	9049139	688620	693.224	HS124	120	9036818	659251	422.601
HH822	50	9048904	688824	697.606	HS125	130	9036464	656966	400.764
HH823	75	9049099	693913	784.828	HS126	150	9036364	656648	394.599
HH824	70	9049455	694071	792.487	HS127	151	9036400	657773	409.877
HH825	60	9050103	692792	733.31	HS136	150	9033859	653757	384.543
HH826	111	9050008	692689	728.347	HS141	200	9044560	649908	378.947
HH839	70	9051142	703749	792.57	HS143	250	9041963	653802	388.652
HH840	70	9051127	703734	793.026	HS144	250	9042603	654214	400.928
HH864	50	9047434	698545	835.286	HS145	280	9042665	654910	407.849
HH866	59	9048951	694118	798.131	HS146	250	9042134	654726	406.334
HH872	59	9051726	700541	757.05	HS147	250	9042291	654714	407.779
HH880	3	9050671	700661	808.076	HS148	270	9042036	654805	413.817
HH881	60	9051563	703158	794.379	HS149	250	9042211	655653	420.717
HH882	60	9051543	702793	791.971	HS150	250	9042687	655602	414.578
HH883	55	9051178	702755	786.368	HS151	234	9042300	656441	421.445
HH895	56	9055029	696507	697.424	HS152	316	9042169	656948	426.466

Tabela 3. Poços com informação de nível estático para o ano de 2003 - continuação

Poços	Prof. (m)	Coordenadas		h (m)	Poços	Prof. (m)	Coordenadas		h (m)
		UTM-N	UTM-E				UTM-N (m)	UTM-E (m)	
HS154		9036259	645825	384.169	HS862	80	9014386	626207	371.293
HS290	240	9033881	657824	415.944	HS864	121	9013004	625021	366.847
HS418	110	9016776	628105	346.102	HS865	130	9012752	625013	371.172
HS490	102	9027326	642271	349.827	HS868	100	9012682	623991	368.343
HS502	130	9024651	637807	356.48	HS871	100	9014220	627214	358.825
HS511	100	9022441	634450	357.926	HS872	120	9013604	626794	361.39
HS609	120	9024654	639649	354.011	HS874	72	9013465	627026	359.818
HS611	100	9024371	638808	357.725	HS875	90	9014342	627514	358.608
HS775	100	9014268	622535	371.811	HS876	102	9015024	628283	355.791
HS776	72	9014540	622900	361.129	HS878	80	9014839	628496	357.261
HS777	130	9015581	623230	342.097	HS879	120	9015093	628958	357.798
HS779	102	9014820	622793	355.207	HS880	75	9015028	629151	354.532
HS790	168	9015425	622774	346.105	HS885	42	9015372	628968	352.672
HS792	104	9015494	623238	353.269	HS886	60	9015884	629315	357.901
HS793	156	9015427	623205	361.725	HS891	66	9015872	629444	351.808
HS795	103	9014815	624580	359	HS897	182	9016956	627523	348.417
HS796	80	9013912	622338	370.409	HS898	120	9015325	629301	351.149
HS798	100	9015170	624047	362.042					
HS801	135	9015521	625795	349.853					
HS802	115	9014859	626047	352.165					
HS803	120	9015031	626139	343.484	LEGENDA (cores formação aflorante)				
HS804	120	9015079	626469	345.022	HS874	-	Aluvião		
HS808	250	9015939	628588	353.063	HS141	-	Candeias		
HS810		9016023	627128	354.159	HS897	-	Aliança		
HS815	60	9015933	628415	354.566	HS880	-	Inajá		
HS817	122	9015550	628028	352.086	HH822	-	Tacaratú		
HS819	60	9015892	629693	350.518					
HS820	50	9016043	629630	350.233					
HS821	120	9015711	629577	346.131					
HS831	120	9017240	627996	335.595					
HS832	74	9015227	627270	351.022					
HS833	122	9015556	627192	348.992					
HS836	120	9014141	623008	372.136					
HS838	120	9014172	623662	364.505					
HS840	104	9015429	623479	361.535					
HS842	203	9016414	625935	356.964					
HS845	100	9014540	623944	364.463					
HS847	100	9015523	626852	349.717					
HS848	102	9015549	627424	349.431					
HS852	60	9016102	629398	354.696					

Tabela 4. Dados da campanha de medição de níveis estáticos em agosto/2005

Poço	UTM-N (m)	UTM-E (m)	NE (m)	Cota (m)	h (m)
HH-823	9049099	693913	13,00	345,87	987,56
HH-828	9050632	692734	12,84		
HH-866	9048951	694118	12,30		
HH-897	9054796	696545	5,60		
HH-899	9054861	696473	2,28		
HH-900	9054916	696525	2,56		
HH-901	9054937	696458	1,28		
HH-903	9055014	696388	1,40		
HR-790	9027544	667108	75,00		
HS-047	9049799	657872	22,35		
HS-051	9049286	657143	4,51		
HS-052	9048187	661098	12,00		
HS-053	9048234	660723	7,33		
HS-070	9058321	662867	23,50		
HS-071	9057763	662603	21,91		
HS-077	9051382	663504	10,60		
HS-080	9052126	662358	5,35		
HS-083	9052757	662880	3,36		
HS-122	9033513	655084	21,00		
HS-126	9036364	656648	15,13		
HS-267	9023724	649848	23,00		
HS-406	9022019	628067	34,94		
HS-409	9016661	628312	5,87		
HS-417	9016979	627951	12,40		
HS-647	9040792	687002	-0,50		
HS-841	9018403	622383	30,00		
HS-889	9016128	629093	2,83		
P-BXFDA-1			43,00		
P-CPRM-01			12,00		
P-FP-01			14,09		
P-IB-02			5,86		
P-IB-03			7,16		
P-IB-04			10,70		
P-IB-05			6,35		
P-INAJÁ-01			12,00		
P-JCM-01			1,53		
P-LIU-01			3,25		
P-LIU-02			3,37		
P-LM-01			2,50		
P-ONG-01			22,42		
P-ONG-02			15,49		
P-ONG-04			3,20		
P-ONG-05			12,07		
P-ONG-06			0,10		
P-ONG-07			4,56		
P-ONG-08			8,60		
PS-2116			2,85		
P-STAROSA-02			18,18		
SRH-01			5,05		
SRH-03			6,44		

Tabela 5. Dados da campanha de medição de níveis estáticos em junho/2006 -

Poço	UTM-N (m)	UTM-E (m)	NE (m)	Cota (m)	h (m)
HH-826	9050008	692689	11,89		
HH-901	9054937	696458	2,20		
HH-903	9055014	696388	2,63		
HI-777	9058731	699885	16,72		
HR-767	9040660	645367	15,60		
HR-769	9042141	645127	19,90		
HR-774	9024355	653550	13,28		
HR-775	9031734	647710	14,38		
HR-778	9030046	646289	16,41		
HS-047	9049799	657872	22,55		
HS-050	9050368	657675	6,81		
HS-051	9049286	657143	5,19		
HS-077	9051382	663504	11,40		
HS-079	9052169	662413	4,04		
HS-083	9052757	662880	6,98		
HS-089	9046438	666864	-1,00		
HS-121	9034042	654907	6,57		
HS-151	9042300	656441	20,72		
HS-155	9046195	647211	5,50		
HS-337	9017472	627301	27,75		
HS-417	9016979	627951	11,77		
HS-479	9034133	644155	32,72		
HS-481	9031503	642724	13,60		
HS-482	9029126	641602	17,61		
HS-496	9027184	639895	21,43		
HS-507	9024060	635394	8,57		
HS-654	9025695	675128	9,84		
HS-810	9016023	627128	8,08		
P-LIU-02			3,70		
P-ONG-01			9,06		
P-ONG-02			-0,40		
P-ONG-04			23,38		
P-ONG-05			16,50		
P-ONG-08			3,14		
PS-1018			7,50		
PS-2116			2,91		
P-STAROSA-02			18,83		
P-GPS-176			-0,40		
P-GPS-178			12,00		
P-JCM-01			2,01		

Tabela 6. Comparação entre os níveis estáticos em agosto/2005 e junho/2006 -

Poço	(A) NE 2005 (m)	(B) NE2006 (m)	A-B (m)
HH-901	1,28	2,20	-0,92
HH-903	1,40	2,63	-1,23
HS-047	22,35	22,55	-0,20
HS-051	4,51	5,19	-0,68
HS-077	10,60	11,40	-0,80
HS-083	3,36	6,98	-3,62
HS-417	12,40	11,77	0,63
P-LIU-02	3,37	3,70	-0,33
P-ONG-01	22,42	9,06	13,36
P-ONG-02	15,49	-0,40	15,89
P-ONG-04	3,20	23,38	-20,18
P-ONG-05	12,07	16,50	-4,44
P-ONG-08	8,60	3,14	5,46
PS-2116	2,85	2,91	-0,06
P-STAROSA-02	18,18	18,83	-0,65
Soma de rebaixamentos e recuperação			2,335
Maior recuperação			15,89
Maior rebaixamento			-20,18

4. BALANÇO HÍDRICO

4.1 Metodologia

Com base nas informações disponíveis na Estação Meteorológica de Arcoverde a caracterização do clima descreve os valores médios mensais de temperatura, umidade relativa e insolação. São também apresentados os valores de evapotranspiração média diária em postos pluviométricos da região, segundo Hargreaves.

A caracterização hidrológica aborda o acervo de dados pluviométricos levantados no site da Agência Nacional de Águas – ANA Hidroweb – sobre a bacia de Jatobá.

Do acervo total de 156 postos existentes na área de interesse, foi possível selecionar apenas 5 postos com séries de 30 anos, e ainda assim preenchendo lacunas com os valores médios dos dados disponíveis em cada posto. Cinco séries de 30 anos foram obtidas para o período 1963-1992.

O balanço hídrico foi feito pelo método de Thornthwaite, utilizando a equação:

$$P+RU=ETR+EX \quad (1)$$

P = precipitação em mm

RU = reserva útil de água utilizada pelas plantas retida no solo

ETR = evapotranspiração real em mm

EX = excedente de água (escoamento superficial + infiltração) em mm.

$EX = R + I$

R = escoamento superficial direto para os rios (mm)

I = infiltração profunda que alcança o aquífero (mm)

Admite-se ainda que a evapotranspiração real é menor ou igual à evapotranspiração potencial ($ETR \leq ETP$). A evapotranspiração real é calculada por comparação da ETP com a chuva, conforme se indica a seguir:

$$\begin{cases} \text{Quando } P > ETP \Rightarrow ETR = ETP \\ \text{Quando } P < ETP \Rightarrow ETR = P \end{cases} \quad (2)$$

Cálculo do excedente hídrico:

1. Inicia-se o balanço supondo completa a reserva utilizável pelas plantas e adotando $RU = \text{solo} = 100$ mm
2. Foi empregado o algoritmo seguinte:

Se $P-ETP+\text{solo} \geq 100$	$Solo \leftarrow 100$ $ETR \leftarrow ETP$ $EX \leftarrow (P-ETP+\text{solo})-10$	Há excedente da reserva utilizável pelas plantas (infiltração)
Se $P-ETP+\text{solo} > 0$	$Solo \leftarrow (P-ETP+\text{solo})$ $ETR \leftarrow P$ $EX \leftarrow 0$	Há variação da reserva utilizável pelas plantas
Se $P-ETP+\text{solo} \leq 0$	$Solo \leftarrow 0$ $ETR \leftarrow P$ $EX \leftarrow 0$	Há déficit de água no solo

Da equação (1) resulta que o excesso de água é dado pela expressão:

$$EX = P-ETR+RU \quad (3)$$

Cálculo do escoamento:

O escoamento total (I+R) foi estimado distribuindo igualmente o excesso de água entre deflúvio superficial (50% escoando no mês) e infiltração (50% infiltrando e escoando no mês seguinte). A partir dessa primeira aproximação, que se molda a um decaimento exponencial fictício, a separação dos termos I e R componentes do escoamento total, foi feita com base no coeficiente de restituição do rio Moxotó em Poço Dantas.

4.2 Elementos e fatores do clima

A área de estudo ocupa a porção leste da Bacia Sedimentar do Jatobá, drenada em sua quase totalidade pelo rio Moxotó. O **clima** da bacia do Moxotó é do tipo Bsh de Köppen, quente e seco e caracteriza uma zona de transição entre as regiões fisiográficas do Agreste e do Sertão. O índice de aridez de Emmanuel de Martonne com valores na faixa de 15 a 20 é indicativo de extremo rigor para o clima Bsh. (BRASIL, 1969 apud Leal & Melo, 1983).

As **temperaturas** médias mensais, segundo dados da Estação Meteorológica de Arcoverde (única representativa da Bacia) variam de aproximadamente 20,5 °C a 24,5 °C com mínimas em julho e máximas em dezembro-janeiro, com uma amplitude térmica anual de apenas 4 °C (figura 18). Essa faixa de temperaturas amenas registrada em Arcoverde se explica pela influência do relevo do Planalto da Borborema e não pode ser considerada como representativa do conjunto da bacia, posto que os seus valores aumentam à medida que o Moxotó avança para SW em direção ao rio São Francisco.

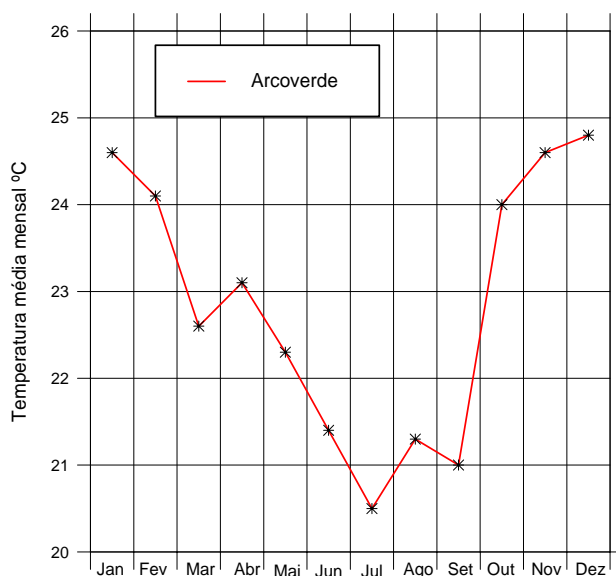


Figura 18. Temperaturas médias mensais no posto de Arcoverde – Bacia hidrográfica do Moxotó – segundo as Normais Climatológicas 1961-1990, do Ministério da Agricultura e Reforma Agrária.

A **umidade relativa** média mensal do ar varia de um mínimo de 62% em janeiro a um máximo de 77% em julho (figura 19). A relação inversa existente entre a temperatura e a umidade relativa do ar fica muito bem evidenciada pela comparação dos gráficos das figuras 18 e 19, ilustrativos do ciclo anual de variação desses parâmetros meteorológicos.

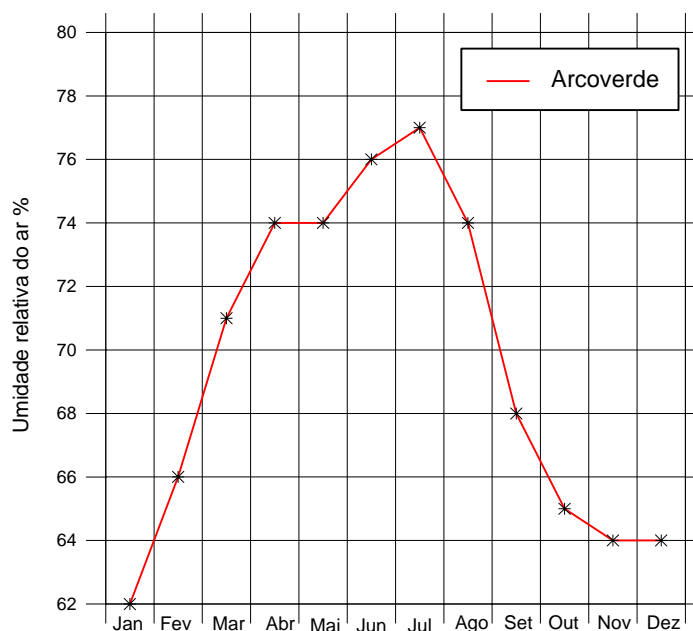


Figura 19. Umidade relativa média mensal do ar no posto de Arcoverde – Bacia hidrográfica do Moxotó – segundo as Normais Climatológicas 1961-1990, do Ministério da Agricultura e Reforma Agrária.

A distribuição do número médio mensal de horas de **insolação** no posto de Arcoverde é ilustrada na figura 20. Os seus valores oscilam entre um mínimo aproximado de 180 horas em junho a 295 horas em outubro. Observa-se que, a menos de pequenas irregularidades, o ciclo anual da radiação solar no posto de Arcoverde é marcado por apenas dois períodos distintos: o primeiro, de insolação crescente (junho-outubro) e o outro, de insolação decrescente (outubro - junho).

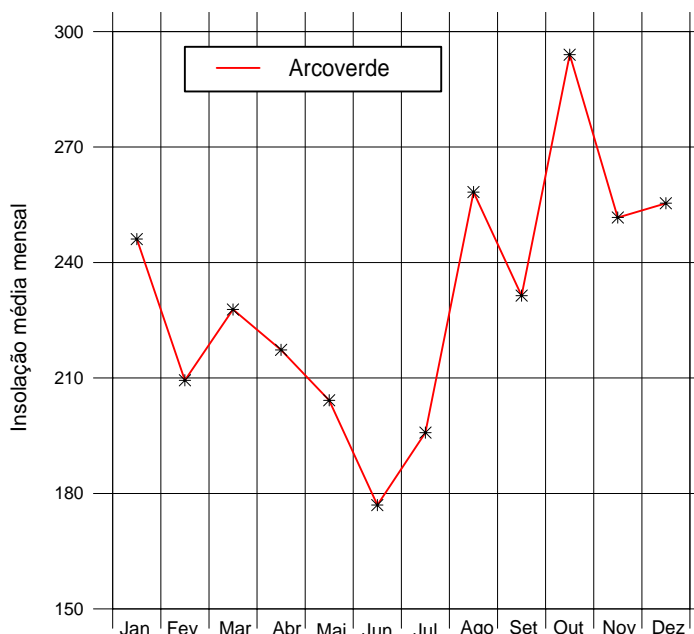


Figura 20. Insolação média mensal no posto de Arcoverde – Bacia hidrográfica do Moxotó – segundo as Normais Climatológicas 1961-1990 do Ministério da Agricultura e Reforma Agrária.

4.3 Evapotranspiração potencial

Os valores de evapotranspiração potencial média diária segundo Hargreaves (Cunha & Milo, 1984) e os respectivos totais mensais e anuais são apresentados na tabela 7 para 6 postos pluviométricos da bacia de Jatobá.

Tabela 7. Evapotranspiração potencial diária e total médio mensal em 6 (seis) postos pluviométricos da Bacia de Jatobá segundo Hargreaves.

ETP mm/d	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Arcoverde	5,7	6,6	5,0	4,1	3,1	2,6	2,8	3,5	4,5	5,6	6,5	6,0
Buique	4,7	4,4	4,1	3,4	2,7	2,4	2,3	2,9	3,7	4,3	4,7	4,7
Ibimirim	6,6	6,3	5,5	4,7	4,1	3,5	3,6	4,6	5,6	6,4	6,7	6,7
Inajá	7,0	6,6	6,0	5,1	4,1	3,5	3,4	3,7	3,5	6,5	7,0	7,0
Itaíba	7,0	6,6	6,0	5,1	4,1	3,5	3,4	3,7	3,5	6,5	7,0	7,0
Tupanatinga	4,7	4,4	4,1	3,4	2,7	2,4	2,3	2,9	3,7	4,3	4,7	4,7
Média /dia	6,0	5,8	5,1	4,3	3,5	3,0	3,0	3,6	4,1	5,6	6,1	6,0
N dias	31	28,0	31,0	30,0	31,0	30,0	31,0	31,0	30,0	31,0	30,0	31,0
Média mês	184,5	162,9	158,6	129	107,5	89,5	91,97	110,1	122,5	173,6	183	186,5

4.4 Precipitações

Os dados pluviométricos analisados na Bacia de Jatobá, levantados no site da Agência Nacional de Águas – ANA – correspondem a séries de chuvas diárias envolvendo períodos distintos e com muitas lacunas (tabela 8). Pode-se notar que dentre os 15 postos constantes da referida tabela existem apenas 10 com séries pluviométricas de 30 ou mais anos, porém cobrindo períodos diferentes. Uma análise comparativa das séries em busca de um período comum de 30 anos, para os 10 postos mencionados, revelou apenas 5 (cinco) postos com um número relativamente pequeno de valores ausentes e passíveis de serem completados com as médias sem produzir grandes distorções (tabela 9). Desse modo foram obtidas 5 (cinco) séries homogêneas de 30 anos no período de 1963- 1990.

4.5 Fluxo básico do Rio Moxotó

Por representar uma componente fundamental para o balanço hídrico de Thornthwaite, que fornece o escoamento total fictício na bacia, o fluxo básico do rio Moxotó é aqui descrito antecipadamente. Convém assinalar que na área de interesse do presente estudo, na bacia de Jatobá, a descrição do fluxo subterrâneo fica restrita a uma determinação do coeficiente de restituição do rio Moxotó no posto fluviométrico de Poço Dantas (49165000), município de Inajá, cujo valor, segundo Leal & Melo, 1983 é de 0,027 [1/dia].

Em escala mensal o coeficiente de restituição de água subterrânea é igual a 0,81 [1/mês]. Assim sendo, pode-se definir o *coeficiente de escoamento subterrâneo*, em relação ao escoamento total do balanço de Thornthwaite, como $f_1 = \exp(-0,81) = 0,4449$. Daí resulta que o escoamento superficial é dado por $f_2 = 1 - f_1 = 0,5551$.

Tabela 8. Estações pluviométricas da bacia de Jatobá, levantadas no Banco de Dados da ANA Hidroweb

CodNac	Nome Estação	Município	Latitude	Longitude	Altitude	Periodo	Anos	Anos c/Dados	Meses	Meses c/Dados	Meses s/dados
00837018	FAZENDA PERNAMBUCO	INAJÁ	37:41	08:47	365	out 1962-fev 1981	18,4	18	221	221	0
00837007	BREJO DE SÃO JOSÉ	ARCOVERDE	08:31	37:12	655	jan 1960-ago 1984	24,7	22	296	264	32
00837019	FAZENDA SAÇÃO	ITAÍBA	37:17	08:54	510	jan 1963-jun 1987	24,5	23	294	294	0
00837030	AÇUDE POÇO DA CRUZ	IBIMIRIM	37:44	08:30	450	dez 1958-dez 1985	27,1	25	325	299	26
00837017	FAZENDA MANARI	INAJÁ	37:38	08:59	559	out 1963-out 1989	26,1	26	313	313	0
00837008	BREJO DO PIORE	IBIMIRIM	37:32	08:37	470	nov 1962-ago 1993	30,8	30	370	366	4
00837024	ITAÍBA	ITAÍBA	08:57	37:26	470	jan 1963-jun 1993	30,5	30	366	366	0
00837026	JUAZEIRO DOS CANDIDOS	INAJÁ	37:59	08:47	420	out 1962-nov 1992	30,2	30	362	362	0
00837036	TUPANATINGA (SANTA CLARA)	TUPANATINGA	08:45	37:21	709	nov 1962-jun 1993	30,7	31	368	368	0
00837038	INAJÁ	INAJÁ	37:49:50	08:55:15	355	abr 1972-dez 2005	33,8	32	405	374	31
00837022	INAJÁ (ESPÍRITO SANTO)	INAJÁ	08:54	37:50	355	set 1937-abr 1978	40,7	41	488	488	0
00837028	MOXOTÓ	IBIMIRIM	37:32	08:43	431	nov 1934-nov 1989	55,1	54	661	646	15
00837025	IBIMIRIM (JERITACO)	IBIMIRIM	08:23	37:38	445	nov 1934-jan 1992	57,3	57	687	687	0
00837009	BUIQUE	BUIQUE	08:37	37:10	798	jun 1920-nov 1989	69,5	58	834	700	134
00837003	ARCOVERDE	ARCOVERDE	08:26	37:04	663	ago 1913-dez 1984	71,4	62	857	748	109

Tabela 9. Estações pluviométricas da bacia de Jatobá com séries de 30 anos no período de 1963 – 1992, havendo 3 (três) séries completas, uma série com 3 (três) meses ausentes, uma série com 16 (dezesesseis) meses ausentes. Somente essas duas séries incompletas tiveram os valores ausentes completados com as médias para o período de 1963 - 1990. As 5 (cinco) séries com lacunas de 45 a 175 meses, foram rejeitadas.

CodNac	Nome Estação	Município	Latitude	Longitude	Altitude	Periodo	Anos	Meses c/Dados	Meses s/dados
00837024	ITAÍBA	ITAÍBA	08:57	37:26	470	jan 1963-dez1992	30	360	0
00837026	JUAZEIRO DOS CANDIDOS	INAJÁ	37:59	08:47	420	jan 1963-dez1992	30	360	0
00837036	TUPANATINGA (SANTA CLARA)	TUPANATINGA	08:45	37:21	709	jan 1963-dez1992	30	360	0
00837008	BREJO DO PIORE	IBIMIRIM	37:32	08:37	470	jan 1963-dez1992	30	357	3
00837025	IBIMIRIM (JERITACO)	IBIMIRIM	08:23	37:38	445	jan 1963-dez1992	30	344	16
00837028	MOXOTÓ	IBIMIRIM	37:32	08:43	431	jan 1963-dez1992	30	315	45
00837009	BUIQUE	BUIQUE	08:37	37:10	798	jan 1963-dez1992	30	252	108
00837003	ARCOVERDE	ARCOVERDE	08:26	37:04	663	jan 1963-dez1992	30	232	128
00837038	INAJÁ	INAJÁ	37:49:50	08:55:15	355	jan 1963-dez1992	30	219	141
00837022	INAJÁ (ESPÍRITO SANTO)	INAJÁ	08:54	37:50	355	jan 1963-dez1992	30	185	175

4.6 Precipitações médias

As precipitações médias sobre a bacia sedimentar de Jatobá na área de interesse (3605 km²) foram calculadas pelo método de Thiessen (figura 21). As influências exercidas pelos 5 (cinco) postos com séries de chuvas no período de 1963 -1992 são mostradas na tabela 10.

Tabela 10. Postos influentes e respectivos pesos deduzidos dos polígonos de Thiessen para o cálculo da chuva média sobre a bacia sedimentar

CodNac	UTM-E	UTM-N	Posto	Area km2	Pesos
00837008	661390	9047218	BREJO DO PIORE	1255,2	0,3481
00837024	672242	9010309	ITAIBA	231,4	0,0642
00837025	650475	9073061	IBIMIRIM (JERITACO)	35,8	0,0099
00837026	611817	9028950	JUAZEIRO DOS CANDIDOS	1317,7	0,3655
00837036	681504	9032389	TUPANATINGA (SANTA CLARA)	765,6	0,2123
Área total (km2)				3605,7	1,0000

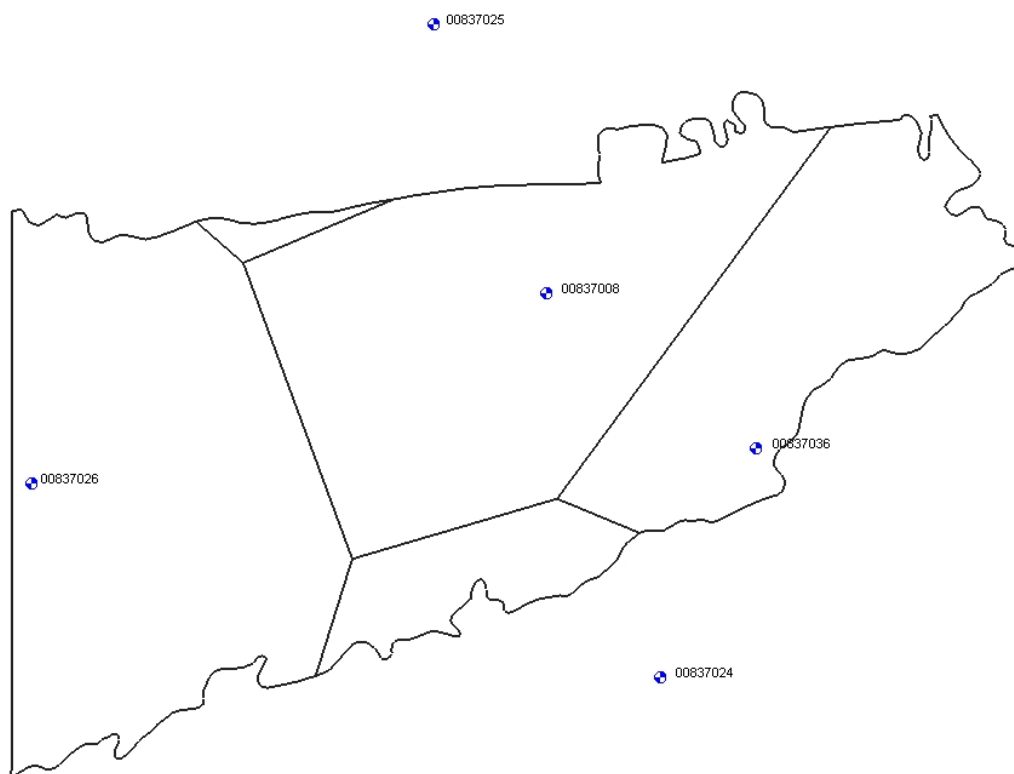


Figura 21. Polígonos de Thiessen representativos dos pesos usados no cálculo da chuva média na bacia de Jatobá.

As precipitações médias mensais e os totais anuais são apresentados na tabela 11. A média anual para o período 1963-1990, é de 600,6 mm, com totais anuais variando de 330,5 mm a 988,5mm, enquanto que as médias mensais variam de um máximo de 110,3 no mês de março até um mínimo de 12,5 mm no mês de outubro.

4.7 Excesso médio de água

Os eventos de excesso de água, apresentados na tabela 12, ocorrem apenas nos meses de março e abril, havendo déficit no restante do ano. Em escala anual, no período de 30 anos somente são observados excedentes hídricos nos anos de 1974 e 1981, havendo déficit com uma frequência anual de 93%, ou seja, de 28/30 anos. O excedente médio registrado no período não passa de 4 mm/ano, sendo 2,9 mm no mês de março e 1,1 mm no mês de abril.

4.8 Escoamento total

O escoamento total fictício deduzido do excesso médio de água (tabela 13) é distribuído em um período de 5 (cinco) meses, decaindo de 1,5 mm em abril, a 0,1 mm em agosto. A lâmina média de escoamento total na bacia de Jatobá foi de 4 mm/ano.

4.9 Infiltração

O escoamento subterrâneo médio mensal, associado com a recarga/descarga e equivalente à infiltração média mensal na bacia de Jatobá no período 1963-1992, considerando um coeficiente de escoamento subterrâneo de 0,4449, conforme o item fluxo baixo rio Moxotó, e o resultado, mostrado na tabela 14, indica uma lâmina média anual de 1,8 mm.

4.10 Escoamento superficial

O escoamento de escoamento superficial foi estimado em 0,5551 e daí resultaram as lâminas médias mensais e totais anuais apresentados na tabela 15. A média anual obtida para o período de 30 anos do balanço hídrico foi de 2,2 mm.

Tabela 11 - Balanço hídrico (1963-1990) – Chuva média na bacia de Jatobá (3905 km²).

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1963	12,6	32,5	44,3	49,6	42,7	55,5	18,6	10,2	11,5	0,0	54,6	140,2	472,3
1964	151,5	137,8	127,7	88,7	93,0	81,5	55,3	42,8	33,1	8,2	13,6	39,2	872,3
1965	63,8	49,7	129,2	85,0	39,1	49,8	34,1	21,2	4,6	43,5	1,7	7,5	529,3
1966	43,0	85,3	59,3	205,4	67,9	48,9	67,5	27,6	30,9	7,5	25,5	40,6	709,5
1967	13,0	39,7	153,7	132,6	73,7	42,4	42,9	32,7	22,6	9,9	9,5	112,8	685,4
1968	48,0	65,3	85,1	112,8	128,1	54,0	66,8	32,9	15,2	0,0	9,2	59,5	676,8
1969	142,4	77,5	189,2	87,7	55,2	61,1	116,4	11,4	1,1	14,1	6,4	40,1	802,6
1970	148,0	29,4	119,5	14,1	8,6	22,5	40,3	17,6	0,8	20,5	22,0	4,0	447,3
1971	18,1	21,8	57,2	141,1	61,3	44,5	24,0	8,9	11,6	19,4	3,7	7,6	419,2
1972	49,3	79,9	68,4	40,9	65,4	100,7	9,8	26,8	8,3	14,7	5,5	127,6	597,5
1973	56,2	15,7	98,0	118,6	46,8	63,7	24,6	10,9	16,7	36,8	0,0	2,3	490,2
1974	115,7	109,1	249,8	169,2	55,5	43,5	53,7	9,5	8,3	12,7	85,1	76,4	988,5
1975	51,4	35,8	111,0	68,7	99,9	75,5	125,4	7,7	12,5	12,5	1,4	24,3	626,2
1976	28,3	110,7	57,4	72,6	23,1	14,7	21,4	0,3	53,4	47,6	34,5	45,9	509,8
1977	128,8	25,8	8,4	96,9	102,4	71,6	73,3	16,5	12,9	8,9	15,1	83,7	644,3
1978	12,7	147,5	196,7	33,6	98,1	53,0	33,4	13,1	14,1	1,0	36,4	37,6	677,1
1979	106,0	44,4	42,5	75,8	39,1	32,6	31,7	6,7	11,5	1,4	26,4	8,9	426,9
1980	95,9	202,8	55,8	8,4	5,5	52,9	13,4	1,6	0,9	37,6	32,0	15,5	522,2
1981	57,6	4,1	346,3	28,8	6,1	8,0	20,7	4,9	4,6	0,0	42,7	30,9	554,8
1982	8,3	26,0	12,4	93,6	68,2	36,4	19,6	25,0	15,6	0,0	3,8	40,7	349,6
1983	62,6	98,8	98,2	21,1	6,1	30,5	17,6	15,2	0,0	2,9	3,0	1,2	357,2
1984	11,0	12,0	114,7	190,7	34,5	27,2	46,1	24,5	39,1	0,0	9,9	0,6	510,2
1985	146,1	135,5	128,4	223,8	55,9	76,5	51,5	26,7	2,8	0,1	5,8	56,3	909,6
1986	72,4	94,4	126,2	92,8	69,8	63,0	75,0	11,2	25,2	30,0	60,2	22,3	742,4
1987	26,1	30,4	153,0	75,7	47,8	60,5	57,9	17,6	0,7	1,1	0,4	1,9	473,2
1988	37,0	40,3	224,0	129,9	22,3	57,3	90,6	17,1	33,6	6,6	27,8	84,8	771,3
1989	30,2	23,4	79,4	131,5	133,0	68,8	122,1	18,7	15,4	19,5	33,9	213,1	889,1
1990	16,1	53,9	2,8	70,9	27,0	16,3	40,3	10,6	9,9	17,0	33,4	32,4	330,5
1991	34,6	106,7	88,6	10,7	34,5	17,0	18,3	50,1	9,7	0,0	31,2	0,5	401,9
1992	202,9	151,0	80,3	66,9	4,2	20,2	32,1	11,7	26,5	1,5	5,1	29,2	631,6
Média	66,3	69,6	110,3	91,3	53,8	48,3	48,1	17,7	15,1	12,5	21,3	46,3	600,6

Tabela 12. Balanço hídrico (1963-1990) – Excesso médio de água na bacia de Jatobá (3905 km²).

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ex_Ano
1963	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1964	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1965	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1966	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1967	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1968	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1969	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1970	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1971	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1972	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1973	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1974	0,0	0,0	0,0	31,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	31,4
1975	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1976	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1977	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1978	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1979	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1980	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1981	0,0	0,0	87,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	87,7
1982	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1983	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1984	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1985	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1986	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1987	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1988	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1989	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1990	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1991	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1992	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Média	0,0	0,0	2,9	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0

Tabela 13. Balanço hídrico (1963-1990) – Escoamento médio total de água na bacia de Jatobá (3905 km²).

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	I+R
1963	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1964	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1965	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1966	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1967	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1968	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1969	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1970	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1971	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1972	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1973	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1974	0,0	0,0	0,0	15,7	7,8	3,9	2,0	1,0	0,5	0,2	0,1	0,1	31,3
1975	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
1976	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1977	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1978	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1979	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1980	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1981	0,0	0,0	43,9	21,9	11,0	5,5	2,7	1,4	0,7	0,3	0,2	0,1	87,6
1982	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
1983	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1984	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1985	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1986	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1987	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1988	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1989	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1990	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1991	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1992	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Média	0,0	0,0	1,5	1,3	0,6	0,3	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0

Tabela 14. Balanço hídrico (1963-1990) – Escoamento subterrâneo na bacia de Jatobá (3905 km²).

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	L_Ano
1963	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1964	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1965	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1966	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1967	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1968	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1969	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1970	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1971	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1972	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1973	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1974	0,0	0,0	0,0	7,0	3,5	1,7	0,9	0,4	0,2	0,1	0,1	0,0	13,9
1975	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1976	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1977	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1978	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1979	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1980	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1981	0,0	0,0	19,5	9,8	4,9	2,4	1,2	0,6	0,3	0,2	0,1	0,0	39,0
1982	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1983	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1984	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1985	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1986	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1987	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1988	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1989	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1990	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1991	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1992	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Média	0,0	0,0	0,7	0,6	0,3	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8

Tabela 15. Balanço hídrico (1963-1990) – Escoamento superficial na bacia de Jatobá (3905 km²).

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	R_Ano
1963	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1964	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1965	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1966	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1967	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1968	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1969	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1970	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1971	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1972	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1973	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1974	0,0	0,0	0,0	8,7	4,4	2,2	1,1	0,5	0,3	0,1	0,1	0,0	17,4
1975	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1976	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1977	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1978	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1979	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1980	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1981	0,0	0,0	24,3	12,2	6,1	3,0	1,5	0,8	0,4	0,2	0,1	0,0	48,6
1982	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1983	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1984	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1985	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1986	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1987	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1988	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1989	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1990	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1991	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1992	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Média	0,0	0,0	0,8	0,7	0,3	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2

4.11 Síntese do balanço hídrico na Bacia de Jatobá

Os resultados do balanço hídrico no período de 1963-1992 na bacia de Jatobá, sobre uma superfície de 3605 km² são mostrados na tabela 16. Em relação à média pluviométrica na bacia, o escoamento total representa apenas 0,7%, dos quais 0,3% correspondem a escoamento subterrâneo. Isto sugere que com chuvas anuais da ordem de 600 mm praticamente não há escoamento.

Tabela 16. Resumo do balanço hídrico 1963-1992 na bacia de Jatobá (mm)

Parâmetro	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
Chuva	66,3	69,6	110,3	91,3	53,8	48,3	48,1	17,7	15,1	12,5	21,3	46,3	600,6
Excesso	0,0	0,0	2,9	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0
I+R	0,0	0,0	1,5	1,3	0,6	0,3	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0
I	0,0	0,0	0,7	0,6	0,3	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8
R	0,0	0,0	0,8	0,7	0,3	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2

4.12 Estatística descritiva da chuva e da recarga

A estatística descritiva da chuva e da recarga na bacia de Jatobá (tabela 17) revela que:

i) a precipitação média, com 95% de confiança é de $600,6 \pm 66,6$ mm/ano. A mediana de 576,1 mm/ano, associada a uma pequena assimetria de 0,4 sugere que a distribuição de frequência pode ser bem ajustada por uma lei do tipo gama, como ilustrado na figura 22a

Tabela 17. Estatística descritiva das médias anuais de chuvas e de recarga na Bacia de Jatobá (3605 km²) no período de 1963-1992.

Posto	Num anos N	Média	Confiança da média		Mediana	Mín	Máx	Desvio Padrão	Assimetria
			-95%	95%					
Chuva	30	600,6	534,0	667,2	576,1	330,5	988,5	178,4	0,4
Recarga	30	1,8	-1,0	4,5	0,0	0,0	38,9	7,4	4,7
Recarga	2	26,4	-132,6	185,6	26,4	13,9	38,9	17,7	

ii) a recarga média é de 1,8 mm/ano, porém, com mediana nula, já que a frequência de valores extremamente pequenos (e, portanto, desprezíveis) é de 93% (ou 28/30), o que torna sem significado a distribuição de probabilidade. Veja-se a estatística de valores válidos da recarga na última linha da tabela 16 e o respectivo histograma de frequência na figura 22b.

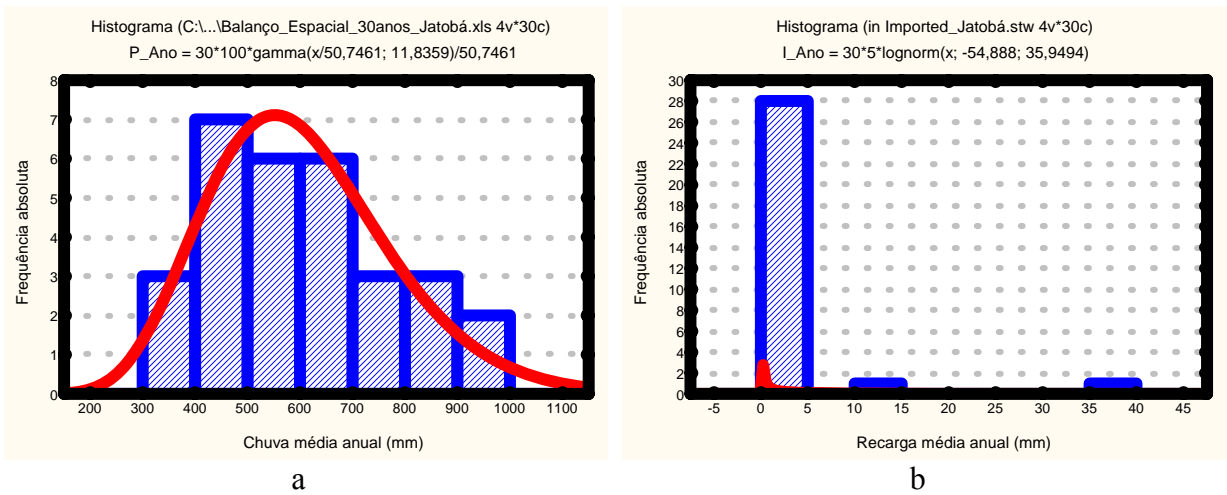


Figura 22. Histograma de freqüência da chuva média anual e distribuição gama de densidade de probabilidade; b Histograma de freqüência da recarga média anual ilustrando a presença de apenas 2 valores significativos em 30.

4.13 Probabilidade de chuva na Bacia de Jatobá

A distribuição de probabilidade da chuva média anual na bacia Jatobá no período de 1963 – 1992 é apresentada na tabela 18. A probabilidade da recarga não pode ser avaliada, pois como já mencionado, 93% dos valores são desprezíveis.

Tabela 18. Probabilidade de ocorrência de chuvas e de recarga anual (mm) na Bacia de Jatobá (3605 km²) no período de 1963-1992.

Prob(x>=a)	0,5	0,8	0,9	0,95	0,98	0,99
Chuva média	600,6	450,9	390,2	345,0	298,4	269,9

5. CONSTRUÇÃO DE PIEZÔMETROS E TESTES DE AQUÍFEROS

5.1 Construção de piezômetro

A CPRM construiu um poço de observação com 50 metros de profundidade a 43,5 metros de distância do poço HH866, no Sítio Travessão (Restaurante Serra Dourada), distrito do Catimbau município de Buíque/PE, O poço foi perfurando em 6 ¼ de polegada e revestido, apenas os primeiros 4 metros, com tupo geomecânico de 6". As coordenadas UTM são: 9.048.934 mN, 694.121 mE, zona 24L, datum WGS84. Os 50 metros atravessaram apenas arenitos da formação Tacaratú.

Além do poço de observação construído pela CPRM foram feitos dois poços pela Companhia Pernambucana de Saneamento S.A. – Compesa, denominados de Manari1 e Manari2, sendo o primeiro para abastecimento da localidade de Sítio Queimada Grande e da sede municipal de Manari. Ambos os poços tiveram 252 metros de profundidade, tendo o Manari1 as coordenadas UTM 640594 mE, 9018609 mN e o Manari2 640162 mE, 9018935 mN. Ambos estão na zona 24L e o Datum utilizado no GPS foi o Córrego Alegre. A distância entre os dois poços é de 541,0m. Os perfis litológico construtivo desses dois poços são mostrados nos anexos 1 e 2.

5.2 Testes de aquífero

As informações disponíveis de parâmetros estão na dissertação de Geraldo Melo elaborada em 1980 e nos relatórios Estudo Hidrogeológico da Bacia do Jatobá – PE realizado pelo Serviço Hidrogeológico do Brasil – CPRM, em 2001, pela superintendência de Recife. No trabalho Estudo Hidrogeológico da Bacia do Jatobá – PE – Área de Passagem das Pedras também há informações de parâmetros hidrodinâmicos.

Nos primeiro estudo da CPRM, na área do Frutuso, foram realizados quatro testes, sendo que apenas um deles teve um poço de observação. Os parâmetros encontrados a partir desses testes foram: transmissividade $1,49 \times 10^{-3}$ m²/s; condutividade hidráulica 3×10^{-6} m/s e coeficiente de armazenamento de $3,86 \times 10^{-4}$. No estudo foram realizados dois testes sem poços de observação, sendo possível apenas a determinação da transmissividade e da condutividade hidráulica. Os valores médios de transmissividade e condutividade hidráulica foram: $4,7 \times 10^{-5}$ m²/s e $1,0 \times 10^{-7}$ m/s, respectivamente.

Geraldo Melo em sua dissertação chegou a valores representativos do sistema Tacaratú/Inajá a partir de testes realizados nas proximidades de Inajá, Moxotó e Trocado. Para o setor Moxotó-Trocado os valores foram os seguintes: condutividade hidráulica $6,0 \times 10^{-6}$ m/s, coeficiente de armazenamento $1,7 \times 10^{-4}$. Para a área de Inajá os valores foram: condutividade hidráulica $6,0 \times 10^{-6}$ m/s e coeficiente de armazenamento $3,4 \times 10^{-5}$.

Os poços da Compesa construídos para abastecimento de Manari também foram testados, cujos dados são apresentados nos anexos. O teste bombeando o poço Manari1 foi observando tanto o próprio poço bombeando, como um poço distante 23,40 metros, usado para abastecimento da obra de asfaltamento da pista entre Manari e Inajá. O teste bombeando o poço Manari2 só este foi observado.

Os dados dos testes realizados pela Compesa constam dos Anexos 3 ao 6 e as análises dos Anexos 7a ao 7c. Para o local dos poços Manari 1 e 2 é considerado como parâmetros representativos do aquífero a transmissividade de $3 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$, o coeficiente de armazenamento de $1,2 \times 10^{-4}$. Como não se dispõe do valor da espessura do sistema Tacaratú/Inajá no local, admitindo-se 280m encontra-se uma condutividade hidráulica de $1,09 \times 10^{-6} \text{ m/s}$.

Durante o projeto foram executados 21 ensaios de bombeamento, em poços no entorno da cidade de Inajá. Foram testes de curta duração (1hora), utilizando os poços e as bombas dos próprios proprietários. Embora esses testes não possam ser considerados como testes de aquíferos podem servir para avaliar a transmissividade em torno dos poços bombeado. O objetivo desses testes foi obter dados para a tese da doutoranda Adrienne de Lima Saraiva, prevista no projeto. A figura 23 mostra a localização dos poços testados e na tabela 19 os dados obtidos.

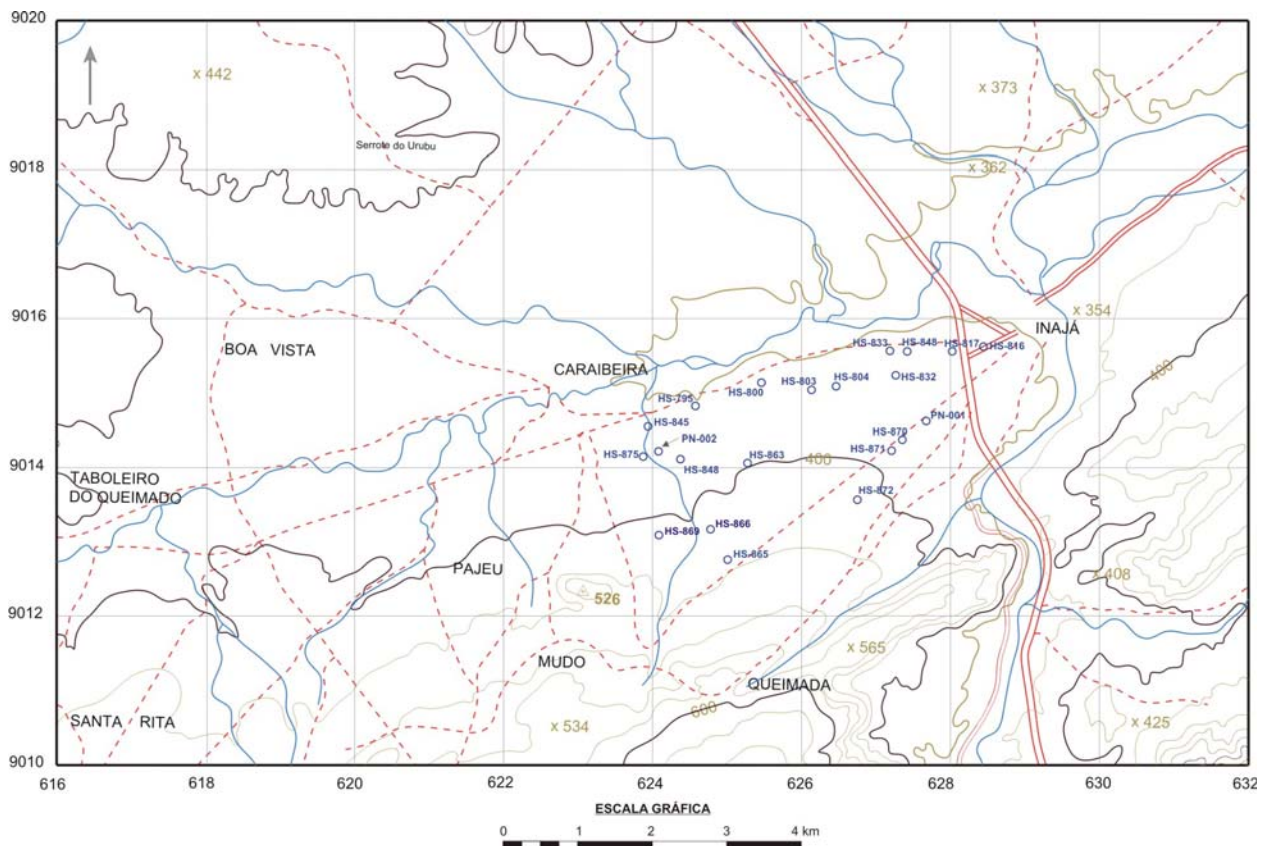


Figura 23. Localização dos poços tubulares testados.

O registro do nível dinâmico foi feito apenas no próprio poço bombeado, com auxílio de medidor de nível elétrico e o escoadouro de orifício circular para a medição e controle da vazão, tal como mostrado na foto da figura 24. Para cada bombeamento foi elaborado um gráfico rebaixamento x tempo que foi interpretado pelo de Cooper-Jacob.

Tabela 19. Resultados dos ensaios de bombeamento

POÇO	UTME (m)	UTMN (m)	Vazão (m ³ /h)	Sw (m)	Q/sw (m ³ /h/m)	T x10 ⁻⁴ (m ² /s)
HS795	624619	9014859				0,60
HS800	625506	9015172	12,25	26,09	0,47	0,47
HS803	626178	9015075	17,89	17,12	1,05	0,91
HS804	626508	9015123	17,54	12,44	1,41	1,26
HS816	628486	9015658	8,02	13,35	0,60	0,43
HS817	628067	9015594	9,71	4,64	2,09	2,96
HS832	627309	9015271	6,41	13,37	0,48	0,15
HS833	627231	9015600	12,25	23,17	0,53	0,49
HS844	623918	9014185	12,94	11,38	1,14	1,63
HS845	623949	9014525	7,40	37,62	0,20	0,13
HS845B	624123	9014255	13,32	14,61	0,91	1,77
HS848	627463	9015593	6,55	22,14	0,30	0,11
HS863	625319	9014098	6,55	18,94	0,35	0,23
HS865	625052	9012796	5,83	6,51	0,89	0,76
HS866	624822	9013206	6,00	23,83	0,25	0,88
HS869	624137	9013122	4,44	8,93	0,50	0,46
HS870	627397	9014411	9,62	6,57	1,46	1,81
HS871	627253	9014264	7,05	6,09	1,16	1,58
HS872	626794	9013604	2,68	12,48	0,21	0,29
HS875	627553	9014385	6,43	8,09	0,80	0,55
PN001	627719	9014656	6,28	7,46	0,84	0,81

Obs.: Coordenadas datum SAD69



Figura 24. Aparado para medir e controlar vazão.

A partir dos dados da tabela 19 foi elaborado o mapa de transmissividade apresentado na figura 25. Os ensaios de bombeamento foram planejados para verificar se seria possível verificar se a falha mapeada no local alterava as características hidrodinâmicas do aquífero. Porém, a partir do mapa de transmissividade não é possível verificar qualquer relação entre a falha e o comportamento hidrodinâmico do aquífero, parece que este é aleatório, que não há nenhuma estrutura condicionando as zonas de maior ou menor transmissividade, pelos menos, a luz das informações disponíveis.

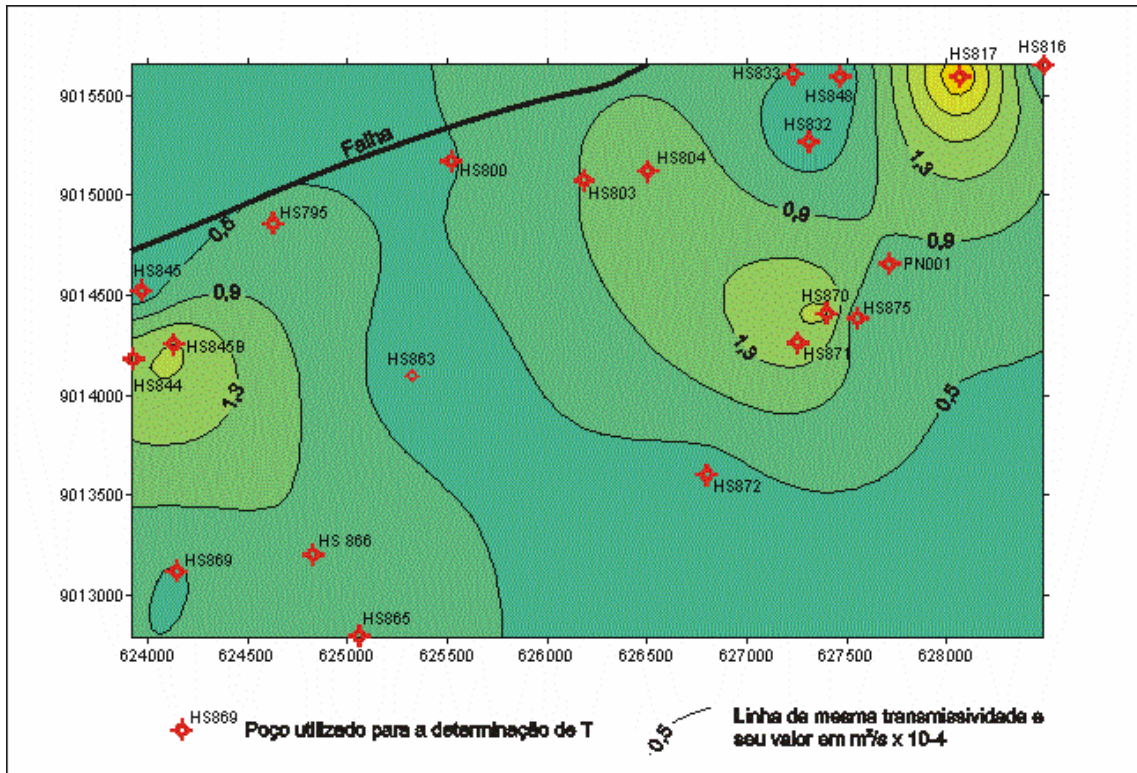


Figura 25. Mapa de transmissividade.

Também a partir dos dados da tabela 19 foi elaborado o gráfico da figura 26 que mostra a correlação entre a transmissividade e a vazão específica para 1 hora de bombeamento. A correlação é muito boa entre essas duas variáveis com o valor de R de 96%, o que mostra que possível avaliar a transmissividade do sistema Tacaratú/Inajá a partir da vazão específica de uma hora. Isto é válido, pelo menos, para poços com as características dos que foram testados. Poços revestido apenas na parte superior, até 4 ou 6 metros de profundidade, tudo de quatro polegadas e profundidade final em torno dos 100 metros.

Outra observação importante a partir dos dados da tabela 19 é que os valores de transmissividade, com poucas exceções, situação em torno de $8,7 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$, que são valores compatíveis com os obtidos nos trabalhos já citados.

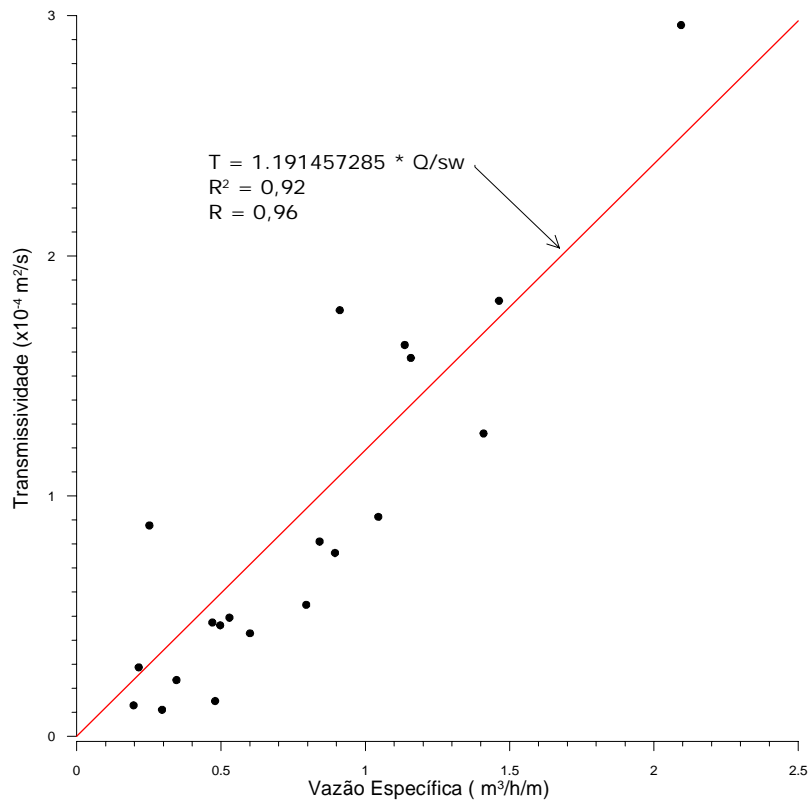


Figura 26. Relação entre transmissividade e vazão específica

A CPRM também executor um teste de aquífero utilizando como poço de bombeamento o HH866 e o PZ-866 como poço de observação. Os dados desse teste encontram-se nos anexo 8 9 e 10. A curva do poço de observação mostrou que a transmissividade e coeficiente de armazenamento em torno do poço HH866 e de $5,0 \times 10^{-3} \text{m}^2/\text{s}$ e $1,17 \times 10^{-4}$, respectivamente.

6. MODELO MATEMÁTICO

6.1 Introdução

O avanço da computação permitiu nos últimos 20 anos a utilização de ferramentas antes inviáveis devido ao volume de processamento envolvido em determinadas técnicas, dentre elas a modelagem de fluxo subterrâneo por meio de processos numéricos, as diferenças finitas e elementos finitos. As equações analíticas, praticamente as únicas ferramentas que o hidrogeólogo disponha antes das técnicas numéricas simplificavam os aquíferos reais a aquíferos ideais, os quais deveriam ser homogêneos, isotrópicos, horizontais, topo e base paralelos, extensão lateral infinita, ausência de fluxo natural, dentre outras simplificações. Os métodos numéricos permitem simular aquíferos de forma mais realistas, podem ser consideradas anisotropias, heterogeneidades, fluxo natural, variações de espessura, etc. Porém, mesmo com todas essas possibilidades, os modelos numéricos, tal como todos os modelos, são simplificações de uma realidade. E a simplificação será tão mais distante da realidade quanto menor o grau de informação/conhecimento que se tem do aquífero que se pretende modelar. Se o conhecimento de um determinado aquífero for pequeno as simplificações necessárias para elaboração de um modelo numérico podem chegar ao ponto de torná-lo exatamente igual a um modelo analítico, ou seja, não faria sentido usar uma ferramenta bem mais complexa para um problema simples. Assim, para a elaboração de um bom modelo numérico, que represente de forma adequada o aquífero, não necessariamente informações, de preferência em abundância, da geometria do aquífero, das condições de limite, das características hidrodinâmicas, e, principalmente, de séries históricas de descargas dos poços e das variações dos níveis dinâmicos.

Dentre as opções de programas de computador para elaboração de modelos numéricos de fluxo o Modflow é o mais utilizado. É um programa desenvolvido e distribuído gratuitamente pelo USGS. Esta versão não é de fácil utilização dependendo-se muito tempo na elaboração de arquivos necessários para alimentação de dados, bem como, na análise dos resultados. Tentando facilitar o pré e pós processamento dos arquivos de alimentação de dados e de resultados, há no comércio vários programas para esse fim. No modelo aqui desenvolvido foi utilizado o Visual Modflow versão 3 da Waterloo Hydrogeologic.

A área modelada é apresentada na figura 27, que é um pouco maior do que a área do projeto, que basicamente restringe-se a porção aflorante dos arenitos Tacaratú e Inajá. No modelo também é considerada a porção confinada do sistema Tacaratú/Inajá. A área é um retângulo de 100km x 70km, cujo lado maior está alinhado na direção leste-oeste. Os lados oeste e leste tem as coordenadas UTM 620000m e 720000metros, respectivamente e os lados sul e norte as coordenadas UTM 9000000 e 9070000m, respectivamente

6.2 Modelo conceitual do sistema aquífero Tacaratú/Inajá.

O modelo conceitual tem por objetivo simplificar as informações de campo para permitir a implementação do modelo computacional, procurando conciliar a realidade hidrogeológica da forma mais fiel possível com algumas simplificações que facilitam a aplicação do modelo numérico (CABRAL & DEMETRIO, 1997).

A grande dificuldade para elaboração do modelo conceitual do sistema Tacaratú/Inajá foi a limitação de informação. Pouco se conhece do sistema, tanto nos aspectos geométricos e hidrogeológicos.

A primeira grande dificuldade foi a profundidade da bacia. Em apenas oito poços há informação de profundidade do cristalino, sendo que, esses poços não estão distribuídos na área, mas concentrados em três pontos. A partir dessas profundidades foram inferidos valores para o restante da bacia e elaborado o mapa da figura 27.

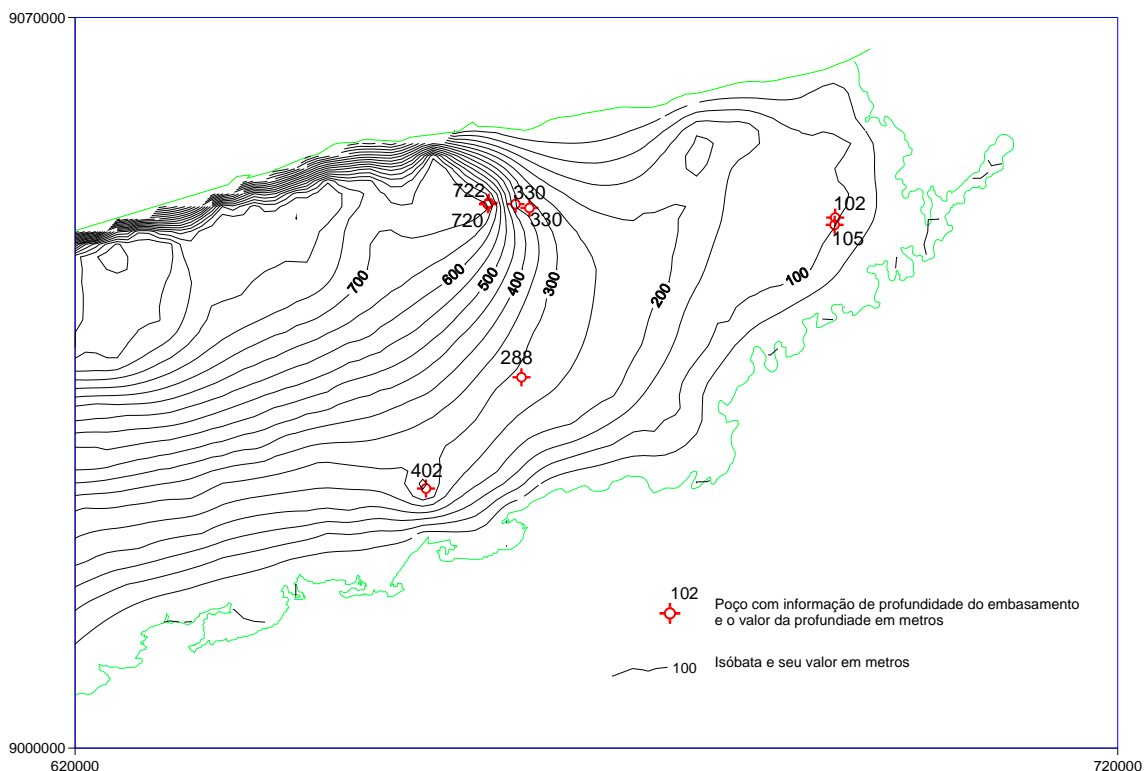


Figura 27. Profundidade do embasamento cristalino

A superfície do terreno foi obtida a partir das informações contidas nas imagens SRTM, evitando-se as variações muito bruscas de relevo, principalmente na borda leste-sudeste da bacia, tendo em vista o grau de simplificação da profundidade do embasamento cristalino. A figura 28 mostra a altimetria da superfície do terreno obtida com as informações SRTM.

Uma vez de posse da superfície do terreno e a profundidade do embasamento cristalino, foi fácil gerar o mapa com as cotas do embasamento cristalino, fazendo-se apenas a diferença entre a superfície do terreno menos a profundidade. O mapa com as cotas do topo do cristalino é apresentado na figura 29, é um dos dados de entrada do Modflow, juntamente com o mapa da figura 28.

Também em decorrência da limitação de informações não foi possível fazer uma separação entre os aquíferos Tacaratú/Inajá. Foram feitas tentativas de simular os aquíferos separados, porém, as simplificações introduzidas terminavam reduzindo tudo com se fosse um único sistema aquífero. Sendo assim o modelo foi montado com apenas uma camada.

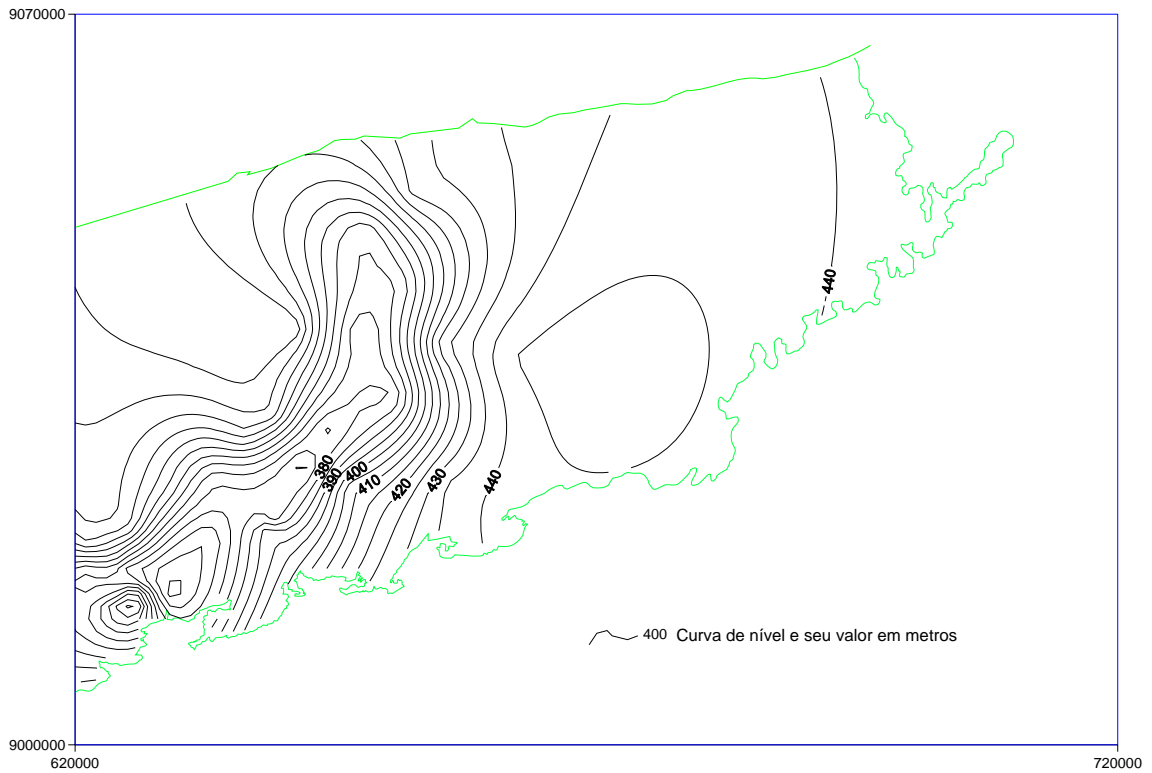


Figura 28. Superfície do terreno a partir das imagens SRTM

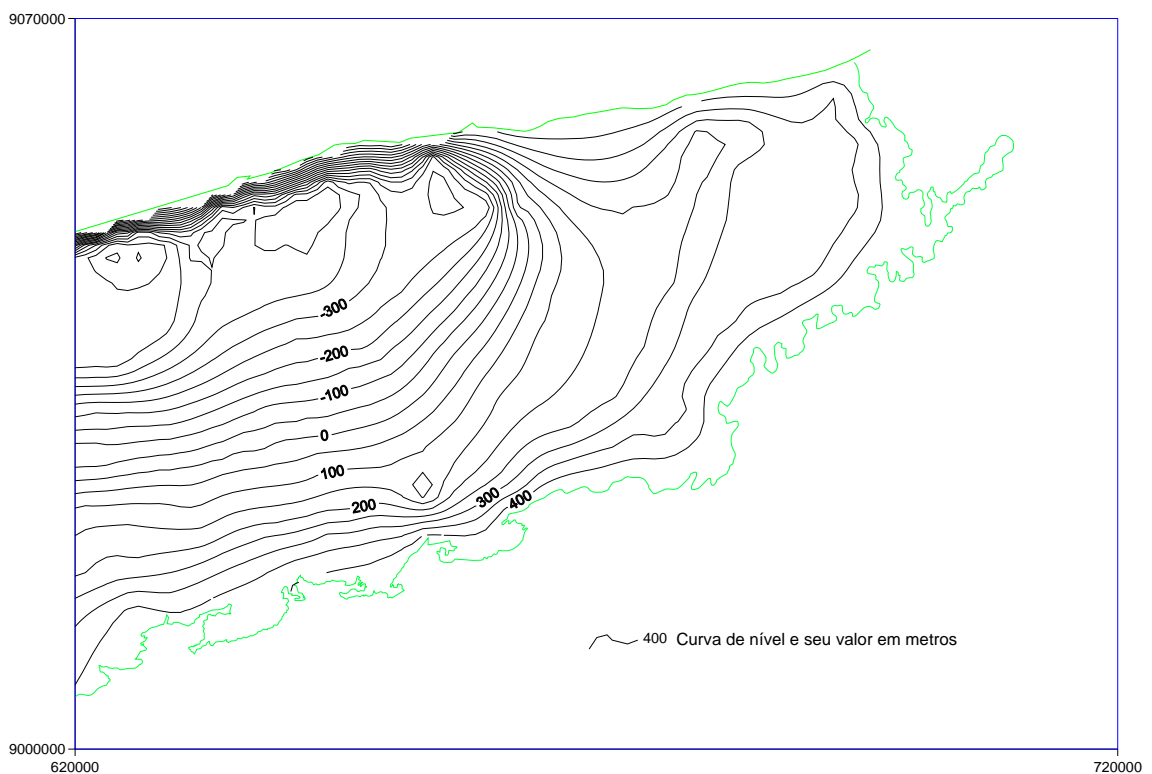


Figura 29. Topo do embasamento cristalino

A condição de contorno nas porções onde o limite do modelo coincide com o limite físico da básica, ou seja, o contato cristalino/sedimento, foi estabelecido o limite de fluxo nulo. O limite oeste foi estabelecido como de fluxo conhecido, que foi determinado a partir da vazão de escoamento natural. O rio Moxotó que poderia ser considerado como uma condição de

contorno de rio ou dreno, porém, não foi considerado como tal. Nossa hipótese, como discutida no capítulo da potenciometria é que o rio Moxotó não tenha influência significativa no sistema aquífero Tacaratú/Inajá. Além do mais, o rio Moxotó, corre em boa parte sobre sedimentos argilosos das formações Candeias e Aliança. A interação mais significativa rio/aquífero é ao sul da cidade de Inajá, onde o aquífero deve ser drenado, porém, faltam elementos para embasar esta hipótese.

6.3 Discretização da área

A solução da carga hidráulica em modelos numéricos de fluxo não é contínua, o sistema é resolvido apenas em alguns pontos, daí a necessidade de discretização da área modelada. A área foi dividida em 100 linhas e em 100 colunas, o que significa células de 1000m x 700m, cujo lado maior, tal como a área modelada, está alinhado na direção leste-oeste. Como não havia nenhuma área de maior conhecimento, não foi necessário um refinamento da malha de discretização. Na figura 30 é mostrado o mapa com a discretização da área. As células inativas correspondem às áreas onde não há sedimentos (cristalino) e as células ativas corresponde onde há meio poro (aquífero).

6.4 Parâmetros hidrodinâmicos

As informações de condutividade hidráulica são poucas, a maioria delas obtidas e alguns testes de produção. Testes de aquíferos foram poucos, mais precisamente cinco. Os valores disponíveis são basicamente os seguintes:

Área	K (m/s)
Frutuoso	$3,0 \times 10^{-6}$
Passagem das Pedras	$1,16 \times 10^{-7}$
Moxotó	$6,0 \times 10^{-6}$
Inajá	$6,0 \times 10^{-6}$

Porém para efeitos de calibração a distribuição espacial das condutividades hidráulica ficou tal como mostrado na figura 31. A zona de condutividade hidráulica de $8,0 \times 10^{-8}$ m/s foi necessária para poder simular o efeito do relevo do local. Esta zona é onde ocorrem as maiores elevações da área modelada, chegando a valores superiores a 900 metros de altitude, porém, não possível introduzir essas informações no modelo, pois faltam informações da profundidade do substrato da bacia nessa zona. A forma encontrada para simular o efeito da morfologia foi implantando uma zona de menor condutividade hidráulica.

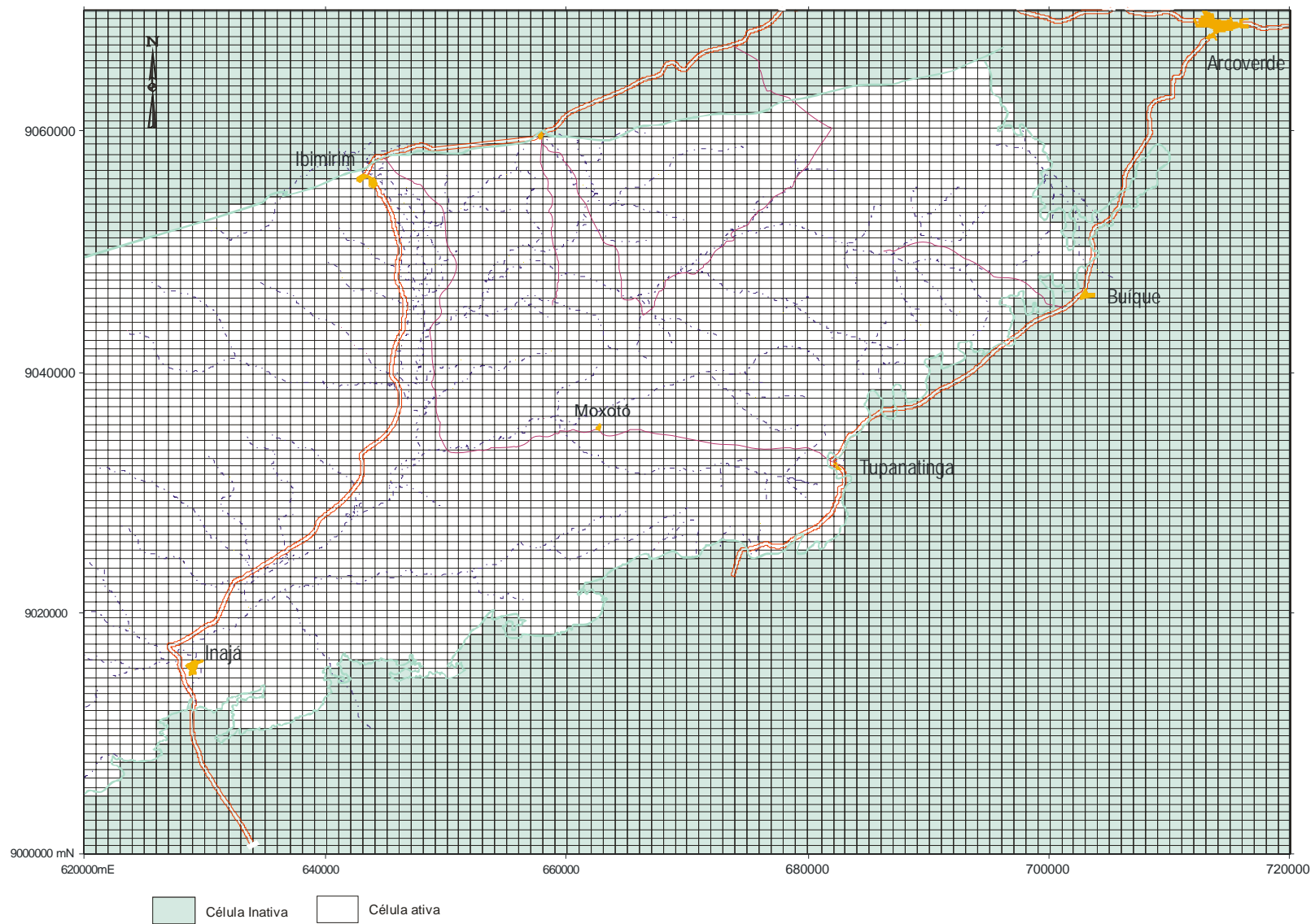


Figura 30. Discretização da área modelada

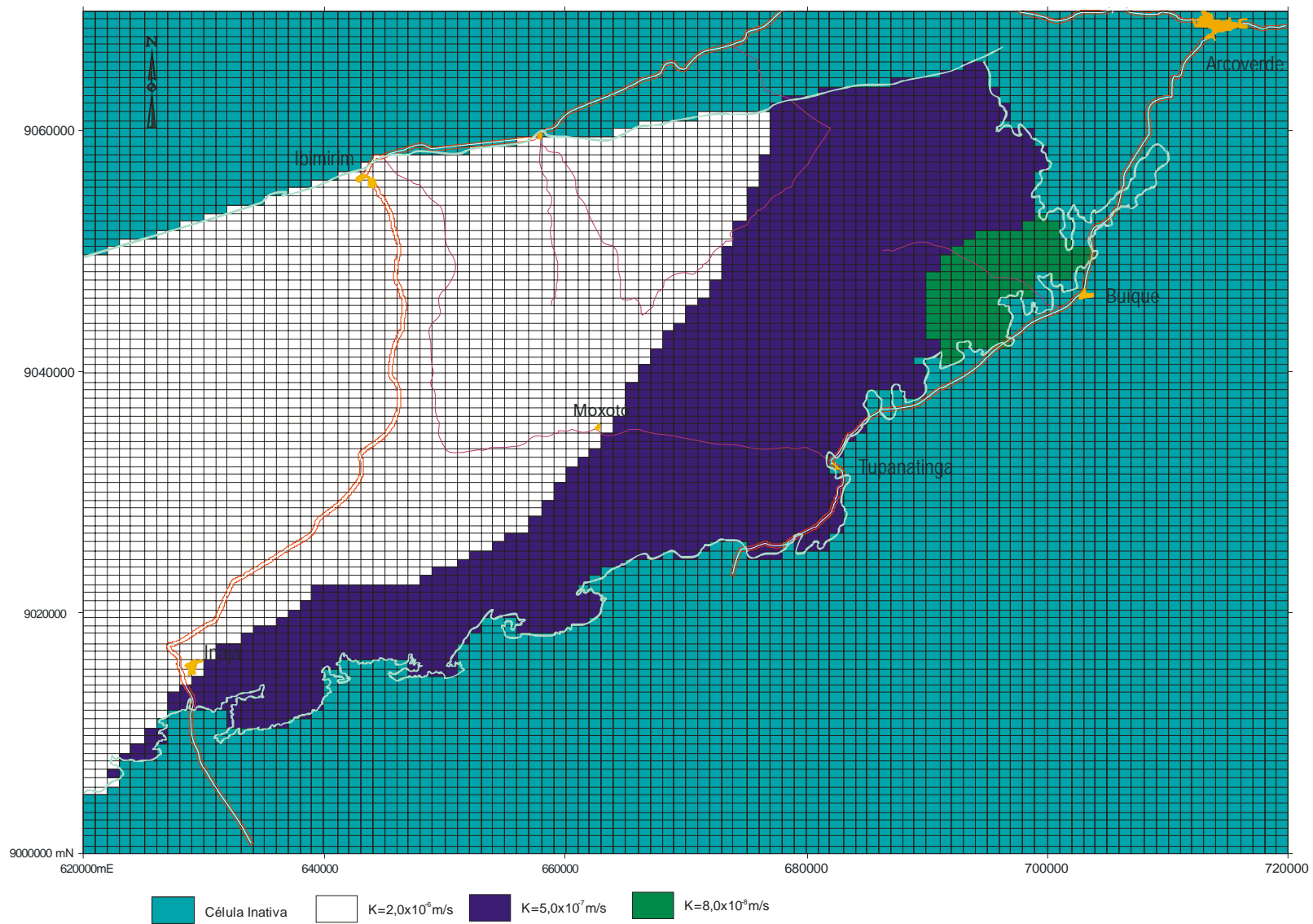


Figura 31. Distribuição das condutividades hidráulicas

6.5 Calibração

Uma etapa fundamental da modelagem numérica de fluxo subterrâneo é a calibração. É quando se verifica se o modelo reproduz uma superfície potenciométrica conhecida satisfatoriamente. No caso do modelo da Bacia do Jatobá foi feita a calibração no sentido de se reproduzir a potenciometria inicial, a qual se admite o regime de fluxo de equilíbrio. No capítulo da potenciometria foi mostrado que praticamente não houve alterações significativas da primeira potenciometria traçada em 1971 pela Sudene e a potenciometria traçada para 2003, a partir de dados do cadastro de poços da CPRM.

A infiltração foi atribuída apenas na área de afloramento das formações Tacaratú e Inajá, mesmo quando essas estavam sob coberturas arenosas recentes. Além desse limite a infiltração foi considerada zero. O valor de recarga utilizado foi de 1,836 mm/ano. Esse valor partiu do cálculo da vazão de escoamento natural (VEN) calculado entre as linhas de carga hidráulica de 440 e 460 metros. O valor da VEN foi de $3,1 \times 10^6$ m³/ano, como a área de afloramento é cerca de $1,67 \times 10^9$ m², a infiltração efetiva seria de 1,856 mm/ano, valor praticamente idêntico ao utilizado no modelo. Comparando-se esse valor com o obtido no balanço hídrico, que foi de 1,8 mm/ano, percebe-se que são valores idênticos.

Durante as simulações de calibração verificou-se a necessidade de se introduzir uma dificuldade para o fluxo subterrâneo na região do Puiu. Nesta localidade há uma grande falha, inclusive com expressão topográfica, a Serra do Quiridinho. O *Modflow* permite uma condição de contorno, denominada de parede (*wall*), justamente para simular efeitos de descontinuidade lateral de aquíferos, representadas por falhas ou fraturas preenchidas. A figura 32 mostra a posição da falha do Puiu e as células que foram utilizadas para a condição de contorno de parede.

A fim de verificar a qualidade da simulação foram introduzidos pontos, representados por poços de observação, ao longo das linhas potenciométrica de 400 e 500 metros. No total foram introduzidos nove poços. Após várias tentativas foi obtida uma potenciometria considerada satisfatória na reprodução da potenciometria de 2003. Este resultado é mostrado no mapa da figura 33. Na figura 34 a relação entre as cargas calculadas e a carga observada nos nove poços de controle. O erro calculado foi de aproximadamente 7%, o que foi considerado satisfatório e dado por concluída a fase de calibração.

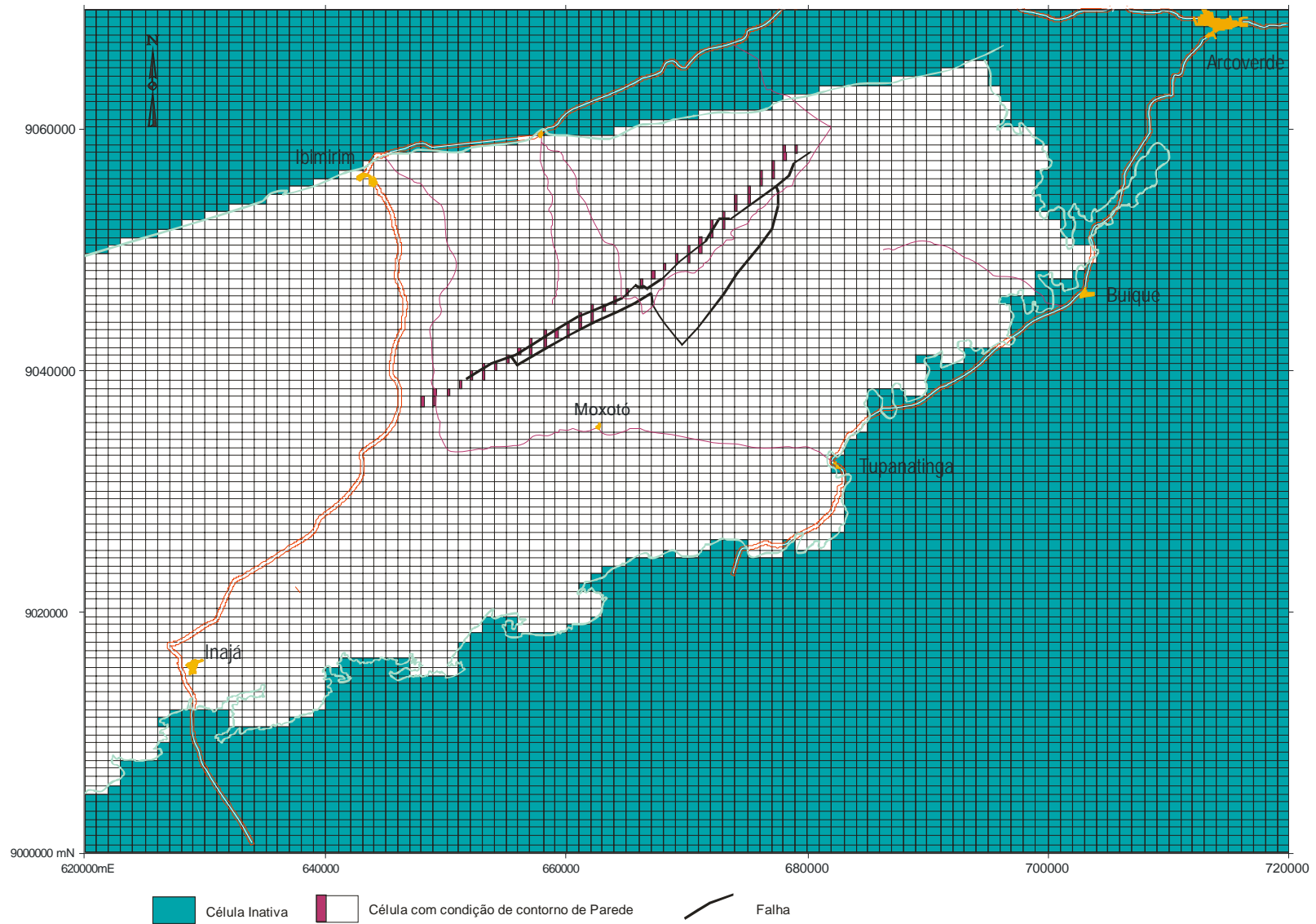


Figura 32. Localização da condição de contorno tipo parede

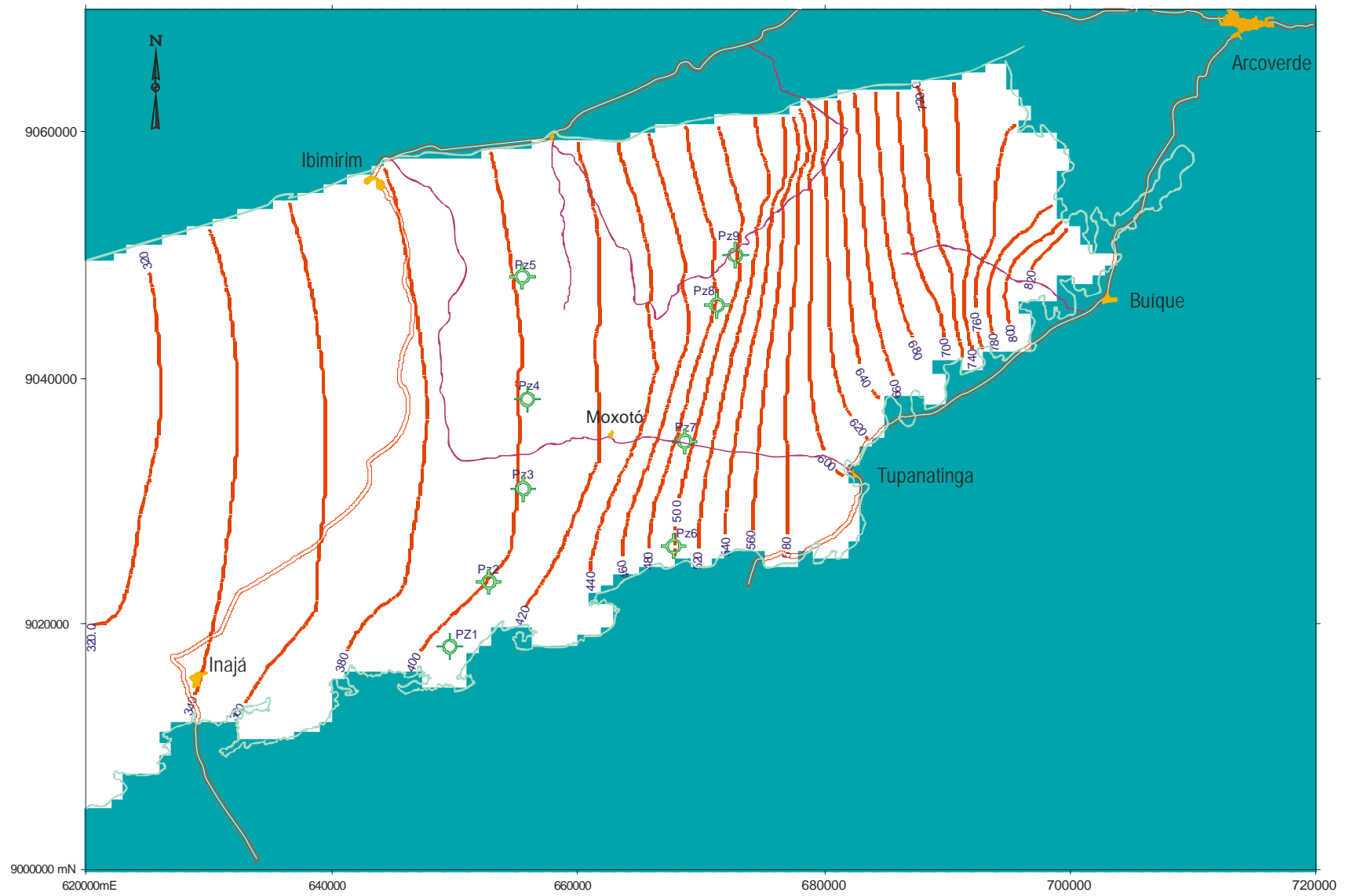


Figura 33. Potenciometria calculada pelo Modflow

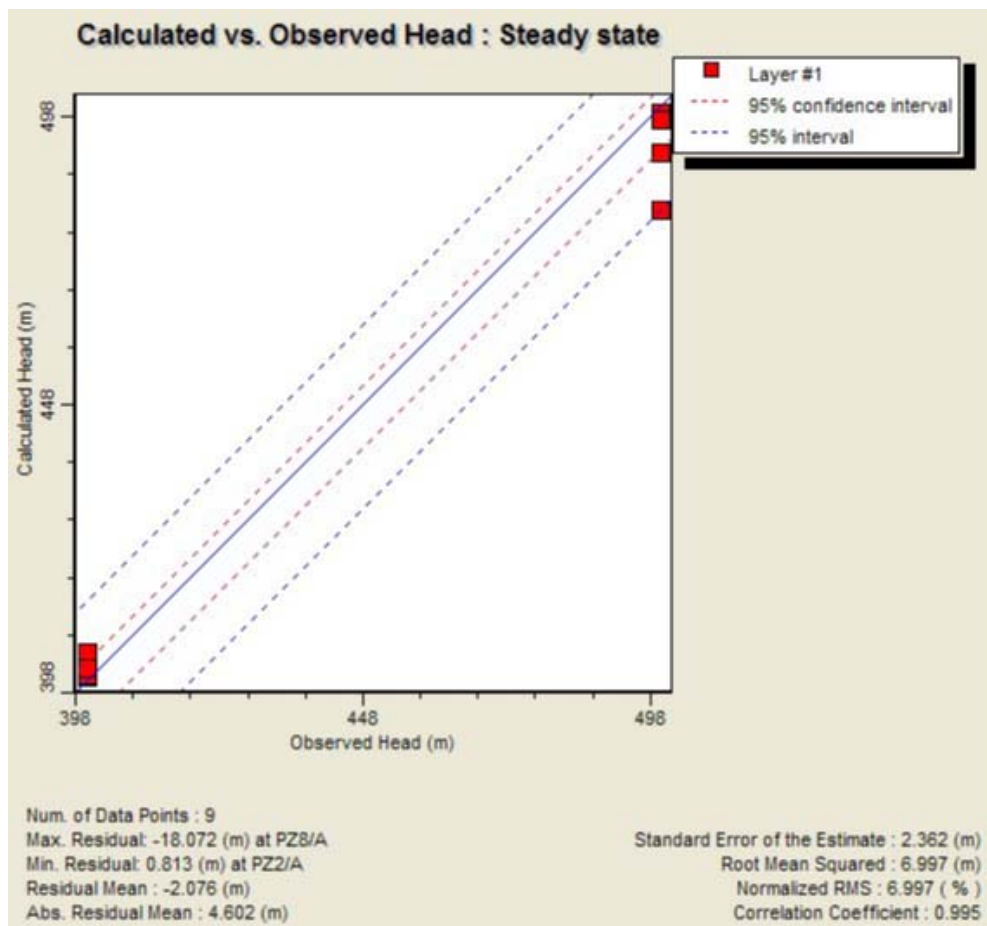


Figura 34. Correlação entre a carga calculada e a carga observada em nove poços

6.6 Simulação de cenários

Dos 386 poços que foram cadastrados pela CPRM em 2003, captando o sistema aquífero Tacartú/Injá, não têm informação da vazão, nem tão poucas informações de regime de bombeamento, que dificulta avaliar de como o aquífero estaria sendo explorado. Sem dúvida o maior usuário é a Comesa que abastece as populações das cidades de Arcoverde, Ibimirim, Inajá, Tupanatinga com poços que captam o sistema Tacaratú/Inajá. Atualmente está em fase de implantação o sistema de abastecimento de Manari. Além das sedes municipais, também são abastecidos alguns distritos, como Moxotó, Puiú e Catimbau. O cenário simulado foi simulado o abastecimento dessas cidades no ano de 2030. Com base nos dados da Confederação Nacional dos Municípios (www.cnm.org.br) foi montada a tabela 20. Os dados de população considerados nesta tabela são o número total de habitantes, ou seja, população urbana e rural juntas. Embora o abastecimento da Comesa restrinja-se a população urbana, foi considerada a população total para prever uma situação de maior demanda possível.

A observação da tabela mostra que nos municípios de Ibimirim e Inajá houve decréscimo da população do censo de 1900 para o de 2000. O município de Manari só foi implantado em 1997, por essa razão não há contagem para os censos anteriores a 2000.

Tabela 20. Dados populacionais dos municípios abastecido pelo sistema Tacaratú/Inajá

Ano	Arcoverde	Inajá	Ibimirim	Tupanatinga	Manari
1970	40.162	13.575	12.736	16.456	
1980	47.205	19.179	17.322	18.649	
1991	55.776	23.198	28.101	19.148	
2000	61.600	13.280	24.340	20.801	13.028
2001					13.065 ^(*)
2002					13.209 ^(*)
2003					13.294 ^(*)
2004					13.470 ^(*)
2005					13.568 ^(*)
2006					13.665 ^(*)
2007	6.4791 ^(*)	15.223 ^(*)	2.5941 ^(*)	2.0910 ^(*)	13.668 ^(*)
2030	75.168 ^(**)	17.661 ^(**)	30.096 ^(**)	24.259 ^(**)	15.857 ^(**)

^(*) – Estimativa do IBGE - ^(**) – Estimativa adotando um crescimento de 16,016% entre 2007 e 2030

O gráfico da figura 35 mostra a evolução da população entre os anos de 1970 e 2000, bem com, que o crescimento nesse período ajuste-se quase que perfeitamente a um polinômio do segundo grau. A estimativa da população para 2030 foi feita com base na equação de regressão mostrada no gráfico.

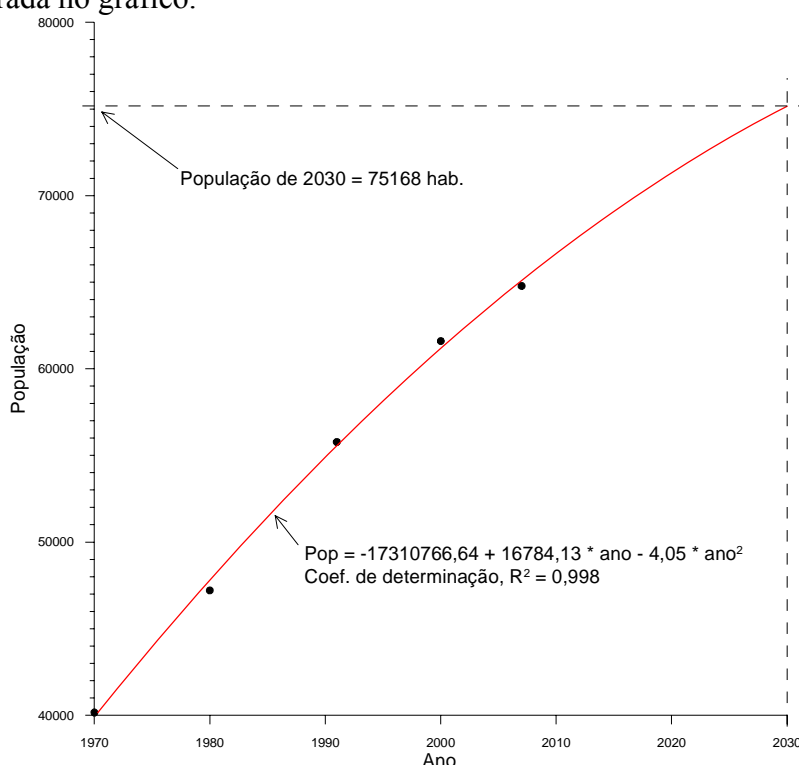


Figura 35. Evolução da população de Arcoverde entre 1970 e 2007 e previsão para 2030

A variação populacional de Arcoverde entre 2007 e 2030, pela estimativa do IBGE e pela nossa projeção, respectivamente, foi de 16,016%. Como as demais cidades ou tem pouca informação, ou houve variações na curva que dificultaram uma estimativa de suas populações para o ano de 2030, foi utilizado o critério que a variação populacional entre 2007 e 2030 foi a mesma para a cidade de Arcoverde. Essas projeções são mostradas na tabela 20, já mostrada anteriormente.

A população total em 2030 para os cinco municípios considerados será de 163.041 habitantes. Para a simulação do cenário foi considerando o consumo de 200 litros por habitante por dia, que é um consumo com cidade de grande porte, ou seja, mais uma vez está sendo considerada uma situação em que a exploração de água é superestimada. Essa demanda representa 32.608,15 m³/dia ou 1.358,673m³/h.

Para a simulação de cenário foram utilizados 91 poços nas posições com as vazões mostradas na tabela 21. Esses poços somam uma descarga global de 68700 m³/dia, o que representa 36.091,85 m³/dia a mais do que o necessário para abastecer a população dos cinco municípios considerados. Essa descarga a mais foi para simular a retirada de água utilizada na irrigação. Considerando a utilização de 2,5m³/h/há (*) e como a maioria das áreas irrigada é inferior a quatro hectares, o excedente daria para irrigar 601 hectares, o que representaria 150 propriedades.

*(http://pbs2.ana.gov.br/manuais_pro/ajuda_online/irrigacao/HTML/12calculodademandahidricaparairrigacao.htm)

Como a simulação de cenário foi feita em regime transitório foi necessária a introdução dos parâmetros coeficiente de armazenamento e porosidade efetiva. Como não foi possível a calibração em regime transitório por falta de uma série histórica de níveis de água e descargas, adotou-se de forma uniforme para todo o sistema Tacaratú/Inajá a porosidade efetiva de 3% (0,03) e o coeficiente de armazenamento de 1x10⁻⁴. O primeiro valor foi baseado na experiência com formações de natureza semelhantes e o segundo nos poucos testes de aquífero realizados.

Introduzida essas condições a simulação do cenário foi feita para um alcance de 23 anos, prevendo uma condição de exploração para 2030. Os rebaixamentos registrados pelo modelo são mostrados na figura 36.

Os maiores rebaixamentos seriam alcançados em torno da bateria de poços do Frutuoso, que abastece a cidade de Arcoverde e Ibimirim. Os rebaixamentos superariam os 60 metros nesses locais. Para os outros locais os rebaixamentos ficariam entre 60 e 50 metros. É importante observar que os resultados alcançados com essa simulação são preliminares e que carecem de um detalhamento melhor do modelo, tanto do ponto de vista da sua geometria quanto da obtenção de parâmetros hidrodinâmicos, sem esquecer que é fundamental o registro de uma série histórica, com pelo menos dois anos de observação, com o registro das descargas e variações da potenciometria. Sem o que nunca será possível se fazer uma calibração e uma validação do modelo confiável.

As informações levantadas durante esse projeto de pesquisa indicam que o sistema aquífero Tacaratú/Inajá ainda está nos primórdios de sua exploração, porém, a construção de poços sem aumentando consideravelmente na área, basicamente incentivada pelo baixo custo dos poços, segundo informações dos proprietários entre R\$ 3.000,00 e R\$ 5.000,00 se faz um poço com 100 metros de profundidade. Portanto, é necessário, desde já, que a Secretária de Recursos Hídricos do Estado de Pernambuco e a Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – CPRM, órgãos responsáveis pela a outorga de água subterrânea no Estado de Pernambuco, promovam ações para que possam assumir o controle da exploração do sistema aquífero Tacaratú/Inajá, para que o sistema seja aproveitado de forma racional e que possa servir ao maior número de pessoas possíveis.

Tabela 21. Poços utilizados na simulação de cenário

Poço	UTME (m)	UTMN (m)	Vazão (m ³ /dia)	Poço	UTME (m)	UTMN (m)	Vazão (m ³ /dia)
1	648500	9042350	2400	54	666500	9036050	600
2	648500	9043750	2400	55	670500	9035350	150
3	653500	9043750	2400	56	668500	9033250	150
4	652500	9041650	2400	57	675500	9033950	150
5	649500	9040250	1200	58	674500	9037450	150
6	655500	9041650	2400	59	670500	9040250	600
7	651500	9044450	2400	60	652500	9029750	150
8	676500	9042350	1200	61	675500	9036750	150
9	671500	9045850	2400	62	675500	9037450	150
10	699500	9063350	600	63	676500	9035350	150
11	682500	9050050	1200	64	673500	9033950	150
12	686500	9050750	2400	65	669500	9036050	150
13	681500	9052850	2400	66	670500	9036050	150
14	666500	9037450	300	67	669500	9032550	150
15	674500	9034650	150	68	668500	9032550	150
16	669500	9040250	600	69	675500	9043750	1200
17	639500	9052150	2400	70	671500	9039550	600
18	641500	9052150	2400	71	668500	9039550	600
19	639500	9050750	2400	72	665500	9038150	300
20	642500	9052850	2400	73	665500	9035350	300
21	692500	9062650	1200	74	661500	9031150	150
22	692500	9061250	1200	75	659500	9031150	150
23	691500	9064750	1200	76	651500	9029050	150
24	695500	9064050	1200	77	650500	9029750	150
25	699500	9061250	600	78	653500	9033950	300
26	698500	9065450	600	79	652500	9034650	300
27	696500	9060550	600	80	653500	9035350	300
28	694500	9066150	600	81	659500	9035350	300
29	693500	9058450	600	82	659500	9036750	300
30	685500	9052850	1200	83	648500	9039550	1200
31	644500	9033250	600	84	645500	9028350	150
32	638500	9032550	300	85	643500	9028350	150
33	660500	9050050	600	86	643500	9029750	150
34	671500	9049350	1200	87	637500	9031850	300
35	642500	9047250	600	88	636500	9032550	300
36	669500	9033250	150	89	637500	9033250	300
37	669500	9035350	150	90	642500	9033250	600
38	674500	9036750	150	91	643500	9036050	300
39	656500	9047250	600				
40	660500	9036750	300				
41	654500	9034650	300				
42	648500	9047950	600				
43	659500	9031850	150				
44	651500	9030450	150				
45	645500	9029750	150				
46	661500	9044450	600				
47	664500	9041650	600				
48	644500	9036750	300				
49	691500	9069650	1200				
50	686500	9057750	1200				
51	678500	9057050	1200				
52	660500	9035350	300				
53	661500	9031850	150				

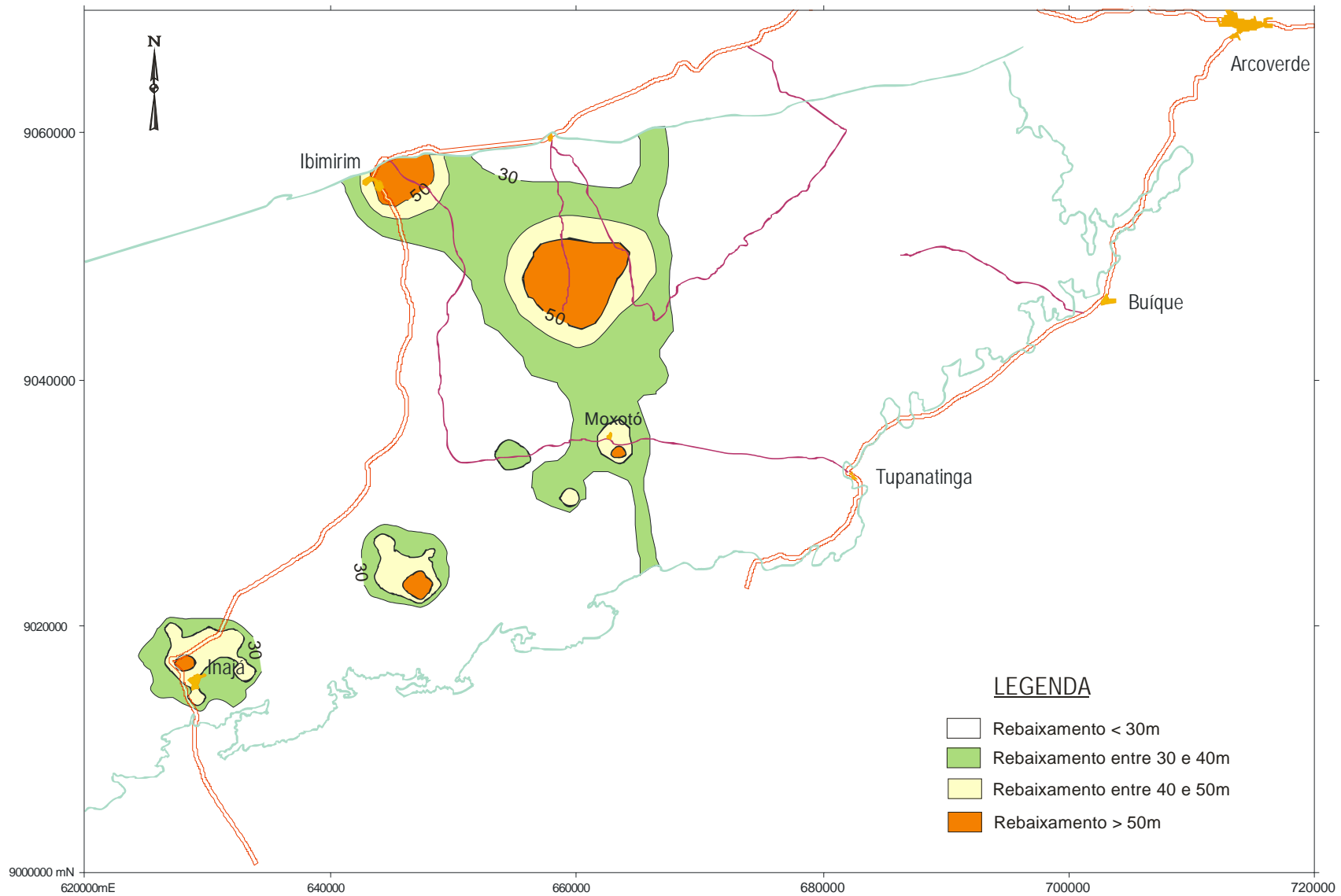


Figura 36. Rebaixamento da potenciometria após 23 anos

7. AVALIAÇÃO DE RESERVAS E RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS

7.1. Introdução

Todos os conceitos de reservas e recursos utilizados nesse capítulo serão os mesmos tais como definidos no capítulo VII do livro Hidrogeologia – Conceitos e Aplicações, terceira edição, no prelo. Livro organizado em parceria entre o Serviço Geológico do Brasil – CPRM e o Laboratório de Hidrogeologia da UFPE – LABHID.

7.2. Reservas

A avaliação da reserva foi feita apenas para a área que aflora o sistema aquífero Tacaratú/Inajá, que é a área do projeto. Para tanto são necessárias três o conhecimento de três variáveis: a área, a porosidade efetiva do sistema e a espessura saturada média. A área é facilmente obtida dos mapas. Para a estimativa da reserva foi feito um procedimento semelhante ao utilizado para a determinação da curva cota x área x volume de uma bacia hidráulica. A partir do mapa de cota do embasamento cristalino e da potenciometria foi elaborado o mapa das espessuras saturadas, mostrado na figura 37. A partir desse mapa foi determinada a área entre duas curvas de mesma espessura saturada e usada a média dessas espessuras para obtenção do volume total de aquífero. Este multiplicado pela porosidade efetiva resultou no volume de água armazenado. Como não se dispunha de nenhuma informação sobre a porosidade efetiva do sistema aquífero Tacaratú/Inajá, apenas que Geraldo Melo, em sua dissertação utilizou um valor de 10%, consideramos o valor de 3%, mais compatível com os arenitos Tacaratú e Inajá, de idades siluro-devoniano e devoniano. Na tabela 22 é apresentada a tabela com os cálculos descritos acima e a avaliação da reserva do sistema Tacaratú/Inajá, na sua porção livre. A reserva estimada é, portanto, de 6.192 hm³.

Tabela 22. Cálculos para a avaliação da reserva do sistema aquífero Tacaratú/Inajá

Intervalo Esp. Sat. (m)	Área (m²)	Esp. Media (m)	Volume (V) (m³)	V*Sy^(*) (m³)
<50	539923794	25,0	13498094850	404942846
50 -100	361584758	75,0	27118856850	813565706
100-150	274173903	125,0	34271737875	1028152136
150-200	137820354	175,0	24118561950	723556859
200-250	109084882	225,0	24544098450	736322954
250-300	101737663	275,0	27977857325	839335720
300-350	69904469	325,0	22718952425	681568573
350-400	31657662	375,0	11871623250	356148698
400-450	19912686	425,0	8462891550	253886747
450-500	14152358	475,0	6722370050	201671102
>500	9722902	525,0	5104523550	153135707
			Reserva	6192287044

(*) – V= volume total; Sy= porosidade efetiva

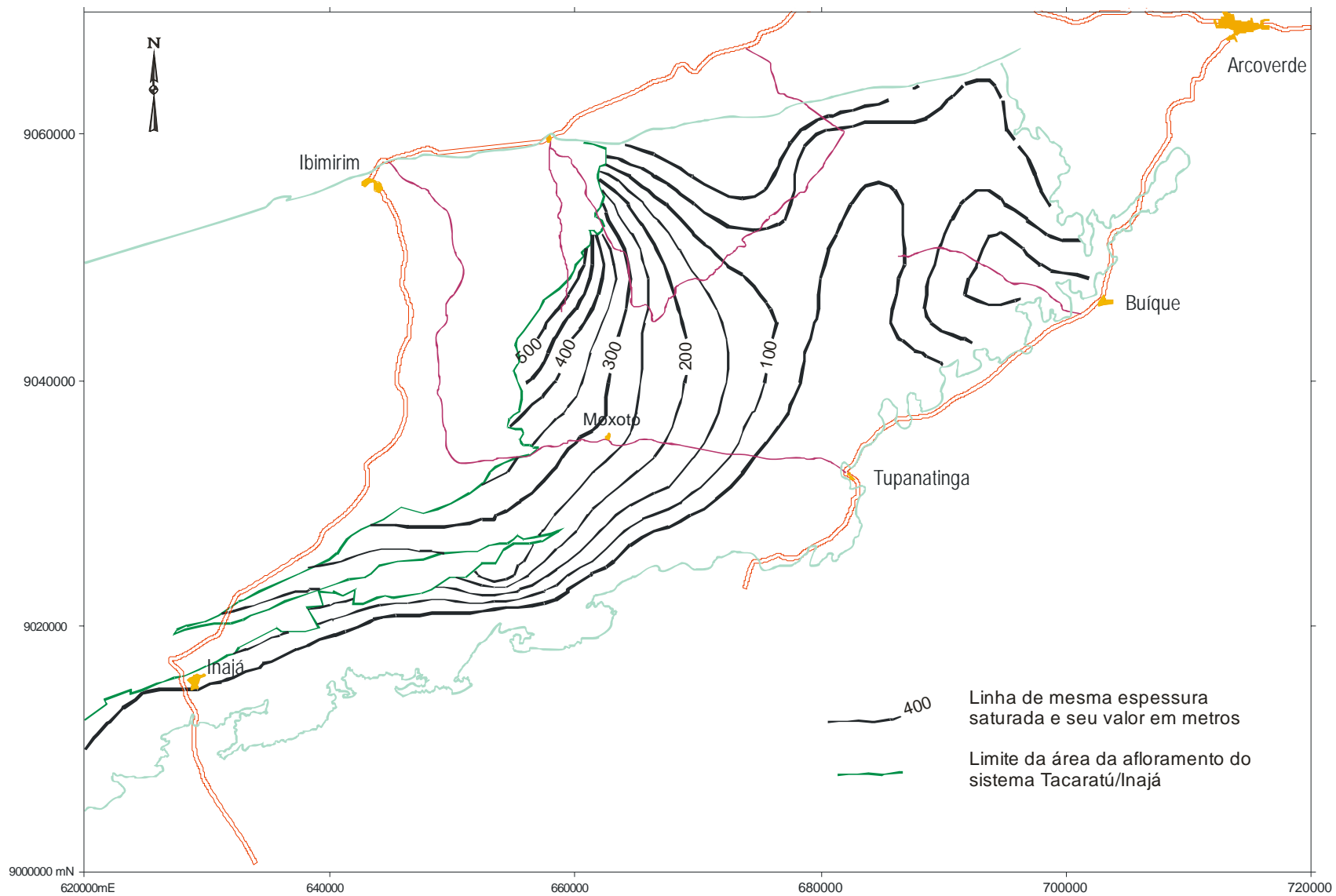


Figura 37. Espessura saturada do sistema aquífero Tacaratú/Inajá

7.3. Recursos renováveis

Os recursos renováveis são aqueles que podem ser obtidos através das variações potenciométricas sazonais, análise de curvas de depleção de cursos de água superficial ou a partir de análise do mapa de fluxo subterrâneo do aquífero, usando a transmissividade, gradiente hidráulico e largura das frentes de escoamento. No caso em questão foi utilizada esta última opção.

A partir dos dados de nível estático de 135 poços, obtidos do cadastramento feito pela CPRM em 2002/2003, foi elaborada a potenciométrica da figura 38. O cálculo vazão de escoamento natural (VEN) foi feito utilizando a variação de carga hidráulica entre as linhas 440 e 460 metros. O gradiente médio entre essas duas linhas é de $2590/20 = 0,008$. O comprimento da frente de escoamento de 41000 metros. Considerando uma transmissividade de $3 \times 10^{-4} \text{m}^2/\text{s}$ valor da VEN é de $3,1 \text{ hm}^3/\text{ano}$.

7.4. Potencialidades

A potencialidade como “*a descarga anual que pode ser extraída deste aquífero sem que se produza um efeito indesejável*”. Definir os efeitos indesejáveis é algo complexo, passando por questões de toda a natureza. “*A potencialidade é, em suma, uma variável de decisão, a ser definida pelos gestores em função de um conjunto de fatores técnicos, sociais e econômicos*”. No intuito de simplificar essa questão e fornecer um número, vamos considerar nesse trabalho como a potencialidade como sendo 10% das reservas do sistema aquífero, ou seja, $619,2 \text{ hm}^3$, admitindo-se uma exploração desse volume em 50 anos resultaria em uma potencialidade de $12,4 \text{ hm}^3/\text{ano}$.

7.5. Disponibilidades

Recursos disponíveis ou disponibilidades é aquela em que já existe exploração significativa, dividindo-se em *disponibilidade efetiva* e a *disponibilidade instalada*. A disponibilidade efetiva é a descarga anual efetivamente bombeada e a instalada é obtida a partir das captações existentes no aquífero em estudo. A disponibilidade é avaliada a partir de um recenseamento de poços. No cadastro de poços realizado pela CPRM em 2002/2003 não há informação de vazão dos poços. Admitindo-se uma descarga, de forma conservadora, de $5 \text{ m}^3/\text{h}$ o 386 poços, resultaria em uma disponibilidade instalada de $1930 \text{ m}^3/\text{h}$ ou $0,7 \text{ hm}^3/\text{ano}$, o que corresponde a 22,6% dos recursos renováveis e 5,64% da potencialidade.

7.6. Recursos exploráveis

Os recursos exploráveis correspondem à diferença entre a potencialidade e a disponibilidade. No caso em questão seria a diferença entre $12,4$ e $3,1 \text{ hm}^3/\text{ano}$, o que resultaria em $9,3 \text{ hm}^3/\text{ano}$, para os próximos 50 anos.

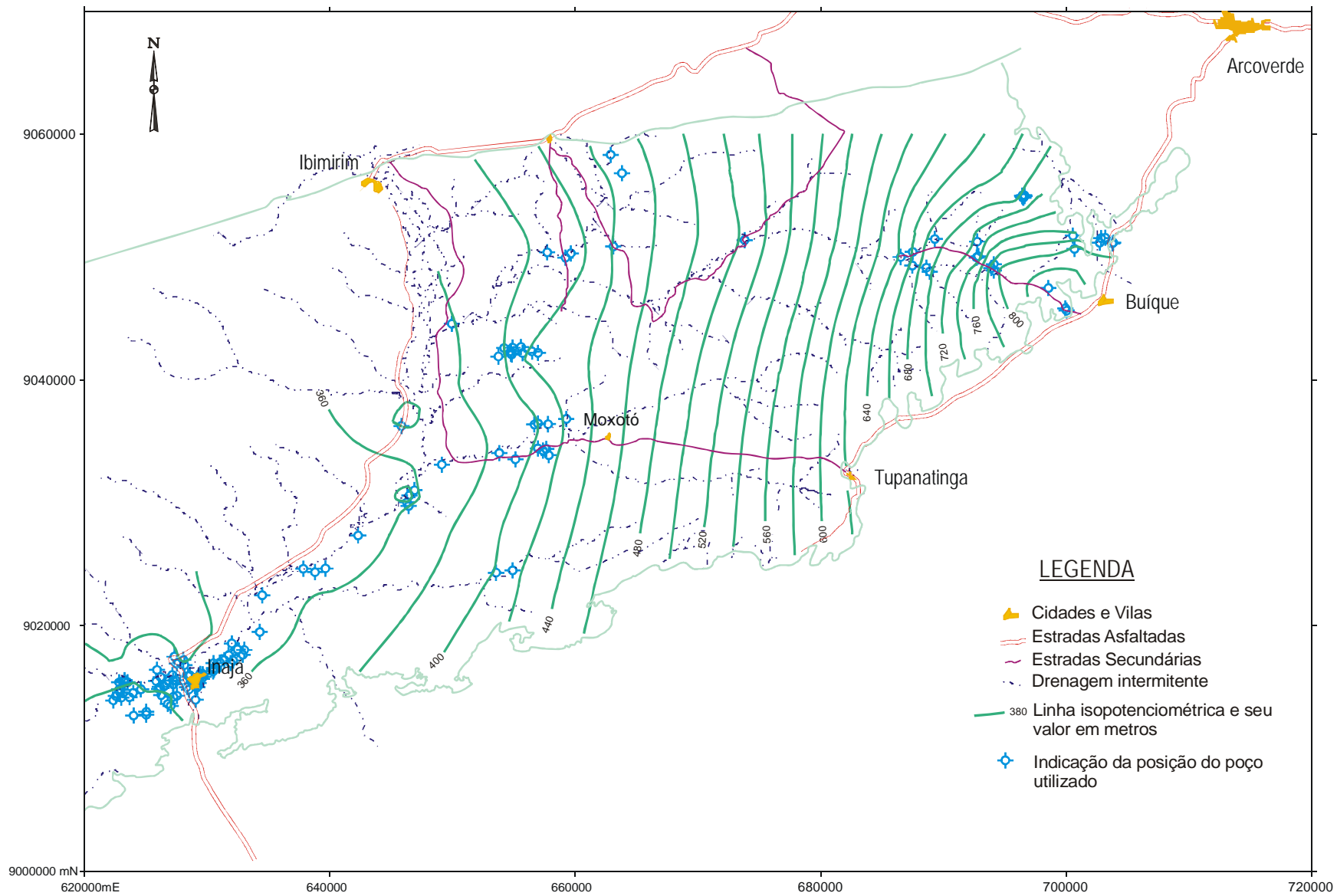


Figura 38. Potenciometria a partir do cadastro da CPRM para o ano de 2003

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL 1969. Atlas climatológico do Brasil. Ministério da Agricultura.

BRASIL SUDENE 1972. *Elementos de Hidrogeologia Prática*, Recife – PE, 2ª edição, Série Hidrogeologia Nº 13, 353p.,

CABRA, J. J. S. P. e DEMETRIO, J.G. A. 1997. Aplicações de Modelos em Hidrogeologia, Capítulo 15 – Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações, organizadores: Feitosa, F.A.C e Manoel Filho, J., Fortaleza CPRM/LABHID-UFPE

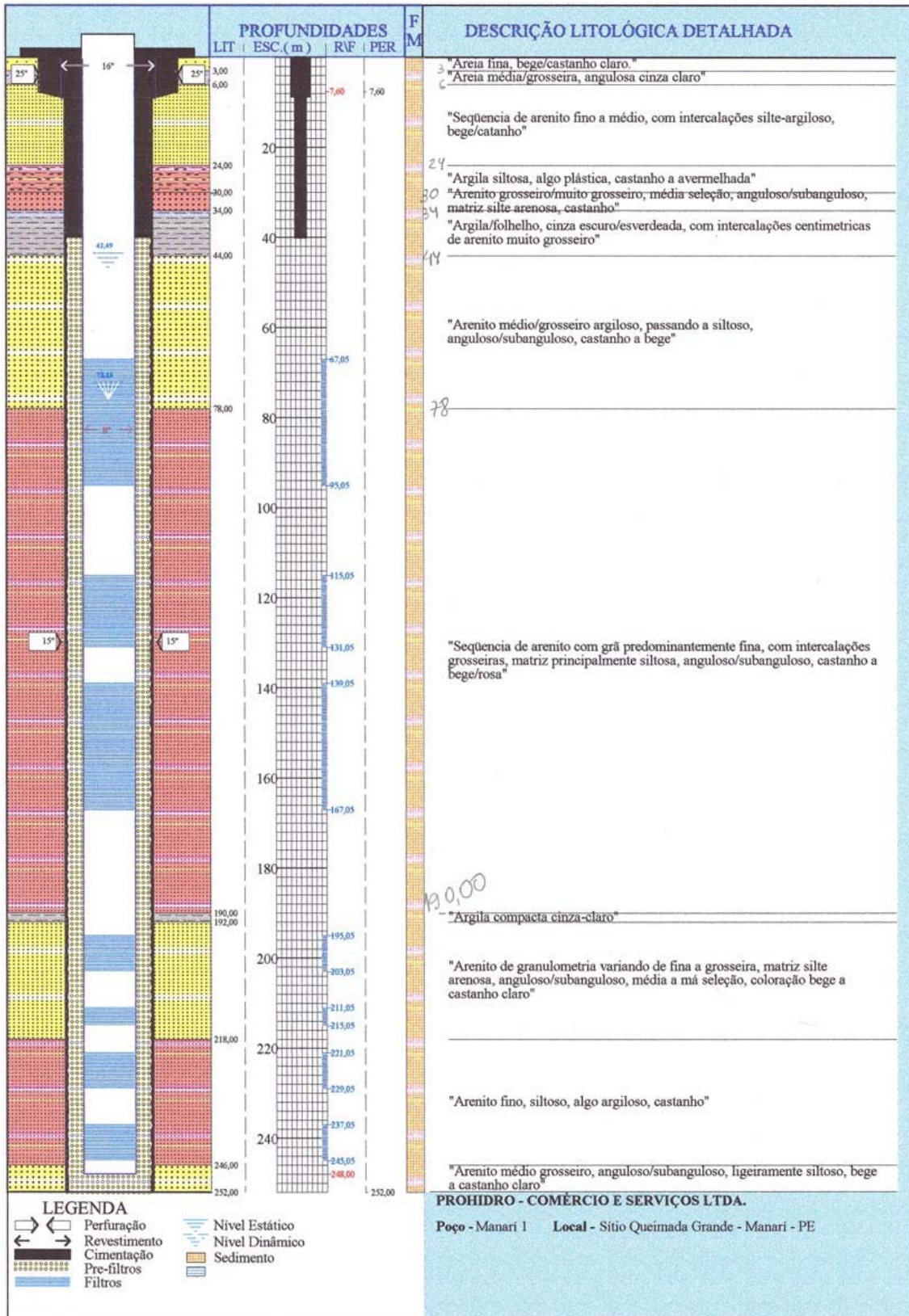
CUNHA, J. B. & MILO, J. L. 1984. Dados climatológicos básicos do Nordeste. Programa Trópico Semi-Árido. CNpq, BID, SUDENE.

FEITOSA, E. C. 2004. *Serviços de Geofísica e Nivelamento de Poços numa Área Situada nos Arredores da Cidade de Baraúna-RN*, SERHID-RN, Relatório Técnico Inédito, Recife.

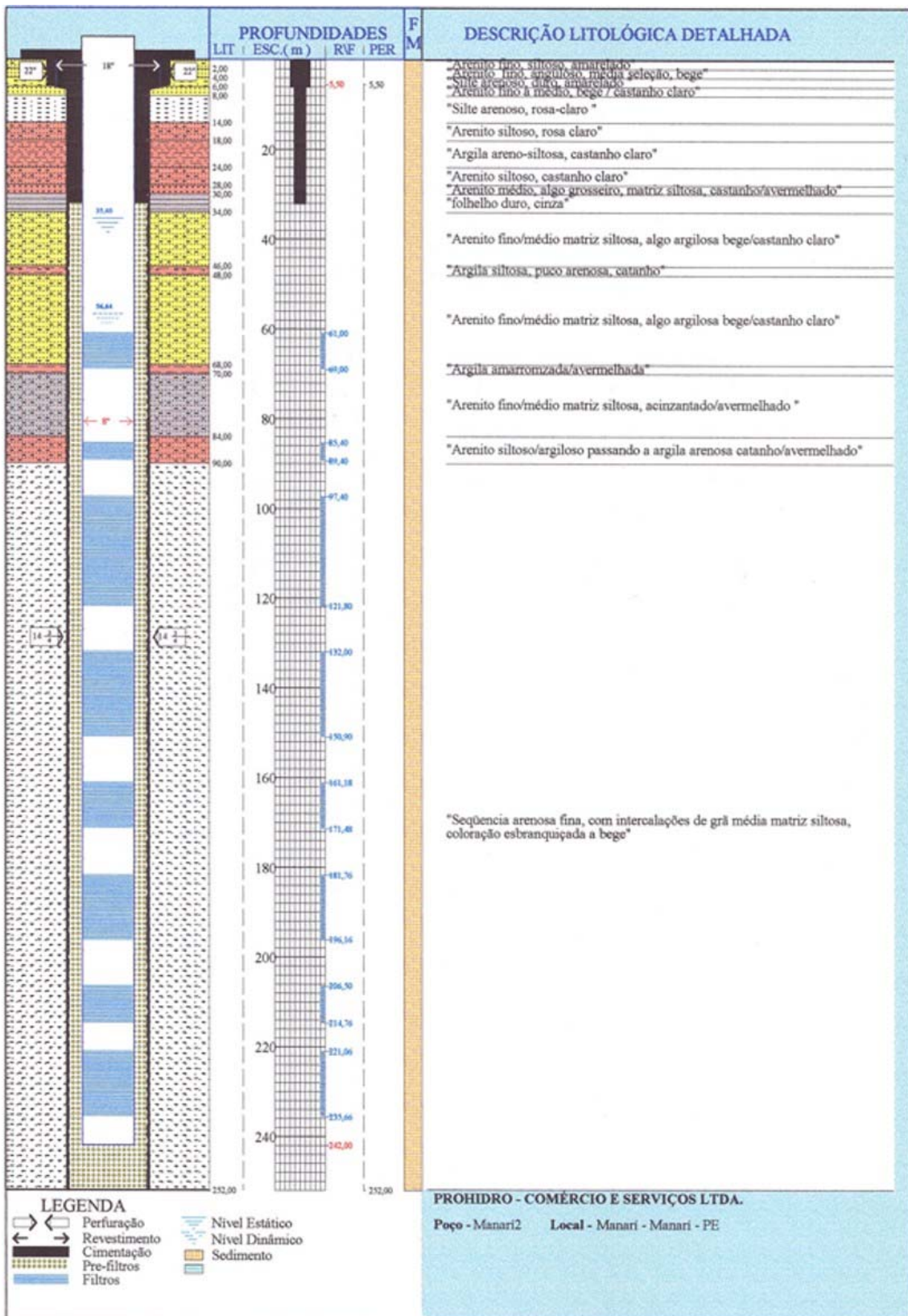
LEAL, J. M. & MELO, J. G. 1983. Bacia sedimentar de Jatobá 'PE. Estudo hidrogeológico. Série: BRASIL SUDENE.HIDROGEOLOGIA 64.

MARA 1992. Normais Climatológicas 1961-1990 – Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Irrigação. Departamento Nacional de Meteorologia.

ANEXOS



Anexo 1. - Perfis litológico construtivo do poço Manari1



Anexo 2. Perfis litológico e construtivo do poço Manari2

PROHIDRO					RELATÓRIO FINAL DE POÇOS					Ass. Resp. Teste:	
TESTE DE PRODUÇÃO - BOMBEAMENTO DE MÚLTIPLOS ESTÁGIOS											
Ref. Poço		Área ou Sist. de Abastecimento			Município:		Local:				
P.2		Manari 2			Manari		St. Queimada Grande				
Data início:		Hora:	Data conclusão:		Hora:	NE (m):		ND (m):			
05.01.06		10:00	05.01.06		14:00	35,027		55,329			
Vazão 01 (m³/h)		Vazão 02 (m³/h)		Vazão 03 (m³/h)		Vazão 04 (m³/h)					
35,00		40,60		47,00		54,60					
Rebaixamento 01 (m)		Rebaixamento 02 (m)		Rebaixamento 03 (m)		Rebaixamento 04 (m)					
11,891		14,610		17,301		20,302					
Hora	t ou t' (min)	ND (m)	Δ (m)	Vazão (m³/h)		Aquíferos:					
10:02	2	43,813	8,786	35,00		<input type="checkbox"/> Livre	<input checked="" type="checkbox"/> Confinado	<input type="checkbox"/> Multi-capa	<input type="checkbox"/> Semi-livre	<input type="checkbox"/> Semi-conf.	<input type="checkbox"/> Fissurado
10:04	4	44,490	9,463	35,00							
10:06	6	44,746	9,719	35,00							
10:08	8	45,034	10,007	35,00							
10:10	10	45,224	10,197	35,00							
10:15	15	45,589	10,562	35,00							
10:20	20	45,823	10,796	35,00							
10:25	25	46,008	10,981	35,00							
10:30	30	46,172	11,145	35,00							
10:40	40	46,457	11,430	35,00							
10:50	50	46,704	11,677	35,00							
11:00	1h 60	46,918	11,891	35,00							
11:02	62	48,250	13,223	40,60							
11:04	64	48,552	13,525	40,60							
11:06	66	48,645	13,618	40,60							
11:08	68	48,734	13,707	40,60							
11:10	70	48,791	13,764	40,60							
11:15	75	48,915	13,888	40,60							
11:20	80	49,065	14,038	40,60							
11:25	85	49,182	14,155	40,60							
11:30	90	49,256	14,229	40,60							
11:40	100	49,434	14,407	40,60							
11:50	110	49,530	14,503	40,60							
12:00	2h 120	49,937	14,910	40,60							
12:02	122	51,195	16,168	47,00							
12:04	124	51,375	16,348	47,00							
12:06	126	51,454	16,427	47,00							
12:08	128	51,527	16,500	47,00							
12:10	130	51,580	16,553	47,00							
12:15	135	51,663	16,636	47,00							
12:20	140	51,651	16,624	47,00							
12:25	145	51,823	16,796	47,00							
12:30	150	51,976	16,949	47,00							
12:40	160	52,109	17,082	47,00							
12:50	170	52,198	17,171	47,00							
13:00	3h 180	52,328	17,301	47,00							
13:02	182	54,404	19,377	54,60							
13:04	184	54,428	19,401	54,60							
13:06	186	54,475	19,448	54,60							
13:08	188	54,540	19,513	54,60							
13:10	190	54,571	19,544	54,60							
13:15	195	57,700	22,673	54,60							
13:20	200	54,786	19,739	54,60							
13:25	205	54,920	19,893	54,60							
13:30	210	54,970	19,943	54,60							
13:40	220	55,136	20,109	54,60							
13:50	230	55,211	20,184	54,60							
14:00	4h 240	55,329	20,302	54,60							
						EQUIPAMENTO UTILIZADO					
Bombeamento		Medição de Vazão		Méd. Nível D'água							
CMB EBARA BHS		Tubo de Pitot D=4" x d=3"		Sonda elétrica Altronic 150 m cabo							
Prof. do Poço(m):		pH:		Prof. Instalação(m):							
237,00				125,00							
Teor de areia (%)		R. Seco (mg/l)		Condutividade (Umholcm)							
EQUAÇÃO CARACTERÍSTICA											
$\Delta = BQ + CQ^2$											
$\Delta = Q + Q^2$											
CORREÇÃO DOS REBAIXAMENTOS											
$\Delta 1 =$		$\Delta 1t1' =$									
$\Delta 2t2 =$		$\Delta 2t2' =$									
$\Delta 3t3 =$		$\Delta 3t3' =$									
$\Delta 4t4 =$											
$\Delta 2 = \Delta 1 - \Delta 1t1' + \Delta 2t2 =$											
$\Delta 3 = \Delta 2 - \Delta 2t2' + \Delta 3t3 =$											
$\Delta 4 = \Delta 3 - \Delta 3t3' + \Delta 4t4 =$											
Estágio	Δ (m)	Vazão (m³/h)		Reb. Espec. (Δ/Q)							
01	1- 11,891	1- 35,00		1- 0,3397							
02	2- 14,610	2- 40,60		2- 0,3598							
03	3- 17,301	3- 47,00		3- 0,3681							
04	4- 20,320	4- 54,60		4- 0,3718							
OBSERVAÇÕES:											

Anexo 3. Teste de produção do poço Manari2

PROHIDRO										RELATÓRIO FINAL DE POÇOS										Ann. Resp. Teste	
TESTE DE REBAIXAMENTO CONTÍNUO																					
Nome do Poço:				Área ou Sistema de Abastecimento:				Município:				Local:									
P.2				Manari - 2				Manari				St. Queimada Grande									
PROJ.	DATA	CONDIÇÃO	HORA	NE (m)	ND (m)	VAZÃO (m³/s)	I. SOND. (m)	I. PROF. (m)													
06.01.2006	12:00	06.01.2006	12:00	35,398	56,639	47,00	26,8	720													
EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NO TESTE						PARÂMETROS HIDRODINÂMICOS				OBSERVAÇÃO											
Bombas:		Medição de vazão:		Medição do nível da água:		Método:				Coordenadas:											
CMB Ebara BHS 517-10 - 35 CV		Tubo de Pitot D=4" X ø=3"		Sonda Elétrica - Marca Afronic - 150m de cabo		T, K _w , D _h															
Prof. do Poço: 237,00		Prof. Inst.: 126,00		Livre: <input type="checkbox"/>		Semi-Livre: <input type="checkbox"/>		Fissurado: <input type="checkbox"/>													
Condutividade: -		Diâmetro - poço: 8"		Aqüíferos: Semi-Livre <input type="checkbox"/>		Confinado: <input checked="" type="checkbox"/>															
pH: 6,8		Taxa de areia: -																			
REBAIXAMENTO						RECUPERAÇÃO															
Hora	t ou t' (min)	ND (m)	Δ (m)	Vazão (m³)	Hora	t ou t' (min)	ND (m)	Δ (m)	I/t ±t												
12:01	1	46,950	11,552	47,00	12:01	1	45,635	10,237	2881												
12:02	2	47,475	12,077	47,00	12:02	2	44,530	9,132	1441												
12:03	3	47,786	12,388	47,00	12:03	3	44,383	8,985	931												
12:04	4	47,958	12,560	47,00	12:04	4	44,101	8,703	721												
12:05	5	48,238	12,840	47,00	12:05	5	43,840	8,442	577												
12:06	6	48,480	13,082	47,00	12:06	6	43,640	8,242	481												
12:07	7	48,619	13,221	47,00	12:07	7	43,487	8,089	411,4												
12:08	8	48,780	13,382	47,00	12:08	8	43,321	7,923	361												
12:09	9	48,837	13,439	47,00	12:09	9	43,203	7,805	321												
12:10	10	49,015	13,617	47,00	12:10	10	43,075	7,677	289												
12:12	12	49,244	13,846	47,00	12:12	12	42,870	7,472	241												
12:14	14	49,414	14,016	47,00	12:14	14	42,683	7,285	206,7												
12:16	16	49,573	14,175	47,00	12:16	16	42,500	7,102	181												
12:18	18	49,720	14,322	47,00	12:18	18	42,369	6,971	161												
12:20	20	49,889	14,491	47,00	12:20	20	42,204	6,806	145												
12:25	25	50,180	14,782	47,00	12:25	25	41,934	6,536	116,2												
12:30	30	50,382	14,984	47,00	12:30	30	41,712	6,314	97												
12:35	35	50,605	15,207	47,00	12:35	35	41,489	6,091	83,2												
12:40	40	50,794	15,396	47,00	12:40	40	41,315	5,917	73												
12:50	50	51,045	15,647	47,00	12:50	50	41,005	5,607	58,6												
13:00	1h	51,327	15,929	47,00	13:00	1h	40,707	5,309	49												
13:10	70	51,663	16,265	47,00	13:10	70	40,516	5,118	42,1												
13:20	80	51,750	16,352	47,00	13:20	80	40,311	4,913	37												
13:30	90	51,882	16,484	47,00	13:30	90	40,132	4,734	33												
13:40	100	52,070	16,672	47,00	13:40	100	39,955	4,557	29,8												
14:00	2h	52,305	16,907	47,00	14:00	2h	39,684	4,286	25												
14:20	140	52,522	17,124	47,00	14:20	140	39,459	4,061	21,2												
14:40	160	52,723	17,325	47,00	14:40	160	39,255	3,857	19												
15:00	3h	52,906	17,508	47,00	15:00	3h	39,100	3,702	17												
15:20	200	53,054	17,656	47,00	15:20	200	38,951	3,553	15,4												
16:10	250	53,306	17,908	47,00	16:10	250	38,624	3,226	12,5												
17:00	5h	53,704	18,306	47,00	17:00	5h	38,371	2,973	10,6												
17:50	350	53,895	18,497	47,00	17:50	350	38,284	2,886	98,2												
18:40	400	54,080	18,682	47,00	18:40	400	38,123	2,725	8,2												
20:20	500	54,355	18,957	47,00	20:20	500	37,698	2,300	6,7												
22:00	10h	54,640	19,242	47,00	22:00	10h	37,467	2,069	5,8												
23:40	12h	54,885	19,487	47,00	23:40	700	37,283	1,885	5,1												
01:20	800	55,096	19,698	47,00	01:20	800	37,092	1,694	4,6												
03:00	15h	55,340	19,942	47,00	03:00	900	36,970	1,572	4,2												
04:40	1000	55,484	20,086	47,00	04:40	1000	36,850	1,452	3,8												
06:20	1100	55,661	20,263	47,00	06:00	20h	36,691	1,293	3,4												
08:00	20h	55,768	20,370	47,00	12:00	24h	36,510	1,112	2												
09:40	1300	55,910	20,512	47,00																	
11:20	1400	55,955	20,557	47,00																	
13:00	com	56,095	20,697	47,00																	
14:40	1600	56,200	20,802	47,00																	
16:20	1700	56,255	20,857	47,00																	
18:00	3h	56,360	20,962	47,00																	
19:40	1900	56,366	20,968	47,00																	
21:20	2000	56,430	21,032	47,00																	
01:32	2252	56,572	21,174	47,00																	
04:19	40 h	56,604	21,206	47,00																	
07:20	2600	56,639	21,241	47,00																	
12:00	48h	56,662	21,164	47,00																	

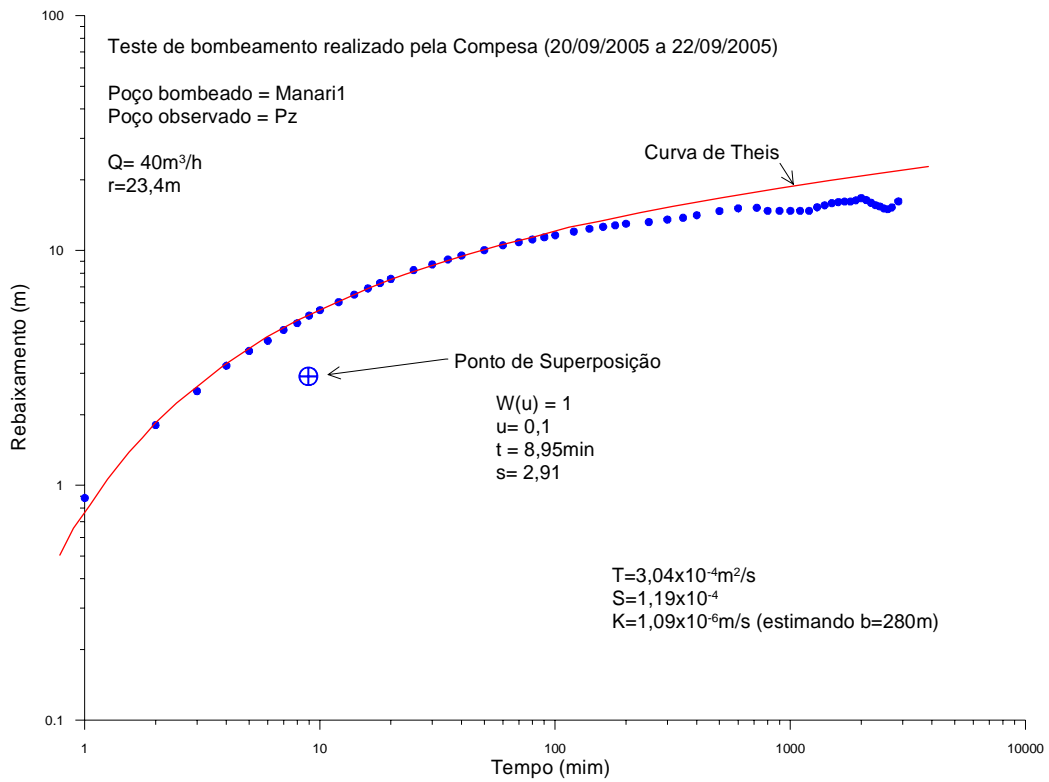
Anexo 4. Teste de aquífero - Poço bombeado: Manari2 – Poço observado: Manari2

PROHIDRO										RELATÓRIO FINAL DE POÇOS					Ass. Resp. Tst.: _____	
TESTE DE REBAIXAMENTO CONTÍNUO - PIEZÔMETRO																
Nome do Poço:			Área ou Sistema de Abastecimento:					Município:		Local:						
P.1			Manari - 1					Manari		St. Queimada Grande						
Início:	20.09.05	20.09.05	22.09.05	22.09.05	22.09.05	22.09.05	22.09.05	22.09.05	22.09.05	22.09.05	22.09.05	22.09.05	22.09.05	22.09.05	22.09.05	
Horas:	9:40	9:40	9:40	9:40	9:40	9:40	9:40	9:40	9:40	9:40	9:40	9:40	9:40	9:40	9:40	
Condição:																
NO (m):	43,261	43,261	43,261	43,261	43,261	43,261	43,261	43,261	43,261	43,261	43,261	43,261	43,261	43,261	43,261	
NO (m):	59,968	59,968	59,968	59,968	59,968	59,968	59,968	59,968	59,968	59,968	59,968	59,968	59,968	59,968	59,968	
Valor (m):	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
T. Bona (m):	26,8	26,8	26,8	26,8	26,8	26,8	26,8	26,8	26,8	26,8	26,8	26,8	26,8	26,8	26,8	
T. Bona (m):	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NO TESTE					PARAMETROS HIDRODINAMICOS					OBSERVAÇÃO						
Bombamento:	Medição de vazão:		Medição do nível da água:					Método:								
CMB Ebara BHS 517-10 - 35 CV	Tubo de Pitot D=4" X d=3"		Sonda Elétrica - Marca Altronix - 150m de cabo					T: m³/seg K _v : m³/seg b ₀ : m								
Prof. do Poço:	-		Prof. test.:					Livre: <input type="checkbox"/> Semi-conf. <input type="checkbox"/>								
Condutividade:	-		Diâmetro - poço:					Aqüífero: Semi-Livre <input type="checkbox"/> Fissurado <input type="checkbox"/>								
pH:	-		Teor de areia:					Confinado <input checked="" type="checkbox"/>								
REBAIXAMENTO					RECUPERAÇÃO											
Hora	t ou t' (min)	NO (m)	Δ (m)	Vazão (m³)	Hora	t ou t' (min)	NO (m)	Δ (m)	t / t' *1							
9:41		1 44,145	0,884	40,00												
9:42		2 45,067	1,806	40,00												
9:43		3 45,780	2,519	40,00												
9:44		4 46,493	3,232	40,00												
9:45		5 46,995	3,734	40,00												
9:46		6 47,386	4,125	40,00												
9:47		7 47,850	4,589	40,00												
9:48		8 48,165	4,904	40,00												
9:49		9 48,538	5,277	40,00												
9:50		10 48,830	5,569	40,00												
9:52		12 49,289	6,028	40,00												
9:54		14 49,749	6,488	40,00												
9:56		16 50,155	6,894	40,00												
9:58		18 50,520	7,259	40,00												
10:00		20 50,829	7,568	40,00												
10:05		25 51,511	8,250	40,00												
10:10		30 51,981	8,720	40,00												
10:15		35 52,417	9,156	40,00												
10:20		40 52,776	9,515	40,00												
10:30		50 53,301	10,040	40,00												
10:40	1h	60 53,786	10,525	40,00												
10:50		70 54,110	10,849	40,00												
11:00		80 54,398	11,137	40,00												
11:10		90 54,644	11,383	40,00												
11:20		100 54,869	11,608	40,00												
11:40	2h	120 55,299	12,038	40,00												
12:00		140 55,626	12,367	40,00												
12:20		160 55,861	12,600	40,00												
12:40	3h	180 56,059	12,798	40,00												
13:00		200 56,268	13,007	40,00												
13:50		250 56,470	13,209	40,00												
14:40	5h	300 56,799	13,538	40,00												
15:30		350 57,040	13,779	40,00												
16:20		400 57,385	14,124	40,00												
18:00		500 57,973	14,712	40,00												
19:40	10h	600 58,385	15,124	40,00												
21:20	12h	720 58,462	15,201	40,00												
23:00		800 57,993	14,732	40,00												
0:40	15h	900 57,993	14,732	40,00												
2:20		1000 57,993	14,732	40,00												
4:00		1100 57,993	14,732	40,00												
5:40	20h	1200 57,993	14,732	40,00												
7:20		1300 58,532	15,271	40,00												
9:00		1400 58,538	15,577	40,00												
10:40	25h	1500 59,158	15,897	40,00												
12:20		1600 59,337	16,076	40,00												
14:00		1700 59,410	16,149	40,00												
15:40	30h	1800 59,400	16,139	40,00												
17:20		1900 59,607	16,346	40,00												
19:00		2000 59,968	16,707	40,00												
20:40	35h	2100 59,660	16,399	40,00												
22:20		2200 59,238	15,977	40,00												
00:00		2300 58,860	15,599	40,00												
01:40	40h	2400 58,653	15,392	40,00												
03:20		2500 58,369	15,108	40,00												
05:00		2600 58,234	14,973	40,00												
06:40	45h	2700 58,515	15,254	40,00												
09:40	48h	2880 59,451	16,190	40,00												

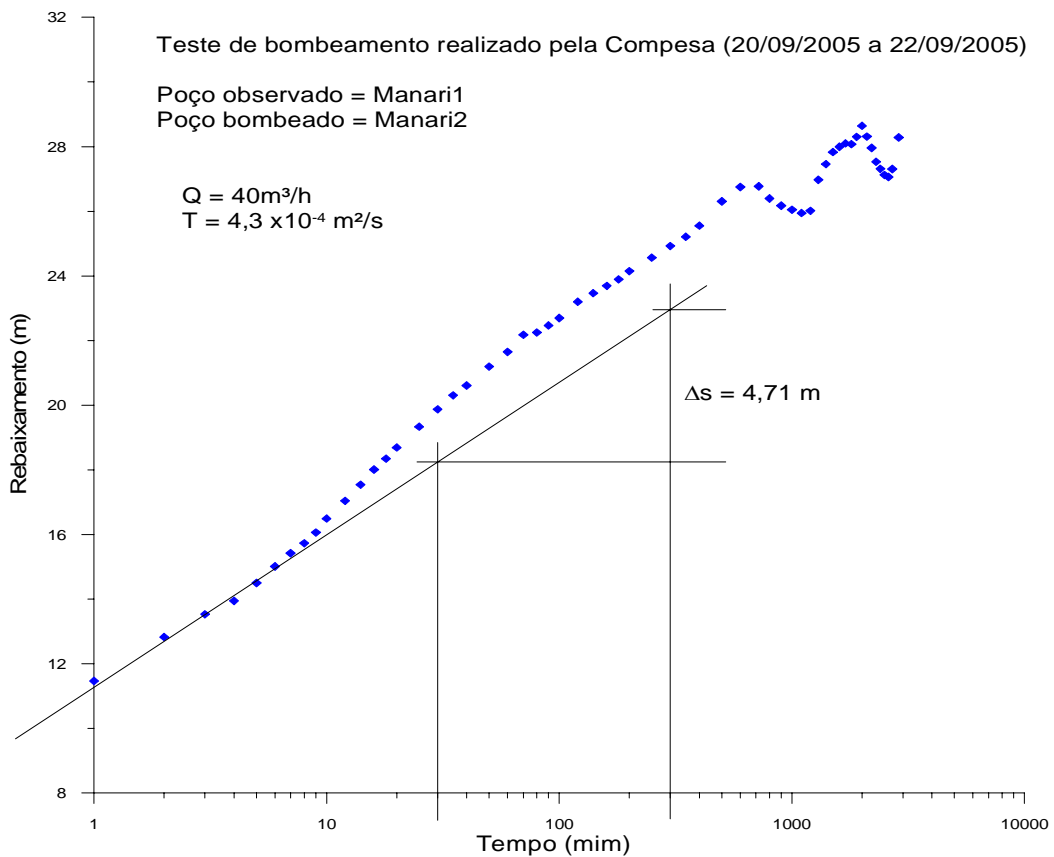
Anexo 5. Teste de Aqüífero – Poço Bombeado: Manari1 – Poço Observado: Pz próximo (r=23,4m)

PROHIDRO										RELATÓRIO FINAL DE POÇOS										Ass. Resc. Teste:			
TESTE DE REBAIXAMENTO CONTÍNUO																							
Nome do Poço:				Área ou Sistema de Abastecimento				Município:				Local:											
P.1				Manari - 1				Manari				St. Quelmada Grande											
Data:		Hora:		Circuito:		Hora:		NE (m):		ND (m):		Vazão (m³/s):		I. Bordo (mm):		I. Recup. (mm):							
20.09.05		9:40		22.09.05		9:40		43,488		42,125		40,00		28,8		720							
EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NO TESTE						PARÂMETROS HIDRODINÂMICOS						OBSERVAÇÃO											
Bombamento:		Medição de vazão:		Medição do nível da água:				Método:				Coordenadas:											
CMB Ebara BHS 517-59 - 35 CV		Tubo de Pitot D=4" X d=3"		Sonda Elétrica - Marca Altronix - 150m de cabo				T:		m³/seg		24L 0640582											
Prof. do Poço:		248,00		Prof. Inst.:		132,00		K _v :		m/seg		UTM 9018616											
Condutividade:		-		Diâmetro - poço:		8"		B _v :		m		Dist. Poço x Pz = 23,6m											
pH:		6,8		Teor de areia:		-		Livre:		<input type="checkbox"/>		Semi-conf. <input type="checkbox"/>											
								Aquíferos:		Semi-Livre <input type="checkbox"/>		Fissurado <input type="checkbox"/>											
										Confinado <input checked="" type="checkbox"/>													
REBAIXAMENTO					RECUPERAÇÃO																		
Hora	t ou t' (min)	ND (m)	Δ (m)	Vazão (m³)	Hora	t ou t' (min)	ND (m)	Δ (m)	t / t' ±1														
9:41	1	54,957	11,469	40,00	7:21	1	58,675	15,187	1441														
9:42	2	56,313	12,825	40,00	7:22	2	57,696	14,208	721														
9:43	3	57,019	13,531	40,00	7:23	3	57,150	13,662	481														
9:44	4	57,434	13,946	40,00	7:24	4	56,771	13,283	361														
9:45	5	57,992	14,504	40,00	7:25	5	56,215	12,727	289														
9:46	6	58,499	15,011	40,00	7:26	6	55,740	12,252	241														
9:47	7	58,908	15,420	40,00	7:27	7	55,302	11,814	206,7														
9:48	8	59,218	15,730	40,00	7:28	8	54,910	11,422	181														
9:49	9	59,552	16,064	40,00	7:29	9	54,560	11,072	161														
9:50	10	59,978	16,490	40,00	7:30	10	54,256	10,768	145														
9:52	12	60,531	17,043	40,00	7:32	12	53,744	10,256	121														
9:54	14	61,026	17,538	40,00	7:34	14	53,252	9,764	103,8														
9:56	16	61,497	18,009	40,00	7:36	16	52,880	9,392	91														
9:58	18	61,836	18,348	40,00	7:38	18	52,568	9,080	81														
10:00	20	62,179	18,691	40,00	7:40	20	52,264	8,776	73														
10:05	25	62,825	19,337	40,00	7:45	25	51,618	8,130	58,6														
10:10	30	63,362	19,874	40,00	7:50	30	51,170	7,682	49														
10:15	35	63,790	20,302	40,00	7:55	35	50,774	7,286	42,1														
10:20	40	64,098	20,610	40,00	8:00	40	50,464	6,976	37														
10:30	50	64,682	21,194	40,00	8:10	50	49,955	6,467	29,8														
10:40	1h	65,137	21,649	40,00	8:20	1h	49,538	6,050	25														
10:50	70	65,665	22,177	40,00	8:30	70	49,218	5,730	21,5														
11:00	80	65,739	22,251	40,00	8:40	80	48,936	5,448	19														
11:10	90	65,954	22,466	40,00	8:50	90	48,703	5,215	17														
11:20	100	66,185	22,697	40,00	9:00	100	48,480	4,992	15,4														
11:40	2h	66,686	23,198	40,00	9:20	2h	48,109	4,621	13														
12:00	140	66,958	23,470	40,00	9:40	140	47,812	4,324	11,2														
12:20	160	67,179	23,691	40,00	10:00	160	47,587	4,099	10														
12:40	3h	67,380	23,892	40,00	10:20	3h	47,366	3,878	9														
13:00	200	67,635	24,147	40,00	10:40	200	47,153	3,665	8,2														
13:50	250	68,054	24,566	40,00	11:30	250	46,800	3,312	6,7														
14:40	5h	68,412	24,924	40,00	12:20	5h	46,426	2,938	5,8														
15:30	350	68,699	25,211	40,00	13:10	350	46,202	2,714	5,1														
16:20	400	69,044	25,556	40,00	14:00	400	46,041	2,553	4,6														
18:00	500	69,794	26,306	40,00	15:40	500	45,797	2,309	3,8														
19:40	10h	70,236	26,748	40,00	17:20	10h	45,568	2,080	3,4														
21:20	12h	70,262	26,774	40,00	19:20	12h	44,780	1,292	3														
23:00	800	69,882	26,394	40,00	20:40	800																	
0:40	15h	69,663	26,175	40,00	22:20	15h	900																
2:20	1000	69,534	26,046	40,00	00:00	1000																	
4:00	1100	69,429	25,941	40,00	03:20	20h	1200																
5:40	20h	69,502	26,014	40,00	07:20	24h	1440																
7:20	1300	70,463	26,975	40,00																			
9:00	1400	70,947	27,459	40,00																			
10:40	25h	71,317	27,829	40,00																			
12:20	1600	71,480	27,992	40,00																			
14:00	1700	71,584	28,096	40,00																			
15:40	30h	71,56	28,072	40,00																			
17:20	1900	71,79	28,302	40,00																			
19:00	2000	72,128	28,640	40,00																			
20:40	35h	71,801	28,313	40,00																			
22:20	2200	71,449	27,961	40,00																			
00:00	2300	71,017	27,529	40,00																			
01:40	40h	70,802	27,314	40,00																			
03:20	2500	70,613	27,125	40,00																			
05:00	2600	70,55	27,062	40,00																			
06:40	45h	70,795	27,307	40,00																			
09:40	48h	71,771	28,283	40,00																			

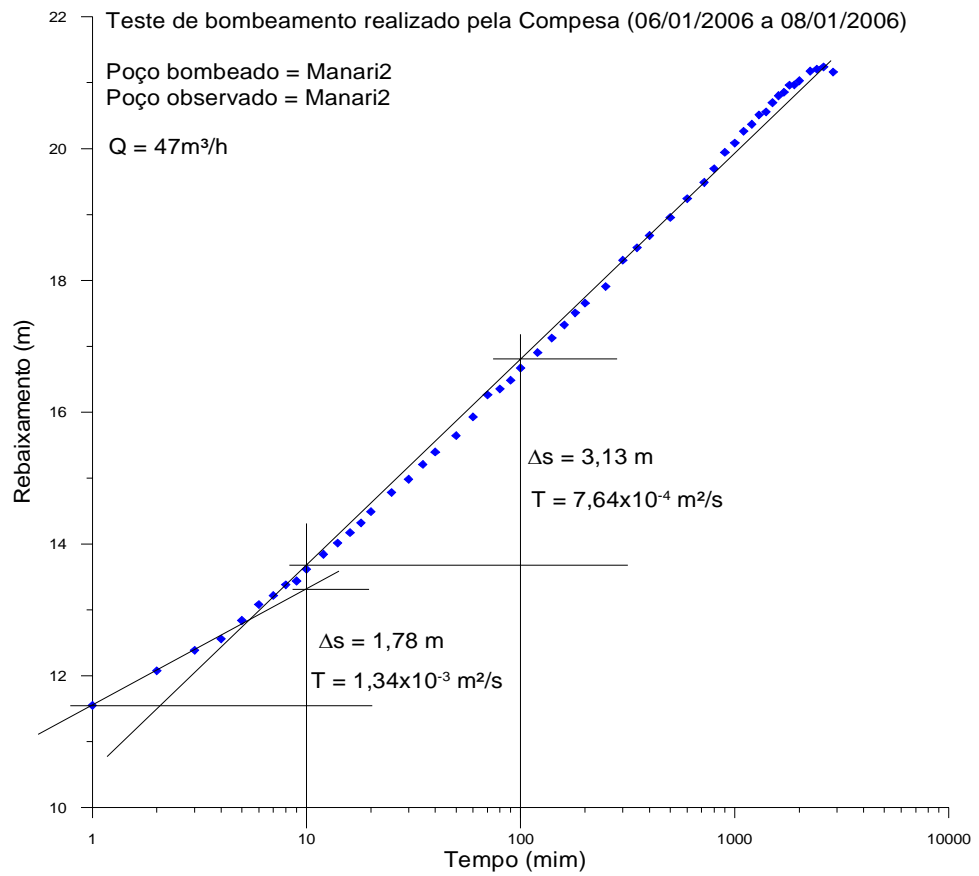
Anexo 6. Teste de Aquífero – Poço Bombeado: Manari1 – Poço Observado: Manari1



Anexo 7a. Interpretação da curva do Poço Pz – Teste Manari1



Anexo 7b. Interpretação da curva do Poço Manari1 – Teste Manari1



Anexo 7c. Interpretação da curva do Poço Manari2 – Teste Manari2

Anexo 8. Teste de aquífero - Poço bombeado: HH866 – Poço observado: HH866

Poço: **HH-866** – Poço bombeado
 Local: Sítio Travessão (Restaurante Serra
 Dourada) - Catimbau
 Município: Buíque/PE
 Tempo de bombeamento: 1500min
 Executor: Waldir Duarte Costa Filho

Profundidade:
 NE= 2.729m

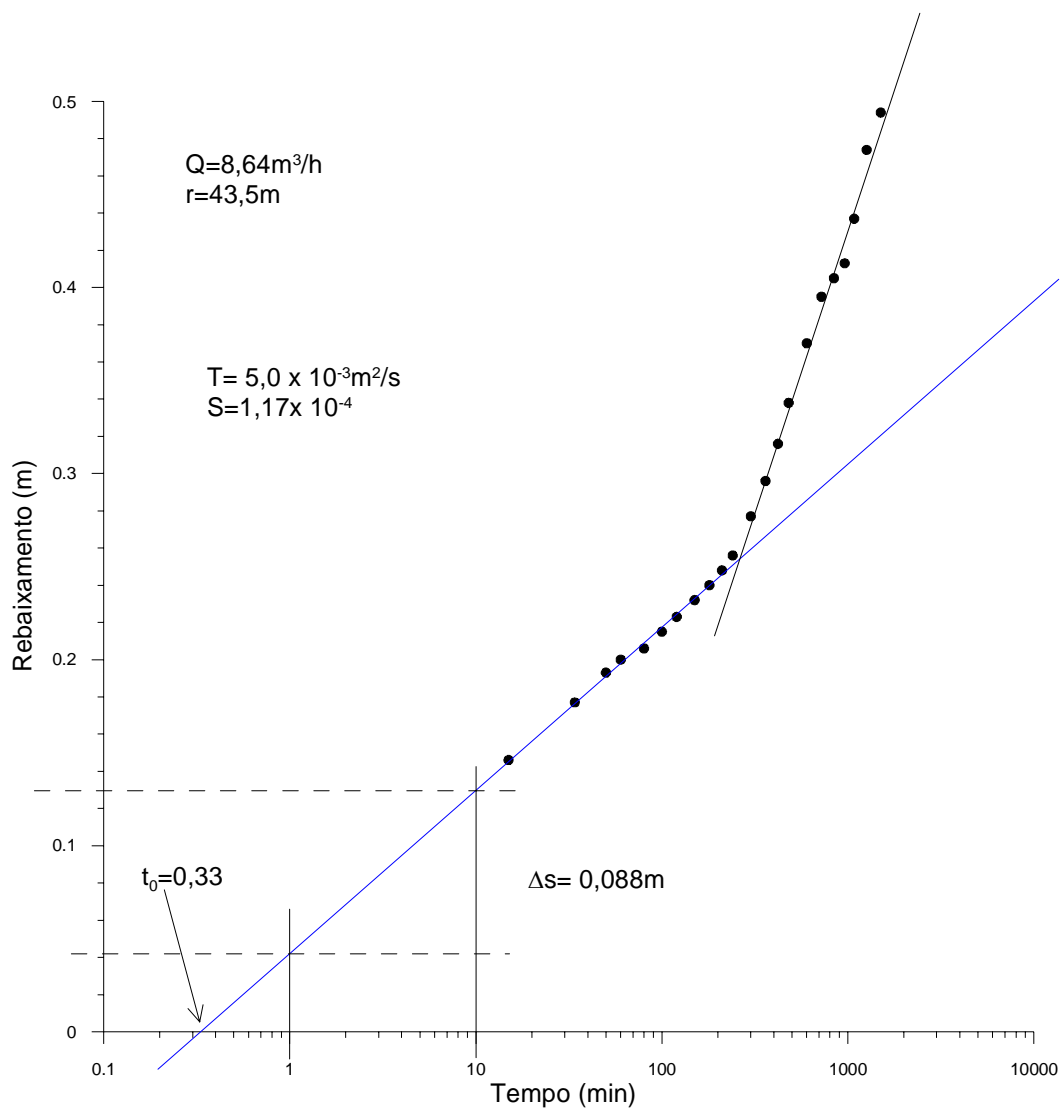
Q= 8,55m³/h
 r= 0,15m

ND= 22.075m
 Crivo= 43,0 m
 UTMX=694.087 mE

Início: 14/04/07
 Término: 15/04/07
 UTMN=9.048.906 mN

BOMBEAMENTO					RECUPERAÇÃO				
Hora	Tempo (min)	ND (m)	S (m)	Q/s (m ³ /h/m)	Hora	Tempo (min)	tb/t'+1	ND (m)	s _r (m)
10h01	1	17,936	5,207	1,642	11h01	1	1,501,00	15,698	2,969
10h02	2	19,196	6,467	1,322	11h02	2	751,00	14,476	1,747
10h03	3	19,838	7,109	1,203	11h03	3	501,00	14,101	1,372
10h04	4	20,149	7,420	1,152	11h04	4	376,00	13,923	1,194
10h05	5	20,262	7,533	1,135	11h05	5	301,00	13,800	1,071
10h06	6	20,348	7,619	1,122	11h06	6	251,00	13,721	0,992
10h08	8	20,505	7,776	1,100	11h08	8	188,50	13,618	0,889
10h10	10	20,610	7,881	1,085	11h10	10	151,00	13,561	0,832
10h12	12	20,699	7,970	1,073	11h12	12	126,00	13,521	0,792
10h15	15	20,809	8,080	1,058	11h15	15	101,00	13,475	0,746
10h20	20	20,891	8,162	1,048	11h20	20	76,00	13,422	0,693
10h25	25	20,963	8,234	1,038	11h25	25	61,00	13,383	0,654
10h30	30	21,023	8,294	1,031	11h30	30	51,00	13,363	0,634
10h40	40	21,101	8,372	1,021	11h40	40	38,50	13,318	0,589
10h50	50	21,280	8,551	1,000	11h50	50	31,00	13,296	0,567
11h00	60	21,240	8,511	1,005	12h00	60	26,00	13,270	0,541
11h20	80	20,966	8,237	1,038	12h20	80	19,75	13,241	0,512
11h40	100	21,049	8,320	1,028	12h40	100	16,00	13,203	0,474
12h00	120	21,118	8,389	1,019	13h00	120	13,50	13,183	0,454
12h30	150	21,179	8,450	1,012	13h30	150	11,00	13,153	0,424
13h00	180	21,234	8,505	1,005	14h00	180	9,33	13,132	0,403
13h30	210	21,259	8,530	1,002	14h30	210	8,14	13,119	0,390
14h00	240	21,298	8,569	0,998	15h00	240	7,25	13,108	0,379
15h00	300	21,359	8,630	0,991	16h00	300	6,00	13,093	0,364
16h00	360	21,457	8,728	0,980	17h00	360	5,17	13,077	0,348
17h00	420	21,510	8,781	0,974	18h00	420	4,57	13,070	0,341
18h00	480	21,555	8,826	0,969	19h00	480	4,13	13,061	0,332
20h00	600	21,642	8,913	0,959	08h00	1260	2,19	12,960	0,231
22h00	720	21,732	9,003	0,950					
24h00	840	21,752	9,023	0,948					
02h00	960	21,819	9,090	0,941					
04h00	1080	21,876	9,147	0,935					
07h00	1260	21,883	9,154	0,934					
11h00	1500	22,075	9,346	0,915					

Observações: Datum WGS84; Ponto de Medição = Altura da Base de Proteção ($h_b = 0,05$ m) + Altura do Tubo Guia ($h_g = 0,35$ m) = 0,40 m



Anexo 9. Interpretação

Anexo 10. Teste de aquífero - Poço bombeado: HH866 – Poço observado: Pz-866

Poço: **Pz-866** – Poço observado
 Local: Sítio Travessão (Restaurante Serra
 Dourada) - Catimbau
 Município: Buíque/PE
 Tempo de bombeamento: 1500min
 Executor: Waldir Duarte Costa Filho

Profundidade: Q= 8,55m³/h
 NE= 14.014m r= 43,5 m
 ND= 14,508m Início: 14/04/07
 Crivo= m Término: 15/04/07
 UTMX= 694.121 mE UTMN=9.048.934 mN

BOMBEAMENTO					RECUPERAÇÃO				
Hora	Tempo (min)	ND (m)	s (m)	Q/s (m ³ /h/m)	Hora	Tempo (min)	tb/t'+1 (min)	ND (m)	s (m)
10h01	1				11h01	1	1.501,00	14,512	0,498
10h02	2				11h02	2	751,00	14,510	0,496
10h03	3				11h03	3	501,00	14,462	0,448
10h04	4				11h04	4	376,00	14,442	0,428
10h05	5				11h05	5	301,00	14,425	0,411
10h06	6				11h06	6	251,00	14,425	0,411
10h08	8				11h08	8	188,50	14,402	0,388
10h10	10				11h10	10	151,00	14,387	0,373
10h12	12				11h12	12	126,00	14,375	0,361
10h15	15	14,160	0,146	58,562	11h15	15	101,00	14,360	0,346
10h20	20				11h20	20	76,00	14,342	0,328
10h25	25				11h25	25	61,00	14,335	0,321
10h34	34	14,191	0,177	48,305	11h30	30	51,00	14,324	0,310
10h40	40				11h40	40	38,50	14,306	0,292
10h50	50	14,207	0,193	44,301	11h50	50	31,00	14,300	0,286
11h00	60	14,214	0,200	42,750	12h00	60	26,00	14,290	0,276
11h20	80	14,220	0,206	41,505	12h20	80	19,75	14,276	0,262
11h40	100	14,229	0,215	39,767	12h40	100	16,00	14,263	0,249
12h00	120	14,237	0,223	38,341	13h00	120	13,50	14,255	0,241
12h30	150	14,246	0,232	36,853	13h30	150	11,00	14,243	0,229
13h00	180	14,254	0,240	35,625	14h00	180	9,33	14,233	0,219
13h30	210	14,262	0,248	34,476	14h30	210	8,14	14,224	0,210
14h00	240	14,270	0,256	33,398	15h00	240	7,25	14,221	0,207
15h00	300	14,291	0,277	30,866	16h00	300	6,00	14,218	0,204
16h00	360	14,310	0,296	28,885	17h00	360	5,17	14,216	0,202
17h00	420	14,330	0,316	27,057	18h00	420	4,57	14,216	0,202
18h00	480	14,352	0,338	25,296	19h00	480	4,13	14,216	0,202
20h00	600	14,384	0,370	23,108	08h00	1260	2,19	14,175	0,161
22h00	720	14,409	0,395	21,646					
24h00	840	14,419	0,405	21,111					
02h00	960	14,427	0,413	20,702					
04h00	1080	14,451	0,437	19,565					
07h00	1260	14,488	0,474	18,038					
11h00	1500	14,508	0,494	17,308					