



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA
PROGRAMA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS**

Hidrogeologia do Aquífero Açu na Borda Sul da Bacia Potiguar;

Trecho Upanema - Afonso Bezerra

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Autor: Mickaelon Belchior Vasconcelos

Orientador: José Geraldo de Melo

Natal, Fevereiro 2006

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA
PROGRAMA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS

**HIDROGEOLOGIA DO AQUÍFERO AÇU NA BORDA SUL DA
BACIA POTIGUAR; TRECHO UPANEMA- AFONSO BEZERRA**

Dissertação de Mestrado apresentada como requisito
para a obtenção do título de Mestre em Geociências,
Área de Concentração em Recursos Hídricos,
Recursos Minerais e Meio Ambiente pela
Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Comissão examinadora: Dr. José Geraldo de Melo

Dra. Vera Lúcia Lopes de Castro

Dr. José Antonio Beltrão Sabadia

Dr. José Brás Diniz Filho

Autor: Mickaelon Belchior Vasconcelos

Orientador: José Geraldo de Melo

Natal-RN, Fevereiro de 2006

Vasconcelos, M.B.

V.337

Hidrogeologia do Aquífero Açú na Borda Sul da Bacia Potiguar; Trecho Upanema-Afonso Bezerra/ Mickaelon Belchior Vasconcelos- Natal, RN, UFRN, Centro de Ciências Exatas e da Terra, 2006

100 f. il. Color

Dissertação (Mestrado)- Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Ciências Exatas e da Terra, Programa de Pós-Graduação em Geociências.

1. Hidrogeologia 2. Abastecimento de Água 3. Aquífero Açú 4. Bacia Potiguar.

I Título

CDD 551.49


HIDROGEOLOGIA DO AQUÍFERO AÇU NA BORDA SUL DA BACIA POTIGUAR; TRECHO UPANEMA- AFONSO BEZERRA

Este trabalho se faz necessário para a obtenção do título de em Geociências, outorgado pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte, o mesmo pode ser encontrado na Biblioteca setorial do Departamento de Geologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte.


Qualquer citação desta dissertação é permitido, desde que se faça de acordo com as normas da ética científica e com a permissão do autor.

Aprovado em 16/02/2006

Comissão Julgadora:




Prof. Dr. JOSÉ GERALDO DE MELO
Orientador (Deptº Geologia-UFRN)



Dr. JOSÉ ANTONIO BELTRÃO SABADIA
Examinador Externo (UFC)



Drª. VERA LÚCIA LOPES DE CASTRO
Examinador Externo (SERHID/RN)



Drª. JOSÉ BRAZ DINIZ FILHO
Examinador Interno (Deptº Geologia-UFRN)

APRESENTAÇÃO

Este trabalho constitui a “Dissertação de Mestrado” do Geólogo Mickaelon Belchior Vasconcelos elaborado nas conformidades com as normas estabelecidas pelo Curso de Pós-Graduação em Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

Foi executado com base em resultados obtidos do projeto “Avaliação do Aquífero Açú na Borda Sul da Bacia Potiguar -“Trecho: Upanema - Afonso Bezerra” financiado pela FINEP, e executado pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte e com a participação do Serviço Geológico do Brasil e, que integram a Rede Cooperativa de Pesquisa “Bacias Sedimentares” da CT- HIDRO/FINEP.

*Aos meus pais, Belchior e Socorro,
ao meu irmão, Andreazza e
aos meus professores Carla e Beltrão.*

Agradecimentos

Expresso meu especial agradecimento:

A minha mãe, Maria do Socorro, ao meu pai Belchior e ao meu irmão Andreazza, prof^a Carla Vidal (Depto de Física da UFC), prof. Beltrão (Depto de Geologia da UFC), pelo incentivo nas horas difíceis

aos meu orientador, prof. Geraldo de Melo pelos ensinamentos e a infra-estrutura ofertada para o desenvolvimento e finalização deste trabalho;

a Financiadora e Estudos e Projetos (FINEP) com o Fundo Setorial CTHIDRO pelo financiamento deste trabalho e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

ao Programa de Pós-Graduação em Geociências pelo apoio logístico;

ao geólogo de grande sabedoria Dr. Fraklin de Moraes (CPRM/Recife)

a profa. Marlúcia Santiago (coordenadora do laboratório de carbono-14, Depto de Física da UFC), ao prof. Clovis Vaz Parente e prof. Afonso Almeida, ambos do Depto. de Geologia da UFC, pela ajuda no momento necessário no começo dos estudos em Natal,

ao prof. Itabaraci (Depto de Geologia da UFC), que sempre atendeu com presteza ao ser solicitado,

aos professores do Departamento de Geologia da UFRN, que participaram direta ou indiretamente da realização deste trabalho, prof Braz Diniz, prof Narendra Srivastava;

a Dr^a Vera Lúcia, pelas dicas, orientações e material bibliográfico concedido,

a família Reyes, Yoe Alain, Ana Torquato e Sarinha pelo grande carinho, amizade e preocupação de sempre querer ajudar;

a Clece Fontenele, pela grande amizade

ao Paulo Eduardo, secretário do PPGEO pelo paciência e presteza e amizade;

ao Sanzio Ávila, Mary Lúcia, Ronaldo Freire pela grande amizade;

a Adriana Barroca, Ivan Medeiros, Fábio Roque e Jucieny (Buga) pelo convívio diário no decorrer do trabalho

ao geólogo Eugênio da Prefeitura municipal de Assu

a CPRM- Serviço Geológico do Brasil e a EMPARN

a Secretaria de Recursos Hídricos do estado do Rio Grande do Norte- SERHID pelas informações cedidas pelo fornecimento de dados;

Sumário

Resumo.....	ix
Abstract.....	x
Lista de Figuras.....	xi
Lista de Tabelas.....	xiv
Lista de Siglas.....	xv
1. INTRODUÇÃO.....	01
1.1 Objetivos gerais.....	02
1.2 Localização e acesso.....	03
1.3 Aspectos sócio-econômicos.....	04
1.4 O abastecimento de água.....	05
2. METODOLOGIA.....	08
2.1 Análise Bibliográfica.....	08
2.2 Homogeneização do cadastro de poços.....	08
2.3 Seleção de uma rede de poços para monitoramento.....	09
2.4 Processamento Digital de Imagens de Satélite e Tratamento de Dados de RADAR.....	10
2.5 Elaboração de Perfis Geológicos.....	10
2.6 Definição da Estrutura Geológica do Terreno.....	10
2.7 Mapa de Uso e Ocupação do solo e fontes potenciais de contaminação.....	11
2.8 Mapa de vulnerabilidade natural a contaminação do aquífero Açú.....	11
3. CONDICIONANTES FISIAGRÁFICOS E CLIMÁTICOS.....	12
3.1 Precipitações pluviométricas	12
3.2 Balanço Hídrico.....	14
3.3 Solos.....	18
3.4 Vegetação.....	19
3.5 Hidrografia.....	20
3.6 Geomorfologia.....	22
4. CONTEXTO GEOLÓGICO.....	26
4.1 Geologia Regional.....	26
4.1.1 Embasamento Cristalino.....	26
4.1.2 Bacia Potiguar.....	27
4.2 Geologia e estrutura da área de estudo.....	31
4.3 Geologia Econômica.....	33

5. CONTEXTO HIDROGEOLÓGICO REGIONAL.....	35
5.1 Aquífero Aluvial.....	36
5.2 Aquífero Jandaíra.....	37
5.3 Camada Semi-confinante.....	37
5.4 Aquífero Açú.....	38
5.5 Aquífero Cristalino.....	41
6. TÉCNICAS DE PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS E TRATAMENTO DE DADOS DE RADAR.....	42
7. HIDROGEOLOGIA DA ÁREA.....	50
7.1 Cadastro de Poços e a Rede de monitoramento de Poços.....	50
7.1.2 Definição da rede de monitoramento das águas subterrâneas.....	52
7.1.3 Profundidade do Nível das Águas Subterrâneas.....	52
7.1.4 Vazão Específica.....	54
7.1.5 Condutividade Elétrica das Águas Subterrâneas.....	56
7.2 Estrutura geológica.....	58
7.3 Parâmetros hidrodinâmicos.....	68
8. UNIDADES DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO E VULNERABILIDADE AMBIENTAL NATURAL DO AQUÍFERO AÇÚ.....	76
8.1 Uso e Ocupação do solo e fontes Potenciais de contaminação.....	76
8.2 Vulnerabilidade Ambiental Natural das Águas Subterrâneas.....	85
8.2.1 Vulnerabilidade das águas subterrâneas na área de estudo.....	90
8.3 Integração dos Mapas de Uso e Ocupação do Solo e Fontes Potenciais de contaminação e o Mapa de Vulnerabilidade das Águas Subterrâneas.....	92
9. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	94
10. REFERÊNCIAS.....	96
11. ANEXOS.....	
Anexo I- Cadastro de Poços	
Anexo II- Dados dos testes de Bombeamento e Recuperação	
Anexo III- Gráficos dos testes de Bombeamento e Recuperação	

Resumo

Este trabalho apresenta uma avaliação hidrogeológica da zona de afloramento da Formação Açú, no trecho entre os municípios de Upanema a Afonso Bezerra. Tem como objetivo o zonar as áreas mais favoráveis a ocorrência de águas subterrâneas com qualidade e quantidade satisfatória para as mais diversas finalidades. A área de estudo está localizada a aproximadamente 220 km a oeste da cidade de Natal, estado do Rio Grande do Norte. Compreende uma área efetiva de 800 km², no qual está inserido parcialmente ou totalmente os municípios de Upanema, Assu, Ipanguaçu, Angicos e Afonso Bezerra. Inserida no contexto do semi-árido nordestino possui pluviosidades variando de 530 mm a 666 mm. Foi elaborado o balanço hídrico da área, interpretação de imagens de satélite Landsat-7 e CBERS, homogeneização do cadastro de poços, definição da estrutura geológica da área baseada nos lineamentos geológicos, elaboração do mapa de uso e ocupação do solo e fontes potenciais de contaminação, mapas de isovalores baseados no cadastro elaborado pela CPRM- Serviço Geológico do Brasil, mapa de condutividade elétrica, profundidade do nível das águas subterrâneas, vazão específica. Foi também elaborado o mapa de vulnerabilidade do aquífero Açú utilizando o método *GOD* e análise de testes de bombeamento de alguns poços inseridos na área. Através do cálculo do balanço hídrico foi determinado a evapotranspiração potencial de 1499 mm, com um déficit hídrico de 593 mm. O período chuvoso ocorre entre janeiro a junho com as chuvas se concentrando nos meses de março e abril. O fluxo das águas subterrâneas se dar de sul para norte, mesmo sentido em que se aumentam as espessuras da Formação Açú, bem como a qualidade e quantidade das águas subterrâneas. A condutividade elétrica nas proximidades da Formação Jandaíra são inferiores a 500 µS/cm. As áreas próximas ao embasamento cristalino são menos favoráveis a ocorrência de águas subterrâneas, bem como possuem uma menor quantidade de informação. Na área de estudo predomina a vegetação nativa de caatinga com 61%, sendo que e 38% da área já sofreu alguma modificação antrópica, com as áreas agrícolas e pecuária de pequena intensidade abrangendo 28% da área. As áreas de práticas agrícolas de maior intensidade estão localizadas nas planícies aluviais do rio Piranhas-Açú e o rio do Carmo, onde a ocorrência de águas está mais favorável, seja pelos aluviões ou pela presença do curso do rio, estas representam 09% da área de estudo. A vulnerabilidade natural do aquífero predomina as de baixa a moderada, ocorrendo vulnerabilidade alta somente nas proximidades da planície aluvial do rio Piranhas-Açú. A zona em que ocorre uma intensa agricultura está situada na zona de vulnerabilidade alta do aquífero, mostrando que a região do aluvião entre as cidades de Assu e Ipanguaçu possui maiores chances de sofrer alterações. Através do mapa de estruturação geológica, verificou-se que a ocorrência das Lagoas do Piató e Ponta Grande foi condicionada principalmente por falhamentos de direção E-W. Através do cadastro de 527 poços, foi definida uma rede de monitoramento com 81 poços, baseada na homogeneização dos cadastros de poços. A transmissividade calculada pelo método de Cooper-Jacob variou de 36 m²/d a 441 m²/d e a condutividade hidráulica variou de 0,71 m/d a 11,1 m/d. A partir desta rede de monitoramento, com 81 poços, poderá se ter uma visão maior das condições de exploração e fluxo e qualidade das águas do aquífero Açú. Através da integração das informações poderão ser propostos modelos de gestão para os recursos hídricos da região e identificação dos fatores que condicionam a qualidade e quantidade das águas subterrâneas.

Palavras chaves: hidrogeologia, abastecimento de água, semi-árido, aquífero Açú, Bacia Potiguar.

Abstract

This work presents a hidrogeologic evaluation of the zone Açú Formation outcrop, in south border Potiguar Basin. Has as objective zoning of the areas between the cities of Upanema and Afonso Bezerra the most favorable groundwater occurrence with quality and satisfactory amount for the most diverse purposes. The study area is located approximately the 220 km the west of the Natal city, state of the Rio Grande do Norte, Brazil. Area accomplishes of 800 km², in which he is inserted partially or total the cities of Upanema, Assu, Ipanguaçu, Angicos and Alfonso Bezerra. Inserted in the context of the semi arid northeastern Brazilian it posses rainfalls varying of 530 mm to 666 mm. It was elaborated the water balance of the area, interpretation of images of satellite Landsat-7 and CBERS, homogenization of cadastre of wells, definition of the geologic framework of the area based on the geologic lineations, elaboration of the land use map and potential sources of contamination, maps of isovalors based in cadastre it elaborated for the Geologic Service of Brazil, map of electric conductivity, depth of the groundwater, specific outflow. Also the map of vulnerability of the groundwaters was elaborated using GOD methodology and analysis of pumping tests of some inserted wells in the area. Through the calculation of the water balance the potential evapotranspiration of 1499 mm was determined, with a hidric deficit of 593 mm. The rainy period occurs between January the June with rains if concentrating in the months of march and april. The flow of groundwaters if to give of south for north, exactly where if they increase the thicknes of the Açú Formation, as well as the quality and amount of groundwaters. The electric conductivity in the surround of the Jandaíra Formation the are inferior 500 µS/cm. The next areas to the crystalline basement are less favorable the groundwater occurrence, as well as posses a lesser amount of information. In study area predominate the native vegetation of caatinga with 61%, being that and 38% of the area already it some antropic modification, with the agricultural areas and cattle of small intensity enclosing 28% of the area. The areas of agriculturists of bigger intensity are located in aluvial plains of the river Piranhas-Açu and the river of the Carmo, where the water occurrence is more favorable, either for alluvium or the presence of the course of the river, these represent 09% of the study area. The natural vulnerability of the aquifer one predominates of the low and moderate, occurring high vulnerability only in the surrounding of the aluvial plain of the Piranhas-Açu river. The zone where an intense agriculture occurs is situated in the zone of high vulnerability of the aquifer, showing that the region of the alluvium between the cities of Assu and Ipanguaçu posses greater possibilities to alterations. Through the geologic framework map, it was verified that the occurrence of the Lagoons of the Piató and Ponta Grande was conditional mainly for fractureds of direction E-W. Through cadastre it of 527 wells, was defined a net of monitoring with 81 wells, based in the homogenization of the cadastres of wells. The transmissivity calculated for the method of Cooper-Jacob varied of 36 m²/d to 441 m²/d and the hydraulic conductivity varied of 0.71 m/d to 11.1 m/d. To leave of this net of monitoring, with 81 wells, it will be able to have a bigger vision of the explotation conditions and flow and quality of waters of the Açú aquifer. From the current and suggested information models of management for the water resources of the region identification of the factors could be considered that condition the quality and amount of groundwaters.

Key words: hidrogeology, water supply, semi-arid, Açú aquifer, Potiguar Basin, Brazil.

Lista de Figuras

1.1- Localização da área de estudo com destaque na zona de afloramento da Formação Açú nos estados do Ceará e Rio Grande do Norte.....	03
1.2- Mapa índice da cobertura das cartas topográficas produzidas pela SUDENE na escala 1:100.000, em destaque as cartas onde a área de estudo está inserida.....	06
1.3- Mapa índice de cobertura das faixas (órbita/ponto) do satélite Landsat.....	06
3.1- Precipitação pluviométrica(mm) dos municípios da área de estudo e adjacências.....	13
3.2- Temperatura (°C) média da mínima, máxima e média do município de Ipanguaçu.....	14
3.3- Representação gráfica do balanço hídrico estabelecido para a região de Açú-Ipanguaçu (Período 1910-1990).....	16
3.4-Área de solo arenoso apresentando uma coloração avermelhada marcante. Este tipo de solo ocorre no setor oeste da área, nos limites entre os municípios de Afonso Bezerra e Angicos.....	19
3.5- Rede Hidrográfica, com delimitação dos divisores hidrográficos estudo.....	21
3.6- Perfis do relevo utilizando informações de SRTM(2003).....	23
3.7- Localização e direção dos perfis do relevo na área de estudo.....	23
3.8- Perfil do relevo A-B.....	24
3.9- Perfil do relevo C-D.....	24
3.10- Perfil do relevo E-F.....	24
3.11- Perfil do relevo G-H.....	25
3.12- Vista panorâmica da escarpa formada pelo contato da Formação Jandaíra e Formação Açú, área localizada a NE da cidade de Upanema.....	25
4.1- Mapa geológico simplificado da Província Borborema, nordeste do Brasil.....	26
4.2- Arcabouço tectônico esquemático do embasamento. Fonte com modificações, Vasconcelos(1990).....	28
4.3- Estratigrafia da Bacia Potiguar. Fonte: Araripe & Feijó (1994).....	29
4.4- Isópacas da Formação Jandaíra. Fonte com modificações Sampaio & Schaller (1968).....	32
4.5- Isópacas da Formação Açú. Fonte com modificações Sampaio & Schaller (1968).....	33
4.6- Retirada de areia na calha do rio Piranhas-Açú, município de Assu.....	34
5.1- Sistemas Aquíferos do Rio Grande do Norte.....	35
5.2- Seção esquemática da Bacia Potiguar. Fonte com modificações: Rebouças (1967)....	36

5.3- Arcabouço Estrutural da porção oeste da Bacia Potiguar.....	40
6.1- Mapa índice de cobertura das faixas (órbita/ponto) com as cenas do satélite Landsat que abrangem o Estado do Rio Grande do Norte, em destaque tem-se a cena que a área de estudo está inserida.....	42
6.2- Composição RGB 743 do satélite landsat 7 ETM+ fusão com a banda pancromática ano 2001.....	45
6.3- Composição RGB 432 do satélite CBERS, com modificações no histograma, ano 2005.....	46
6.4- Composição RGB 732 com modificações no histograma, satélite landsat 7 ETM+ fusão com a banda pancromática ano 2001.....	47
6.5- Slope da imagem de Radar.....	48
6.6- <i>Shaded relief</i> elaborado com os dados de RADAR, ângulo de 30° e azimute 90°.....	49
7.1- Mapa geológico simplificado e mapa de poços cadastrados na área de estudo.....	51
7.2- Mapa geológico simplificado e mapa de isolinhas de profundidade das águas subterrâneas.....	53
7.3- Mapa geológico simplificado e mapa de isolinhas de vazão específica.....	55
7.4- Mapa geológico simplificado e mapa de isolinhas de condutividade elétrica.....	57
7.5- Mapa geológico simplificado com direção do perfis elaborados e lineamentos extraídos através de dados de RADAR.....	59
7.6- Diagrama de rosetas apresentando resultados dos 41 lineamentos extraídos a partir da interpretação das imagens de satélite Landsat-7 e tratamento de dados de RADAR.....	60
7.7- Mapa de estruturação geológica da área de estudo.....	61
7.8- Perfil geológico A-B, localizado no município de Upanema.....	63
7.9- Perfil geológico C-D, localizado no município de Assu.....	65
7.10- Perfil geológico E-F, localizado no município de Assu.....	66
7.11- Perfil geológico G-H, localizado no município de Afonso Bezerra.....	67
7.12- Curva de rebaixamento x tempo durante o bombeamento e recuperação.....	72
7.13- Mapa geológico simplificado com poços que possuíam testes de bombeamento.....	74
8.1- Percentual de cada unidade na área de estudo.....	77

8.2- Área de manejo agrícola intensiva, cultivo de banana no município de Ipanguaçu.....	78
8.3- Vista parcial da margem sul da Lagoa do Piató.....	80
8.4- Mapa de usos e Ocupação do solo e Fontes Potenciais de Contaminação.....	82
8.5- Depósito de cloreto de sódio as margens da rodovia BR-304 nas proximidades da cidade de Assu.....	84
8.6- Sistema de avaliação do índice de vulnerabilidade natural à poluição do aquífero. Fonte com modificações: Foster et al. 2002.....	89
8.7- Mapa integrado de Uso e Ocupação do solo e Fontes Potenciais de Contaminação e Mapa de Vulnerabilidade Natural do Aquífero Açú.....	93

Lista de Tabelas

1.1- População e Densidade Demográfica dos Municípios da área de estudo.....	05
1.2- Tipo de abastecimento característico nos domicílios dos municípios da área de estudo. Fonte: IBGE, 2000.....	05
1.3- Volume de água consumida/distribuída em rede por ano (m ³). Fonte CAERN.....	06
1.4- Principais reservatórios de superfície localizados na área de estudo.....	06
2.1- Poços selecionados para a área de estudo.....	09
2.2- Número de poços por municípios que podem estar com mais de um registro	09
3.1- Média pluviométrica anual na região de estudo.....	12
3.2- Valores obtidos para evapotranspiração potencial (ETp), Região Açu-Ipanguaçu (método de Turc).....	15
3.3- Balanço hídrico da região Açu-Ipanguaçu(1910-1990).....	16
3.4- Classificação climática segundo o índice global(I).....	17
3.5- Classificação climática quanto a eficiência térmica (mm).....	18
7.1- Vazões média e máximas por município.....	50
7.2- Número de poços de monitoramento por município.....	52
7.3- Informações dos poços com testes de bombeamento e teste de recuperação.....	73
7.4- Valores de transmissividade (T) e Condutividade hidráulica (K) obtidos através do método de Cooper & Jacob.....	74
7.5- Valores de transmissividade (T) e Condutividade hidráulica(K) obtidos através do método de Recuperação de Theis & Jacob.....	75
8.1- Classes do método AVI para determinação de vulnerabilidade.....	87

Lista de Siglas

AVI- *Aquifer Vulnerability Index*

ASTM- *American Society for Testing Materials*

CPRM- Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais

CAERN- Companhia de Águas e Esgoto do Rio Grande do Norte

CE- Condutividade elétrica

CBERS- Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres

CONAMA- Conselho Nacional de Meio Ambiente

DRASTIC- *Depth to water; Recharge; Aquifer media; Soil media; Topography; Impact of the vadose zone; Conductivity of the aquifer*

ENPARN- Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte

EPA- *Environment Protection Agency*

ESDI- *Earth Science Data Interface*

Etp- Evapotranspiração potencial

GOD- *Groundwater occurrence; Overall lithology of the unsaturated zone; Depth to the water table.*

IDEMA- Instituto de Desenvolvimento Econômico e Meio Ambiente

INCRA- Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

NE- Nível estático

RGB- Red Green Blue

RADAR- *Radio Detection and Ranging*

SRTM- *Shuttle Radar Topography Mission*

SERHID- Secretaria de Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte

SUDENE- Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste

SISNAMA- Sistema Nacional de Meio Ambiente

ZA- Zoneamento Ambiental

SINTACS- *Soggiacenza; infiltrazione efficace; Non Saturo; Tipologia della Cobertura; Acquifero; Conducibilità idraulica dell' acquifero; Superficie topografica*

01- Introdução

1. INTRODUÇÃO

O estado do Rio Grande do Norte possui aproximadamente 57% de sua área representada por rochas do embasamento cristalino e 43% por rochas sedimentares onde as condições climáticas do semi-árido e geológicas favorecem a escassez de água tanto superficial quanto subterrânea. A área de estudo está inserida no contexto do semi-árido representado totalmente pelo bioma Caatinga (BRASIL, 2004), uma região frágil do ponto de vista econômico que enfrenta graves adversidades decorrentes principalmente da vulnerabilidade às sucessivas estiagens. Na região de estudo (Bacia Potiguar), a presença de aquíferos regionais intergranulares e cársticos, respectivamente os aquíferos Açu e Jandaíra, desempenham um papel importante no abastecimento de água das populações e desenvolvimento da região.

Os principais fatores limitantes a utilização das águas subterrâneas na área de estudo são:

- Ocorrência de águas com salinidade elevada em alguns setores;
- Baixas vazões dos poços;
- Custos operacionais elevados.

O aquífero Açu na sua zona principal de recarga (zona de afloramento da Formação Açu na Borda Sul da Bacia Potiguar), entre Afonso Bezerra e Upanema, constitui o objeto principal deste trabalho.

As águas do aquífero Açu no domínio da área de estudo abastecem parcialmente os municípios de Upanema, Assu, Ipanguaçu, Afonso Bezerra e Angicos. Diversas comunidades rurais são abastecidas unicamente com as águas subterrâneas. Nesta região as águas subterrâneas possuem também uma importância como reserva estratégica, podendo estar disponível em situações adversas, período de grandes estiagens e problemas de contaminação de reservatórios superficiais.

Ao sul da parte central da área de estudo, no rio Piranhas/Açu, inserido em rochas cristalinas, está localizada a Barragem Armando Ribeiro Gonçalves, com capacidade para 2,5 bilhões de m³. As águas desta barragem são utilizadas no abastecimento da cidade de Mossoró (fora da área de estudo) e várias cidades da região semi-árida. O rio Piranhas/Açu corta, portanto a área de estudo numa extensão de cerca

de 25 km no sentido de sul para norte com um fluxo superficial perene recarregando os aluviões da Planície aluvial do rio Açú e o próprio aquífero Açú. As águas de superfície suprem parcialmente as comunidades que habitam as suas proximidades, como a cidade de Assu e Ipanguaçú. As áreas rurais por não possuírem um sistema de abastecimento de água em rede, dependem diretamente da captação das águas subterrâneas.

Será apresentado neste trabalho uma caracterização hidrogeológica e os fatores que estão interligados da região compreendida entre os municípios de Upanema e Afonso Bezerra. Desta forma as informações obtidas neste trabalho poderão subsidiar dados que contribuam para o melhor suprimento hídrico de comunidades urbanas e rurais, como para a irrigação de culturas, através da perfuração de poços com maiores vazões, o que demanda grande interesse no desenvolvimento sócio-econômico da região.

1.1 Objetivos Gerais

Realizar um estudo de avaliação hidrogeológica básica na zona de afloramento da Formação Açú, no trecho entre os municípios de Upanema a Afonso Bezerra, zoneando as áreas mais favoráveis a ocorrência de águas subterrâneas com qualidade e quantidade satisfatória para as mais diversas finalidades.

Objetivos específicos

Caracterizar a estruturação geológica da área;

Atualizar os estudos geológicos existentes;

Definir as unidades de uso do solo;

Elaboração do zoneamento da salinização das águas subterrâneas;

Determinar a vulnerabilidade ambiental natural do aquífero Açú; e

Determinar os parâmetros hidráulicos médios da Formação Açú.

1.2 Localização e acesso

A área de estudo está situada na Borda Sudoeste da Bacia Potiguar no Estado do Rio Grande do Norte (Figura 1.1) numa faixa de cerca de 90 km de extensão (este-oeste) por 30 km (norte-sul), portanto com superfície total de 2.700 km², no qual aproximadamente 800 km², efetivamente corresponde a zona de afloramento da Formação Açú. Tem como limites as seguintes coordenadas no sistema de Projeção Transversal Universal de Mercator (UTM): 689.447- 775.554 m E e 9.370.266- 9.401.397 m N, zona 24 M, meridiano central -39°. As coordenadas no sistema geográfico (GG, MM, SS) são: 5° 24' 47'' S- 5° 41' 30'' S; 37° 17' 24'' W- 36° 30' 44'' W.

O acesso à área de estudo partindo de Natal é efetuado através da BR-204, no sentido aproximado leste-oeste. O percurso total é de cerca de 250km, passando pelos municípios de Macaíba, Riachuelo, Caiçara do Rio do Vento, Lajes e Fernando Pedrosa.



Figura 1.1: Localização da área de estudo, com destaque da zona de afloramento da Formação Açú nos estados do Ceará e Rio Grande do Norte.

A área de estudo está restrita a zona de afloramento da Formação Açú, entretanto para uma avaliação concisa estão inseridos nos limites da área partes do embasamento cristalino, ao sul da área, e um trecho da Formação Jandaira, ao norte da área.

A extremidade oeste da área está situado o município de **Upanema** com 300 km²; no centro da área, os municípios de **Assu** com 600 km², parte do município de **Itajá** com 30 km², **Ipanguaçu** com 350 km²; ao leste da área, o município de **Afonso Bezerra** com 280 km² e o município de **Angicos** com 171 km² (valores aproximados). Dentro deste perímetro a zona de afloramento da Formação Açú compreende uma área de aproximadamente 800 km². A área está inserida nas folhas topográficas da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) indicadas na figura 1.2; incluindo Macau (898), Mossoró (897), Augusto Severo (974) e Açú (975).

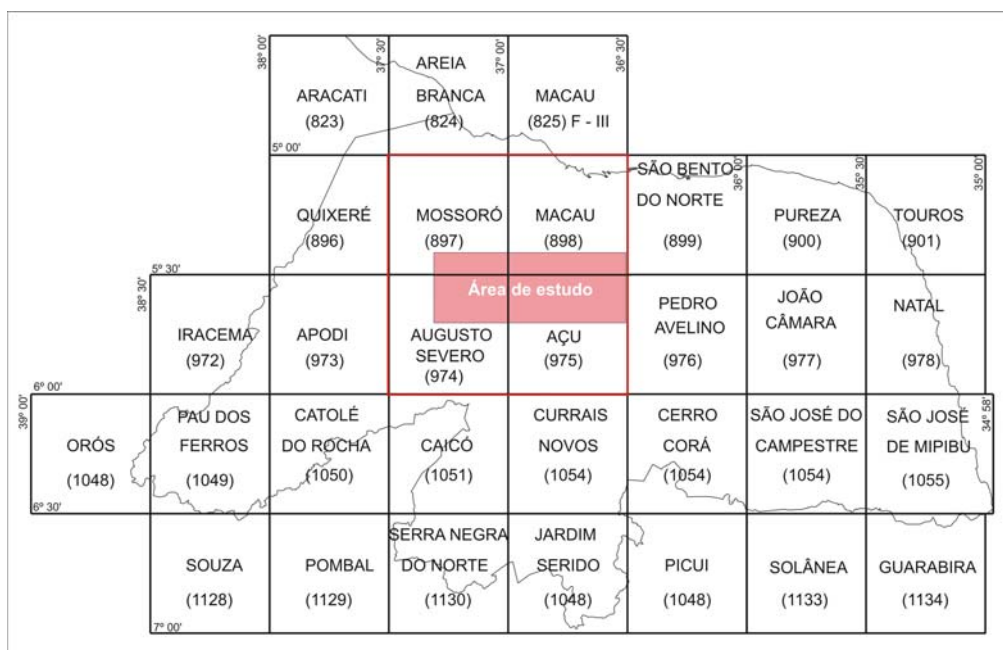


Figura 1.2 - Mapa índice de cobertura das cartas topográficas produzidas pela SUDENE na escala 1:100.000, em destaque as cartas onde a área de estudo está inserida.

1.3 População

A área de estudo compreende os municípios Assu, Ipanguaçu, Itajá, Afonso Bezerra, Upanema e Angicos com abrangência total ou parcial na faixa de afloramento da Formação Açú. Entre os municípios situados no domínio da área do projeto, Itajá e

Angicos são que apresentam taxas de concentração da população urbana mais elevada, com valores de 82% e 81%, respectivamente. Estes possuem sua zona urbana fora da área de estudo. Já os municípios de Ipanguaçu e Upanema apresentam uma melhor distribuição da população, revelando taxas de concentração da população urbana mais baixa com valores de 36% e 46%, respectivamente. No que se refere a densidade demográfica, o município de Assu é o que apresenta maior densidade demográfica com 37,74 hab/km² seguido Ipanguaçu com 31,86 hab/km². O município de Upanema é o de densidade demográfica mais baixa com 12,46 hab/km² seguido do município de Angicos com 15,67 hab/km² (Tabela.1.1) . Os municípios de Upanema e Ipanguaçu são os que apresentam uma população rural superior a população urbana, mostrando uma população caracterizada por práticas rurais como agricultura e pecuária de pequena intensidade.

Tabela 1.1 População e Densidade Demográfica dos Municípios da área de estudo.

Município	Área (km²)	População	População Urbana	População urbana (%)	População rural	População rural (%)	Densidade demográfica (km²)
Assu	1.291	47.904	34.646	72	13.259	28	37,74
Afonso							
Bezerra	558	10.867	6.500	60	4.367	40	18,86
Angicos	806	11.626	9.391	81	2.235	19	15,67
Ipanguaçu	374	11.924	4.352	36	7.562	63	31,86
Itajá	203	6.249	5.128	82	1.121	18	30,69
Upanema	853	10.991	5.043	46	5.948	54	12,46

A economia da região é embasada em atividades do setor primário como a agropecuária e agricultura, seguindo-se as atividades referentes ao setor de serviços e ao setor secundário.

1.4 O Abastecimento de água

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2000 os municípios inseridos na área de estudo possuem seu abastecimento de água realizado basicamente por água injetada na rede geral, com exceção ao município de Upanema com 43% dos domicílios com abastecimento em rede. O município de Assu é o que apresenta um maior número de ligações de água na rede com 8.762 (78%) domicílios, seguido de 1.204 (10%) domicílios realizados por poços ou nascentes e 1.398 possuem outra fonte de abastecimento (ver tabela 1.2).

Tabela 1.2: Tipo de abastecimento característico nos domicílios dos municípios da área de estudo. Fonte: IBGE 2000.

Município	Rede Geral		Poço ou nascente		Outros		Total de domicílios
	Nº de Pontos	%	Nº de Pontos	%	Nº de pontos	%	
Afonso Bezerra	2649	76	434	12	430	12	3513
Ipanguaçu	1510	55	834	30	379	15	2823
Angicos	2193	79	27	1	539	20	2859
Assu	8762	78	1204	10	1398	12	11464
Upanema	1128	44	992	37	498	19	2718

O volume de água distribuído pela Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN) no município de Assu é de 1.612.222 m³, seguido do município de Upanema com 286.407 m³ mensalmente. O município de Ipanguaçu é o que possui um menor volume de água consumida, com 114.189 m³. O município de Angicos não será levado em consideração pois tem sua zona urbana sobre domínio de rochas cristalinas, estando fora do contexto proposto neste estudo (ver tabela 1.3)

Tabela 1.3: Volume de água consumida/distribuída em rede por ano (m³). Fonte CAERN *in* IDEMA

Afonso Bezerra	240.429
Upanema	286.407
Assu	1.612.222
Ipanguaçu	114.189

Os principais reservatórios de superfície inseridos dentro dos municípios pertencentes a área de estudo são apresentados na tabela 1.4. O maior reservatório encontrado é a Barragem Eng. Armando Ribeiro Gonçalves, com 2,4 milhões m³ seguido da Lagoa do Piató, ambos localizados no município de Assu.

Tabela 1.4: Principais reservatórios de superfície localizados nos municípios de área de estudo.

Município	Reservatório	Volume (metros cúbicos)
Afonso Bezerra	Boqueirão de Angicos	19.754.000
Assu	Eng. Armando Ribeiro Gonçalves	2.4 bilhões
Assu	Do Limoeiro	900.000
Assu	Mendubim	76.349.000
Assu	Volta dos Tanques	100.000
Ipanguaçu	Lagoa da Ponta Grande	sem informação
Assu	Lagoa do Piató	96.000.000
Ipanguaçu	Açude Pataxós	24.500.000
Angicos	Do Bonfim	1.200.000
Angicos	Lajinha	1.020.000
Angicos	Novo Angicos	5.300.000
Angicos	Das Carnaúbas	2.500.000

02- Metodologia

2. METODOLOGIA

2.1-Levantamento bibliográfico e coleta de dados.

Foram levantadas informações de relevância da área de estudo, que incluiu aspectos referentes a geologia regional, dados de postos de medições pluviométricas, cadastro de pontos d'água, perfis construtivos e litológicos de poços, aquisição de imagens de satélites e dados de parâmetros hidrodinâmicos de poços.

2.2- Homogeneização do cadastro de poços

A homogeneização dos cadastros de poços existentes na área, teve como base informações fornecidas pelos cadastros do Serviço Geológico do Brasil (CPRM), Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS), Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN) e Secretaria de Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte (SERHID). A homogeneização das informações dos poços foi realizada da seguinte forma:

- a) Seleção de poços que poderiam possuir mais de um registro
- b) Visitas *in loco* para verificação das informações.
- c) Atualização do cadastro através da adição de informações obtidas no campo.

Foi efetuado o cadastro de poços da área de estudo, o qual abrange total ou parcialmente os municípios de Afonso Bezerra, Angicos, Ipanguaçu, Assu e Upanema. O referido cadastro foi concentrado principalmente na zona de afloramento da Formação Açu, porém por questões de interpretação hidrogeológica, esta atividade avançou os limites da Formação Açu, com o levantamento de alguns poços penetrando a Formação Jandaira e as rochas do embasamento cristalino.

Inicialmente foram selecionados 686 poços inseridos dentro e/ou próximos a zona de afloramento do Arenito Açu, destes, 102 estavam no município de Afonso Bezerra, 10 em Angicos, 81 em Ipanguaçu, 382 em Açu e 111 no município de Upanema, totalizando 686 poços (tabela 2.1).

Tabela 2.1- Poços selecionados para a área de estudo

Município	n° de poços
Afonso Bezerra	102
Ipanguaçu	81
Angicos	10
Assu	382
Upanema	111
Total	686

Após a seleção dos poços cadastrados, foi feita uma sobreposição de informações dos cadastramentos de poços, sendo selecionados os poços que possivelmente continham mais de um registro. Foram selecionados um total de 88 poços que deveriam ser verificados em campo. O município de Assu continha 68 poços, 11 poços em Upanema, 4 em Afonso Bezerra e 5 poços no município de Ipanguaçu (tabela 2.2).

Tabela 2.2-Número de poços por município que podem estar com mais de um registro

Município	N° de poços
Afonso Bezerra	4
Angicos	0
Ipanguaçu	5
Assu	68
Upanema	11
Total	88

Durante a verificação dos poços que estavam possivelmente repetidos nos cadastros foi elaborado um refinamento dos poços, ou seja, selecionou-se apenas os poços que estavam inseridos na zona de afloramento do arenito Açu, com algumas exceções nas áreas onde se irá monitorar a evolução da qualidade da água subterrânea nas áreas próximas ao arenito.

2.3- Seleção de uma rede de monitoramento

Foi definido uma rede de poços para serem monitorados posteriormente o nível estático e a condutividade elétrica das águas.

Utilizou-se como critério na definição dos poços de monitoramento: Distribuição geográfica.

- Existência de perfil litológico
- Profundidade do poço.
- Possibilidade do proprietário do poço permitir que sejam efetuadas medidas de nível estático e coleta de amostra de água.
- Unidade aquífera explotada.

2.4-Processamento Digital de Imagens de Satélite e Tratamento de Dados de RADAR

Foram utilizados as bandas 1,2,3,4,5,7 e a banda Pancromática do Landsat-7, ano de 2001, imagens do ano de 2005 do satélite CBERS e também a informações de RADAR do projeto *Shuttle Radar Topography Mission* SRTM do ano de 2003, para a realização de análises do relevo da área. Para o processamento das imagens foi utilizado o *software ENVI 3.5*, sendo realizadas diversas composições *Red, Gree, Blue (RGB)*, perfis do relevo, e realces nas imagens. Através do processamento foi possível elaborar o zoneamento do uso e ocupação do solo, geomorfológico e estrutura geológica da área de estudo.

2.5- Elaboração de perfis geológicos

Os perfis estratigráficos foram realizados tendo como base a descrição dos perfis construtivos e litológicos de poço, em seguida foram elaboradas seções geológicas que foram niveladas a partir de dados de RADAR.

2.6- Caracterização da estrutura geológica do terreno

A estrutura geológica teve como base a interpretação das imagens landsat-7, tratamento de dados de RADAR, compilação de estudos de geologia estrutural referentes a área e a interpretação das seções estratigráficas. Com base nestas informações foi possível integrar as informações e gerar um mapa da estruturação geológica da área.

2.7- Uso e ocupação do solo e cadastramento das fontes potenciais de contaminação

Para a elaboração do mesmo teve se como base inicialmente informações do tratamento de dados de RADAR e interpretação das imagens de satélite. A partir destas informações foram feitas a verificação e georeferenciamento das unidades de uso e ocupação do solo e cadastramento das fontes potenciais de contaminação.

2.8- Mapa de Vulnerabilidade Natural do aquífero Açú

Para o desenvolvimento da elaboração do mapa de vulnerabilidade utilizou-se a metodologia “GOD”, que se baseia nas informações de nível estático, tipo de aquífero e litologia. Essa metodologia será sumarizada no capítulo referente ao mesmo.

2.9- Definição dos Parâmetros Hidrodinâmicos do Aquífero Açú

Nesta definição utilizou-se testes de rebaixamento e testes de recuperação referentes aos poços inseridos na área de estudo. Para isso utilizou-se o método de rebaixamento de Theis & Jacob e método de recuperação de Theis, sendo estas informações trabalhadas no *software Aquifer Test 3.5*.

03- Condicionantes Fisiográficos e Climáticos

3. CONDICIONANTES FISIográficos E CLIMÁTICOS

3.1 Precipitações pluviométricas

As informações sobre precipitação pluviométrica da área de estudo são apresentadas com base em dados fornecidos pela Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN), conforme tabela 3.1, que inclui informações de postos pluviométricos dentro da área e nas imediações. O posto pluviométrico de Upanema apresenta uma precipitação anual média de 666 mm em uma série histórica de 1931-2004; Ipanguaçu com 595 mm, série histórica 1992-2004; Assu com 585 mm anuais em uma série histórica de 1910-2004; Afonso Bezerra com 536 mm, série histórica 1934-2004. O município de Itajá não possui dados de chuva, e na ausência destas informações foram coletados dados de municípios próximos como o de Angicos e São Rafael. Os dados do posto pluviométrico de Angicos indicam uma precipitação média anual de 530 mm em uma série histórica de 1911-2004 e São Rafael com 659 mm em uma série histórica de 1923-2004. Observando os dados da tabela 3.1 verifica-se que há uma tendência a aumento das precipitações pluviométricas de leste para oeste. Este comportamento também foi observado no trecho entre Upanema e Apodi (MELO & STEIN, 2003).

Tabela 3.1: Média pluviométrica anual na região de estudo

Município	Média (mm)	Série histórica	Dados incompletos
Upanema	666	1931-2004	1978-1992;1994;1997-1999; 2001; 2002; 2004.
Ipanguaçu	595	1992-2004	1992
Assu	585	1910-2004	1910;1961;1962;1976;1986-1990.
Afonso Bezerra	536	1934-2004	1990-1995.
Angicos	530	1911-2004	1988-1994;1996;2001;2002.

Na Figura 3.1 pode-se observar o comportamento da precipitação pluviométrica ao longo do tempo nas diversas áreas ou municípios, no qual visualiza-se uma certa homogeneidade na distribuição das chuvas.

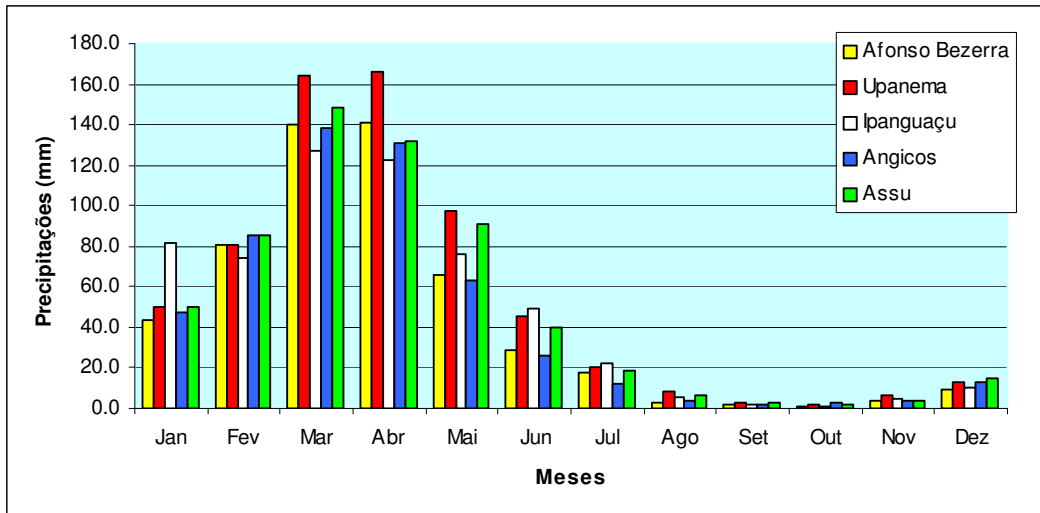


Figura 3.1: Precipitação pluviométrica (mm) dos municípios da área de estudo e adjacências (obtido a partir de dados da EMPARN).

Todos os municípios possuem uma estação chuvosa concentrada entre os meses de janeiro a junho, com uma maior ocorrência das chuvas nos meses de março e abril, com quase metade das chuvas que precipitam todo o ano. O mês de julho marca o início do período seco que vai até o mês de dezembro, neste período as chuvas excedem pouco mais do que 10% do total das precipitações anuais.

A EMPARN dispõe apenas de um posto de coleta de dados de temperatura, o qual localiza-se no município de Ipanguaçu, no centro da área de estudo. A temperatura média mínima é de 20,7°C, a temperatura média máxima é de 34,9°C e a temperatura média geral é de 27,7°C. A figura 3.2 apresenta o comportamento da temperatura ao longo do tempo. As maiores temperaturas são observadas no mês de dezembro com 36,5°C, e a menor no mês de agosto com 18,9°C.

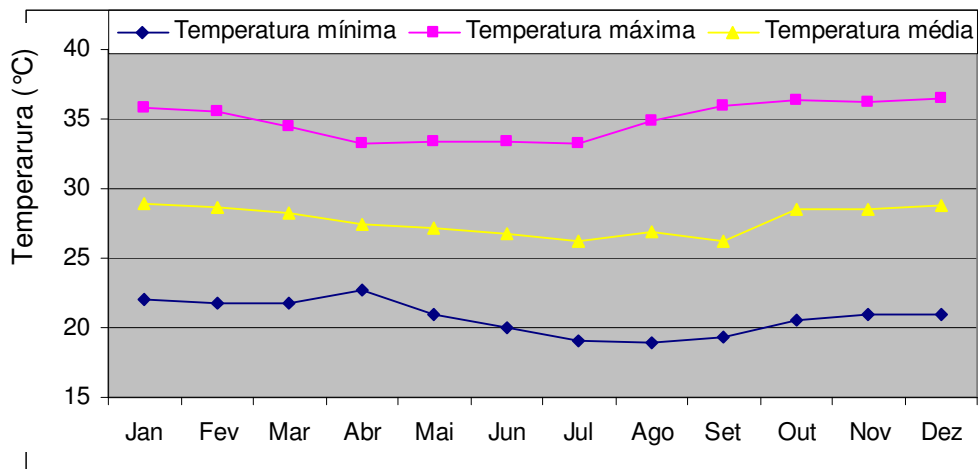


Figura 3.2: Temperatura mínima, média e máxima (°C) do município de Ipanguaçu

3.2. Balanço Hídrico

Para o estabelecimento do balanço hídrico será aplicado o método de Turc no cálculo da Evapotranspiração potencial (ETp) e o método de Thornthwaite para avaliação da evapotranspiração real (ETr). Será necessário o conhecimento das precipitações e das temperaturas correspondentes.

Dispõe-se de dados de temperatura de Ipanguaçu, entretanto a série histórica de dados de precipitação é muito curta (1992-2004). Assim sendo o balanço foi estabelecido usando os dados pluviométricos de Assu. Convém ressaltar, entretanto que as cidades de Assu e Ipanguaçu são muito próximas e situadas num mesmo ambiente fisiográfico e como dados de precipitações pluviométricas muito próximos, o que justifica o procedimento adotado.

Cálculo da Evapotranspiração potencial

Numa região onde a umidade relativa do ar é inferior a 50%, como é o caso, e o suprimento de água do solo é suficiente (hipóteses de definição), a ETp mensal pode ser avaliada pela equação de Turc conforme segue:

$$ETp = 0,40(Ig + 50) \frac{t}{t + 15}$$

Para o mês de fevereiro substituir 0,40 por 0,37.

I_g = Índice Global de Radiação ($\text{Cal}/\text{cm}^2/\text{dia}$);

t = Temperatura média mensal no período estudado ($^{\circ}\text{C}$).

A tabela 3.2 apresenta os valores de evapotranspiração potencial mensal obtidos para a região Assu-Ipangaçu. Com base nos valores de ETp mensais, foi obtida a EPP anual de 1499,4 mm.

Tabela 3.2 – Valores obtidos para evapotranspiração potencial (ETp), Região Açu-Ipangaçu (Método de Turc).

Mês	T °C	Ig(Cal/cm2/dia)	Etp(mm)
Jan	28,9	430	126,4
Fev	28,7	400	109,3
Mar	28,2	425	124,0
Abr	27,4	340	100,8
Mai	27,2	380	110,9
Jun	26,7	450	128,1
Jul	26,2	430	122,1
Ago	26,9	450	128,4
Set	26,2	480	134,8
Out	28,5	510	146,8
Nov	28,5	460	133,7
Dez	28,8	460	134,1

Estabelecimento do Balanço Hidroclimatológico

O balanço hídrico foi estabelecido pelo método de Thornthwaite para o período 1910-1990. A tabela 3.3 apresenta os parâmetros hidroclimatológicos considerados no balanço e os respectivos valores obtidos com base nos dados de P e ETp mensais. Verificou-se a ocorrência de “déficit” hídrico na maioria dos meses (9 meses) com um total anual de 593,6 mm, e, não houve excedente hídrico. A figura 3.3 é uma representação gráfica do balanço na região em apreço, na qual se pode observar que existe entrada de água no solo nos meses de março e abril, seguido da retirada de água nos dois ou três meses subsequente, e, a partir daí o déficit hídrico é estabelecido. Como não houve excedente hídrico, o montante potencial de água infiltrada não chegou a ser avaliado, sugerindo, entretanto que o mesmo é muito baixo.

Tabela 3.3 – Balanço hídrico da Região Assu-Ipangaçu (1910-1990)

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total anual
Precipitação	50,1	85,1	148,2	131,5	90,7	39,6	18,4	6,5	2,7	1,9	3,9	15,1	593,5
ETp	126,4	109,3	124,0	100,8	110,9	128,1	122,1	128,4	134,8	146,8	133,7	134,1	1499,4
P-ETp	-76,3	-24,2	24,2	30,7	-20,3	-88,5	-103,7	-121,9	-132,1	144,9	129,8	-119,0	
Variação de água no solo	0	0	24,1	30,68	-20,3	-34,6	0	0	0	0	0	0	
Reserva de água útil	0,0	0,0	24,1	54,9	34,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
ETr	50,1	85,1	124	100,8	110,9	74,2	18,4	6,5	2,7	1,9	3,9	15,1	593,6
Déficit (D)	76,3	24,2	0	0	0,0	53,9	103,7	121,9	132,1	144,9	129,8	119,0	905,8
Excedente (S)	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00
Escoamento (R)	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	

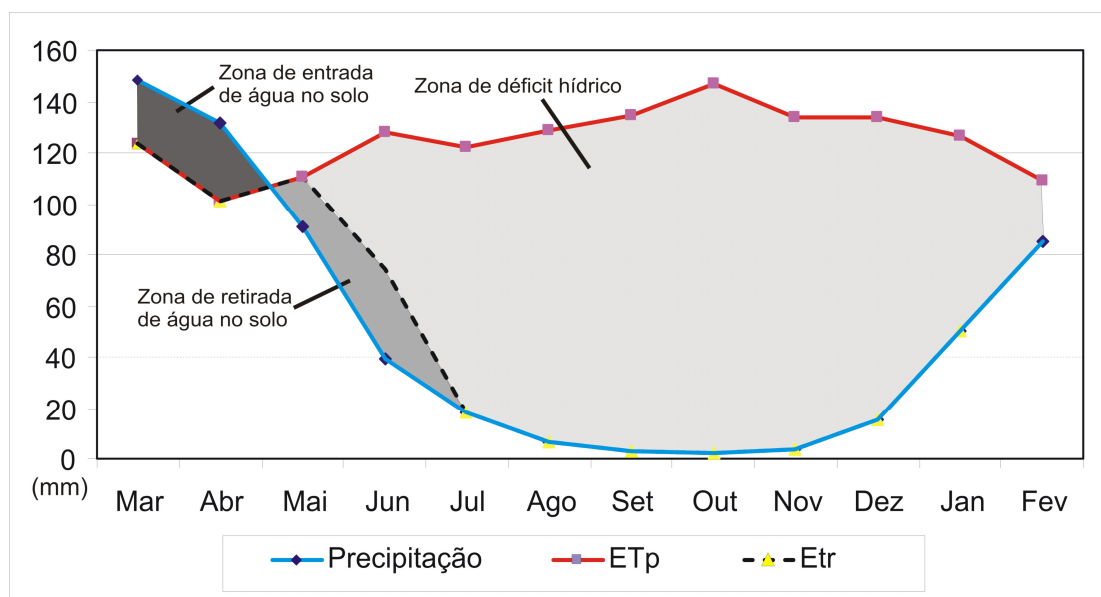


Figura 3.3 – Representação gráfica do balanço hídrico estabelecido para a região de Assu-Ipangaçu (Período 1910-1990).

Classificação climática

Visando estabelecer uma classificação climática para a região em apreço, foram utilizados os resultados obtidos no balanço hídrico, fundamentados no sistema de classificação de Thornthwaite. Desta forma, obtiveram-se os seguintes resultados:

-Índice de umidade (Ih):

$$Ih = 100 \frac{S}{ETp}, \text{ onde } S \text{ é o excedente e } ETp \text{ é a evapotranspiração}$$

potencial;

-Índice de aridez (Ia):

$$Ia = 100 \frac{D}{ETp}, \text{ onde } D \text{ é o déficit;}$$

-Índice global (Ih):

$$I = \left(\frac{S - 0,6D}{ETp} \right) * 100$$

Para a região Assu-Ipanguaçu os índices de umidade (Ih), de aridez (Ia) e de índice global (I) são de 0,0; 60% e -36%, respectivamente. Comparando os valores do índice global obtido com as informações da tabela 3.4, classifica-se o clima como semi-árido.

Tabela 3.4 – Classificação climática segundo o índice global (I)

Tipo Climático	i
Muito úmido	i > 100
Sub-úmido úmido	20 a 100
Sub-úmido seco	0 a 20
Semi-árido	-20 a 0
Árido	-60 a -40
Hiper-Árido	I < -60

O clima também pode ser classificado segundo o valor da ETp anual, que define a eficiência térmica do clima de conformidade coma a tabela 3.5. O valor obtido para a ETp foi de 1499,4 mm, portanto, segundo esta classificação, o clima é megatérmico.

Tabela 3.5 Classificação climática quanto eficiência térmica (mm)

Tipo Climático	ETp
Megatérmico	>1140
Mesotérmico	1140 a 570
Microtérmico	570 a 142
Gelo	<142

3.3- Solos

Os solos na área de estudo possuem variações na sua cor(vermelho a esbranquiçado) e na sua granulação (Figura 3.4). Em algumas áreas existe a presença de solos mais arenosos, em outros arenosos com argila, esta variação se dá em decorrência do nível do arenito Açú aflorante. Os solos predominantes na área e suas características principais segundo informações do Instituto de Desenvolvimento Econômico e Meio Ambiente - IDEMA (2005):

Latossolo Vermelho Amarelo Eutrófico - fertilidade média a alta, textura média, fortemente drenado, relevo plano.

Rendzina - fertilidade alta, textura argilosa, moderada a imperfeitamente drenado, relevo plano.

Cambissolo Eutrófico - fertilidade alta, textura argilosa, bem a moderadamente drenado, relevo plano.

Solos Litólicos Eutróficos - fertilidade natural alta, textura média, fase pedregosa e rochosa, relevo suave ondulado e forte ondulado, rasos,muito erodidos, bem a acentuadamente drenados.

Bruno não Cálcico - fertilidade natural média a alta, textura arenosa / argilosa e média / argilosa, fase pedregosa, relevo suave ondulado, bem drenado, relativamente raso e muito susceptível a erosão.



Figura 3.4: Área de solo arenoso apresentando uma coloração avermelhada marcante. Este tipo de solo ocorre no setor oeste da área, nos limites entre os municípios de Afonso Bezerra e Angicos.

3.4- Vegetação

A vegetação nativa é do tipo Caatinga Hiperxerófila, de porte baixo e espaçadas, e também caatinga hipoxerófila apresentando cactáceas, arvores com espinhos ou Caatinga - Sertão Nordestino (IBGE, Rio de Janeiro 1992; IDEMA, 2005). Também são representantes da área alguns campos anteriormente utilizados como cultivo do algodão, e áreas de carnaubais, principalmente no município de Ipanguaçu e Assu. Boa parte da área de estudo possui uma vegetação antropizada decorrente principalmente da ocupação agrícola, realizada no passado pelos plantios de carnaúba e algodão, e atualmente pelos assentamentos realizados pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária- INCRA, com intuito de realizar a Reforma Agrária. Na margens dos rios as práticas agrícolas são intensivas, principalmente no rio Piranhas-Açu com plantios de bananeiras e na área do rio Apodi com plantios de subsistência milho, manga e feijão.

3.5- Hidrografia

A área de estudo está inserida em maior parte nas bacias hidrográficas do Rio do Carmo, pertencentes a Bacia do rio Apodi/Mossoró (Figura 3.5), na sua parte oeste e Rio Açu (Bacia Piranhas-Açu) na porção central e centro-oeste, com pequena participação da sub-bacia do rio Potengi-Mulungu (Bacia Piranhas-Açu), à nordeste. A área é cortada pelos cursos dos Rios principais no sentido de sul para norte segundo um trajeto de 25 a 30 km no domínio da Formação Açu.

No domínio da bacia do Rio do Carmo, a sub-bacia de maior expressão, dentro da área de estudo, é a do riacho das Carnaúbas. Com relação a bacia do Rio Assu, as principais sub-bacias identificadas na área são as bacias do Rio Pataxós e as sub-bacias que alimentam as lagoas do Piató e da Ponta Grande. No caso do Rio Mulungu, o riacho Salgadinho é a unidade hidrográfica de maior influência.

A Lagoa do Piató está situada ao norte no município de Açu, distanciada de cerca de 6 km desta cidade e a Lagoa da Ponta Grande está situada no município de Ipanguaçu, distanciada de 6 km a oeste de sua sede municipal, ambas na parte central da área. Ao sul da área de estudo, já no domínio das rochas cristalinas está situada Barragem Armando Ribeiro Gonçalves com capacidade de acumulação de água de 2,4 bilhões de m³ com uma provável influência no contexto hidrogeológico. Em situação similar, porém com dimensões bem mais reduzida está o açude Mendubim com capacidade de 76.349.000 m³ no município do Assu

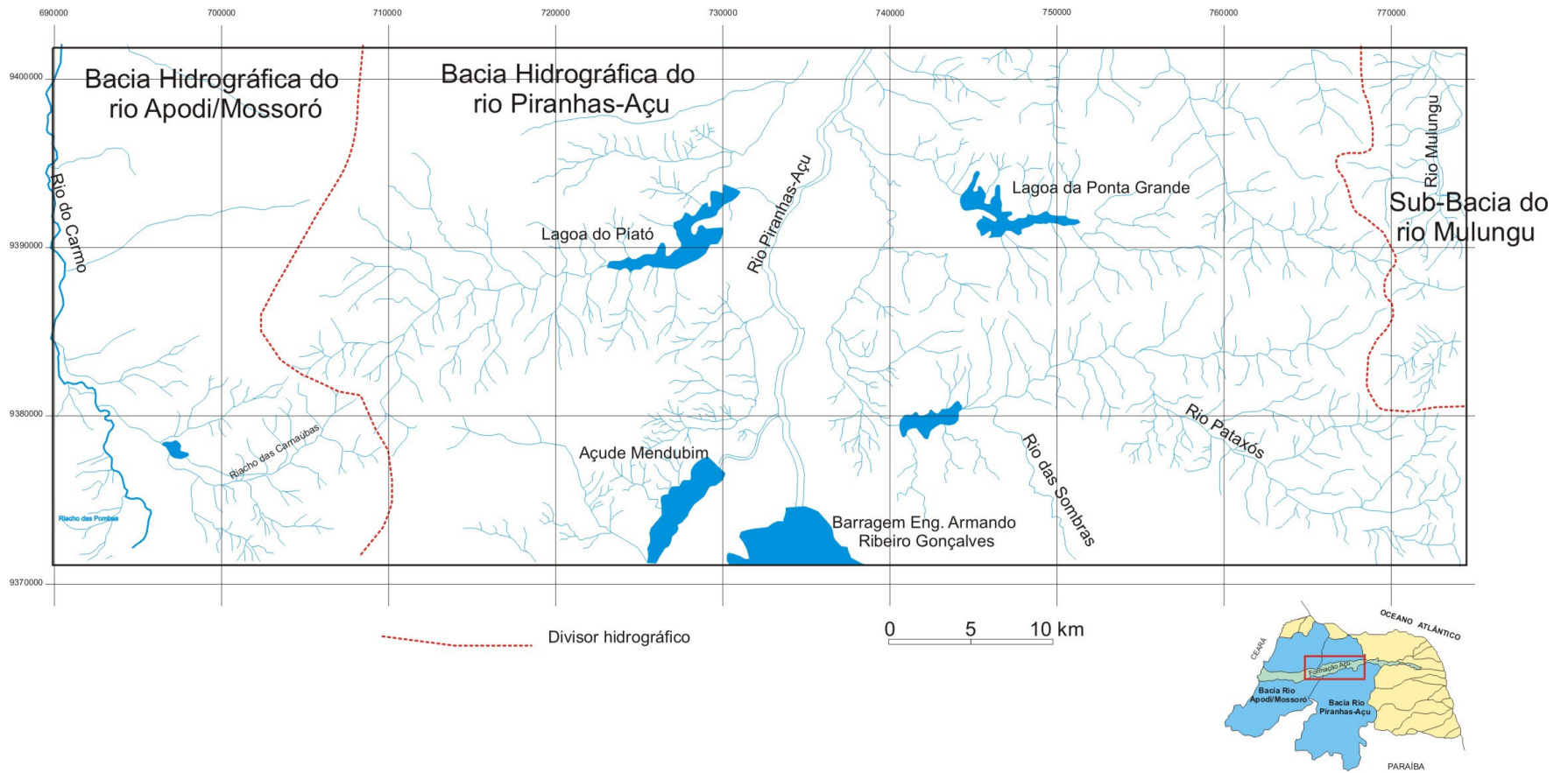


Figura 3.5: Rede Hidrográfica, com delimitação dos divisores hidrográficos.

3.6- Geomorfologia

O relevo da área apresenta duas feições morfológicas distintas: a primeira, ao sul, onde ocorrem as rochas cristalinas, com cotas variando entre 90 à 230 metros, e declividade predominante de no máximo 5%, e a segunda nas áreas de ocorrência dos sedimentos das Formações Jandaíra e Açú incluindo as Coberturas Cenozóicas, onde o relevo apresenta-se plano à suavemente ondulado, com cotas variando de 10 a 150 metros e declividade predominando valores de 2,5%.

O contato superior da Formação Açú é bem evidenciado por uma escarpa de cuesta, ao longo da qual os sedimentos desta formação se sotopõem aos carbonatos da Formação Jandaíra. O contato do aquífero Açú corresponde a uma proeminente superfície erosional que, nas áreas marginais da bacia, coloca seus sedimentos sobre rochas cristalinas do embasamento. O contato superior sugere ser concordante e transicional, com os sedimentos da Formação Jandaíra. O limite entre os membros superior e inferior da Formação Açú, em virtude de sua passagem gradacional é menos nítido, deixando localmente, algumas dúvidas quanto à sua posição exata.

Através da interpretação dos dados de Radar pode-se analisar em detalhe o relevo da área de estudo (Figura 3.6). Na faixa central da área de estudo predominam altitudes não superiores a 60 m, esta cota alonga-se tanto de sul para norte como de leste para oeste denotando-se se tratar de uma área com influência tectônica, responsável para o rebaixamento da porção central da área de estudo. A faixa oeste do rio Açú, possui algumas diferenças em relação a faixa leste, pois o contato entre a Formação Açú ea Formação Jandaíra é bem definido, pois se trata de uma diferença de cota, realizada as vezes por escarpas.

Os depósitos de paleocascalheira também exerce em algumas áreas elevações representativas na região de estudo.

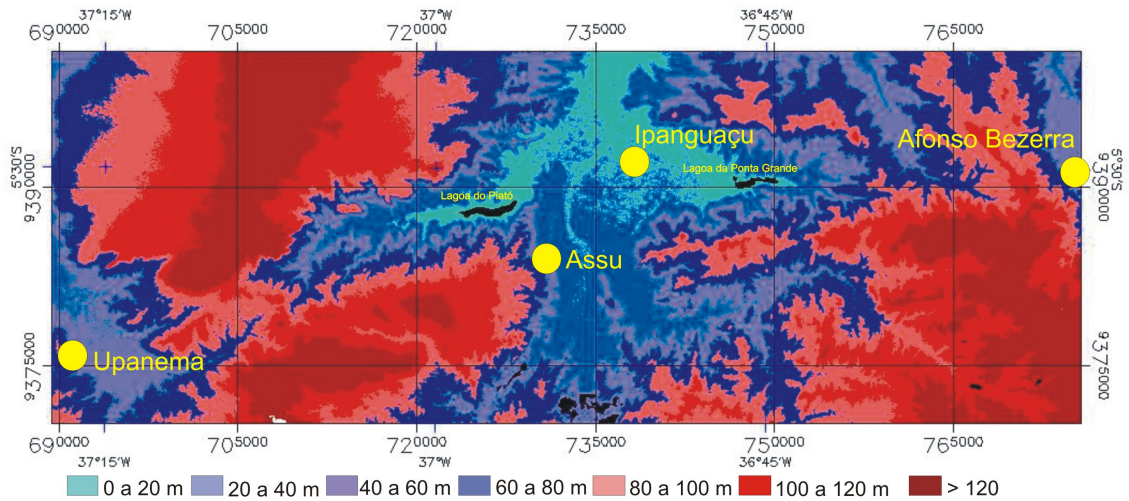


Figura 3.6: Perfis do relevo utilizando informações de SRTM(2003).

Foram realizados perfis do relevo para descrever sucintamente a geomorfologia da área de estudo. Foram executadas duas seções; norte-sul, e leste-oeste em ambos os setores leste e oeste do rio Açu. Na figura 3.7 são apresentados as direções dos perfis do relevo.

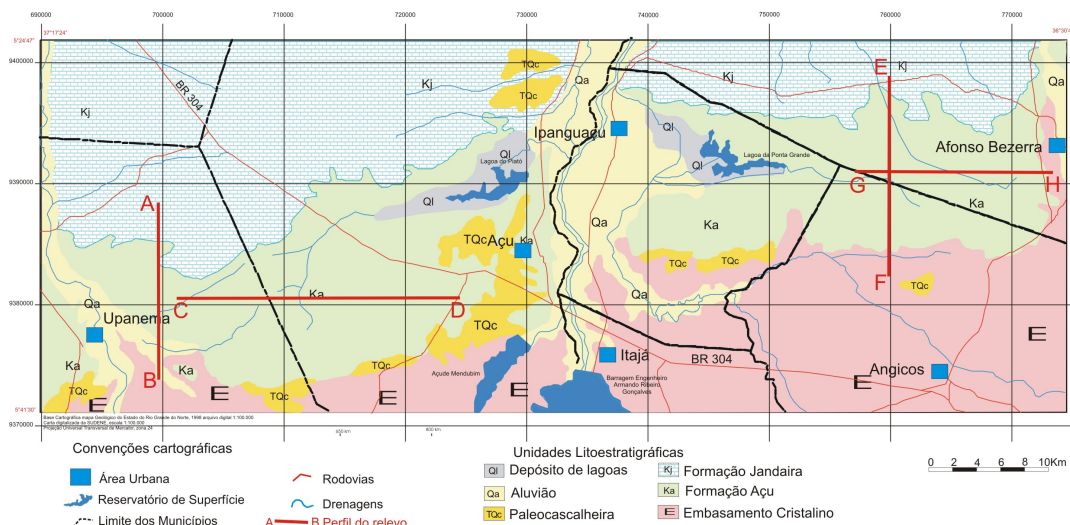


Figura 3.7 : Localização e direção dos perfis do relevo na área de estudo.

O perfil A-B (Figura 3.8) mostra que existe uma depressão próxima ao contato entre a Formação Jandaíra e a Formação Açu, seguido de uma elevação já em domínio dos arenitos, e na parte central do mesmo um rebaixamento até o seu nível mínimo onde

se tem uma profunda drenagem. No contato com o cristalino existe um rebaixamento na configuração do relevo. O perfil C-D(Figura 3.9) mostra a morfologia da parte central na faixa oeste do rio Açu, onde se possui uma maior sinuosidade do relevo em decorrência dos processos erosivos.

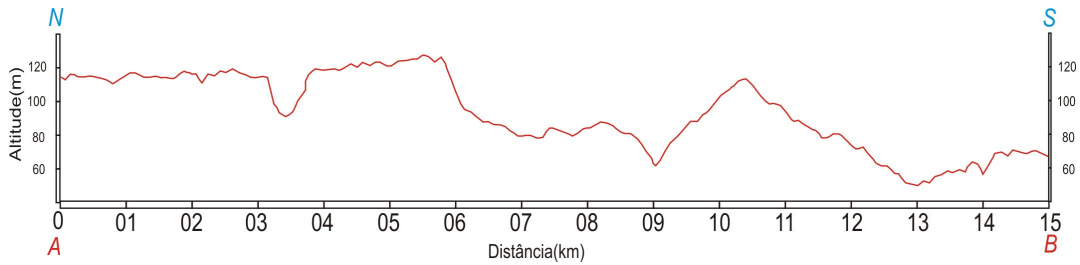


Figura 3.8: Perfil do relevo A-B.

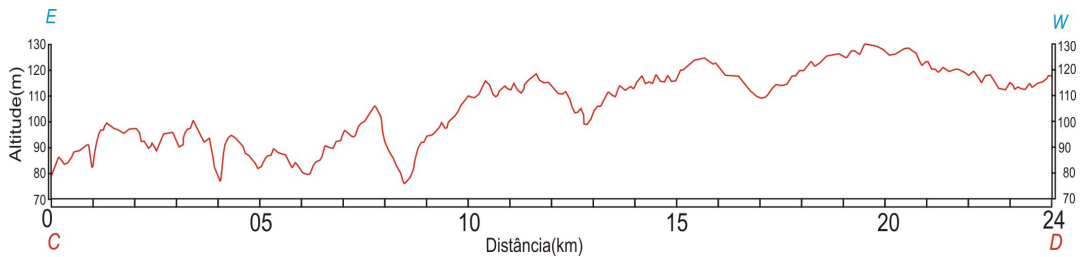


Figura 3.9: Perfil do relevo C-D.

No setor leste do rio Açu, no perfil E-F (Figura 3.10), observa-se que a Formação Açu eleva-se no sentido de norte para sul passando da cota 60 m para a cota de aproximadamente 120 m. No contato com o embasamento cristalino o relevo sofre um rebaixamento para posteriormente na extremidade sul elevar-se. O perfil G-H (3.11) mostra o corte E-W no arenito Açu, mostrando um relevo sinuoso na faixa oeste e elevado na faixa leste, sofrendo um rebaixamento na topografia no contato com o embasamento cristalino.

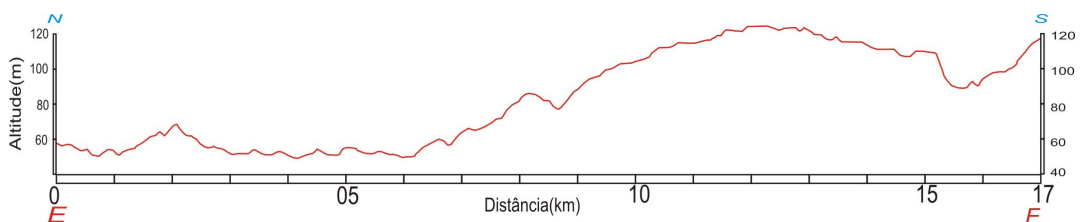


Figura 3.10: Perfil do relevo E-F.

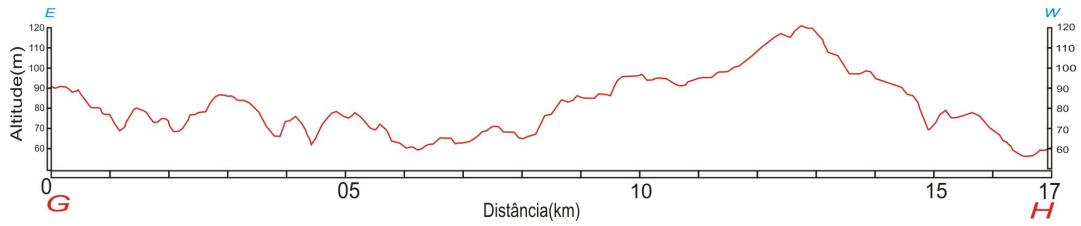


Figura 3.11: Perfil do relevo G-H.

Na figura 3.12 é apresentado uma vista panorâmica da feição de relevo “escarpa” característica formada no contato entre a Formação Jandaíra e a Formação Açú, a NE da cidade de Upanema, próximo ao perfil de relevo A-B.



Figura 3.12: Vista panorâmica da escarpa formada pelo contato da Formação Jandaíra (parte elevada) e Formação Açú, área localizada a NE da cidade de Upanema.

04- Contexto Geológico

4. CONTEXTO GEOLÓGICO

4.1 Geologia regional

No contexto geológico regional da área de estudo, ocorrem as rochas do embasamento cristalino e as rochas sedimentares da Bacia Potiguar, as quais são descritas a seguir em ordem crono-estratigráfica.

4.1.1 Embasamento Cristalino

O embasamento cristalino constitui o substrato rochoso de todo o pacote sedimentar, no caso a Bacia Potiguar. Compreende a Faixa Seridó, que está incluída entre um dos diversos cinturões orogênicos que compõem a Província Borborema (ALMEIDA *et al.*, 1977). Tal Faixa possui limite ao norte com a Bacia Potiguar, a leste com a Bacia Pernambuco-Paraíba, a sul pela Zona de Cisalhamento de Patos e a oeste com a Zona de Cisalhamento Portalegre (Fig. 4.1).

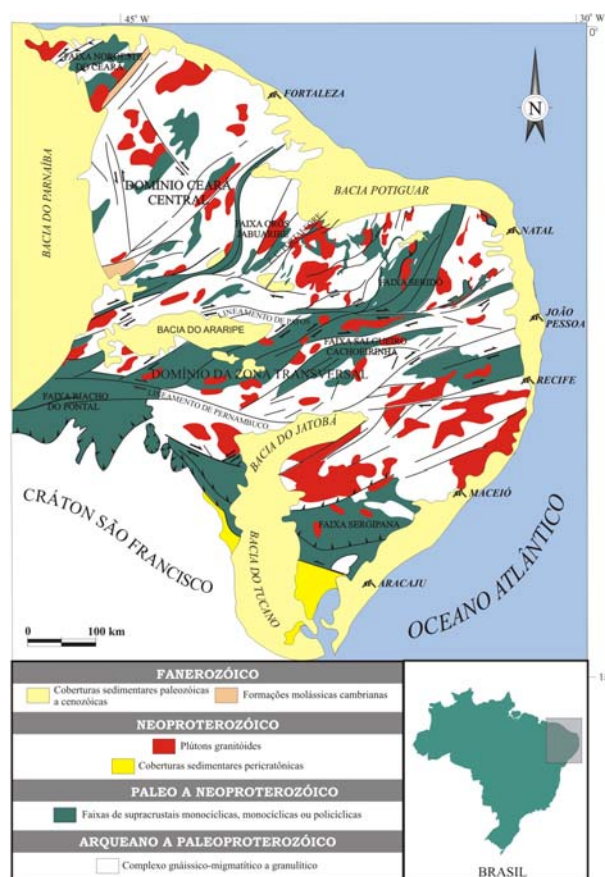


Figura 4.1: Mapa geológico simplificado da Província Borborema, nordeste do Brasil.

4.1.2 Bacia Potiguar

A respeito da extensão total da Bacia Potiguar existem várias controvérsias, para Souza (1982) ela abrange uma área de cerca de 41.000 km², desses 21.500 km² na parte emersa e 19.500 km² na porção submersa; Bertani *et al.*, (1990) estima uma área total de 48.000 km² com aproximadamente 21.000 km² emersos e 27.000 km² na plataforma e talude continental; por fim, Araripe & Feijó (1994) inferem uma área total de cerca de 60.000 km², sendo 40% localizados na porção emersa. A referida Bacia localiza-se na porção extremo nordeste do Brasil, mais precisamente na margem costeira norte do Estado do Rio Grande do Norte e nordeste do Ceará. Possui como limite oeste o Alto de Fortaleza; sudoeste e sul o embasamento cristalino da Faixa Seridó; e norte e nordeste a cota batimétrica de 200 m .

Arcabouço Estrutural

A Bacia Potiguar (figura 4.2), segundo Bertani *et al.* (1990), tem em seu arcabouço estrutural 3 unidades básicas, as quais são descritas a seguir e comportam seqüências sedimentares distintas (Neocomianas a Terciárias):

- **Grábens:** São preenchidos por seqüências sedimentares do cretáceo inferior. Na porção terrestre são representados pelos grábens do Apodi, Umbuzeiro, Guamaré e Boa Vista, exibem feições lineares (direção NE-SW) e forma assimétrica. Na porção submersa mostram-se orientados sub-paralelamente à linha de costa atual;
- **Altos internos:** Os principais são os de Quixaba, Serra do Carmo e Macau, correspondem a cristas alongadas do embasamento e são compostos por blocos de gnaisses, migmatitos ou xistos soerguidos por falhas normais. Não são observadas seqüências sedimentares provavelmente devido a erosão;
- **Plataformas do embasamento:** Os grábens centrais estão delimitados a leste e oeste por plataformas rasas do embasamento, denominadas de Touros e Aracati. Elas geralmente são recobertas por sedimentos do Aptiano e Cretáceo Superior, na porção emersa, e seqüências Terciárias na porção marítima.

A formação Açú, no meio físico da área do presente estudo, ocorre ao sul, sobreposta as rochas cristalinas, ocupando em superfície, uma área de 710 km² correspondente a 23,33% da área total da base física do projeto. Rumo noroeste, passa a ser encoberta pelos calcários da formação Jandaíra-K2j, onde a espessura da formação Açú apresenta maiores valores chegando a atingir valor de 450 metros, conforme mostra

o mapa de isópacas contido no estudo de Schaller & Sampaio (*In*: Boletim Técnico PETROBRÁS, 11 (1), (1968) representado nas figuras 4.3 e 4.5 .

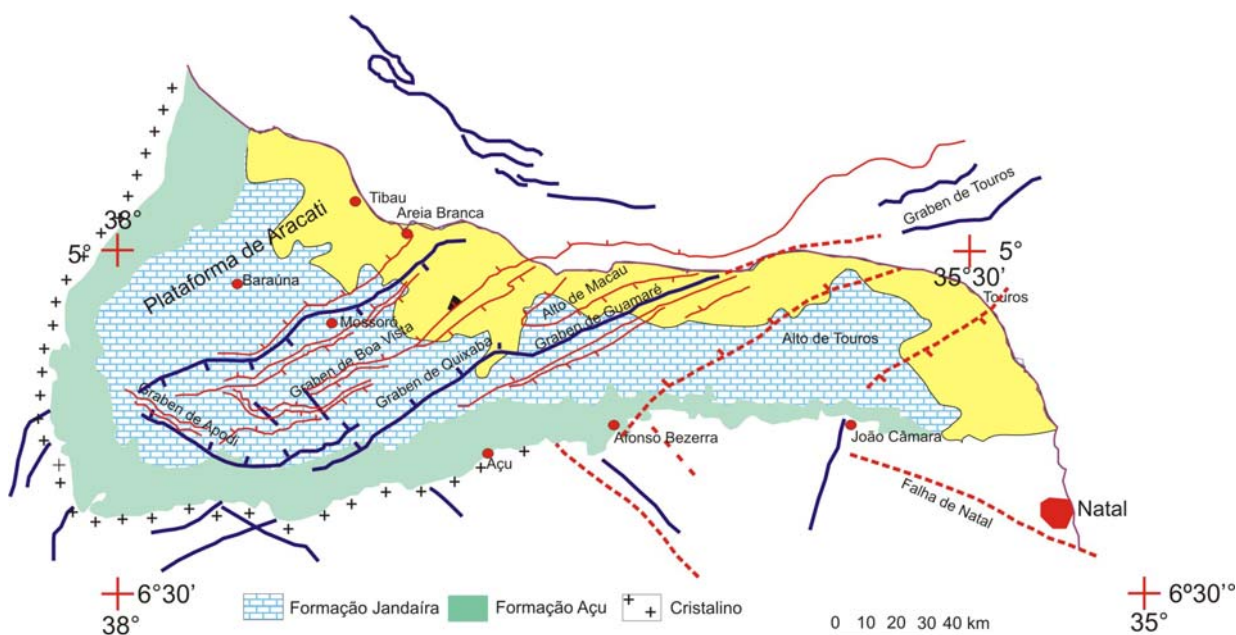


Figura 4.2: Arcabouço tectônico esquemático do embasamento. Fonte com modificações Vasconcelos et al,(1990).

Seqüências Tectono-Sedimentares

Bertani *et al.* (1990), relaciona a sedimentação da bacia a três estágios tectônicos distintos:

- **Estágio Rife:** marcado pelo desenvolvimento de falhas normais e de transferência que deram origem a grábens assimétricos. A subsidência e sedimentação foram controladas por extensão e afinamento crustal. Constitui uma seqüência da Formação Pendência, onde sua sedimentação é flúvio-lacustre, com progradações de arenitos deltáicos, e fan deltas depositados ao longo das escarpas. A sedimentação lacustrina é composta por folhelhos ricos em matéria orgânica e turbiditos intercalados. O fim desse estágio é marcado por um soerguimento generalizado, com basculamento de blocos gerando uma discordância erosiva angular;
- **Estágio Transicional:** o resfriamento crustal resulta em uma subsidência, onde a sedimentação se dá em ambiente tectônico calmo. Neste estágio foi depositada a Formação Alagamar (aptiano), composta por folhelhos e carbonatos lagunares, com influência marinha, intercalados com arenitos deltáicos;

- **Estágio Drifte:** relacionado a um ambiente tectônico de deriva continental, sob influência de mar aberto, onde a subsidência é controlada por mecanismos termais e isostáticos gerando falhamentos normais ao longo dos lineamentos mais antigos. Duas seqüências sedimentares foram depositadas: a primeira é uma unidade transgressiva, representada pelas formações Açú, Ponta do mel, Jandaíra e Ubarana (membro Quebradas); e a segunda constituída por uma unidade marinha regressiva, englobando as formações Tibau, Guamaré e Ubarana.

Estratigrafia

Araripe & Feijó (1994), dividem as seqüências sedimentares da referida bacia em três grupos: Areia Branca, Apodi e Agulha, representando a sedimentação do Neocomiano até o recente. Foram individualizadas também 3 grupos de rochas vulcânicas presentes na Bacia Potiguar: a Formação Rio Ceará-Mirim, Serra do Cuó, e Macau, além das cobertura terció-quadernárias: Grupo Barreira. A figura 4.3 ilustra a litoestratigrafia da Bacia Potiguar.

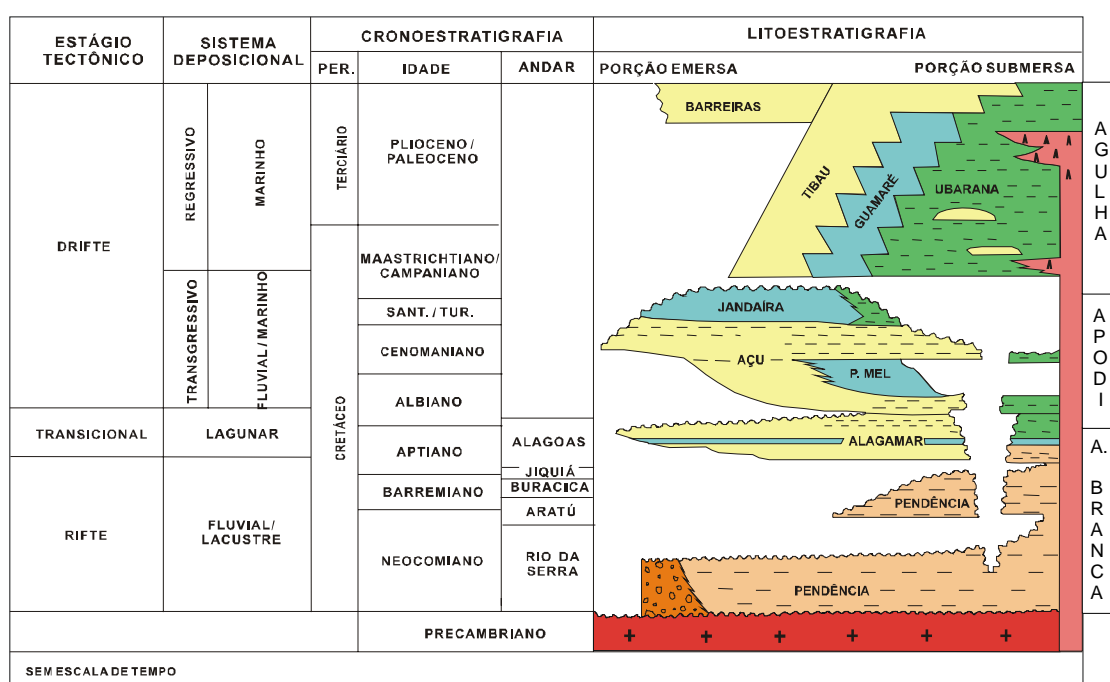


Figura 4:3 Estratigrafia da Bacia Potiguar. Fonte: Araripe & Feijó (1994)

O Grupo Apodi é composta por rochas carbonáticas, das formações Açú, Jandaíra, Ponta do Mel e Quebradas, neste trabalho será abordado somente a Formação Açú e a Formação Jandaíra:

Formação Açú: É composta por espessas camadas, com até 1.000 metros, de arenito médio a grosso, esbranquiçado, intercalado com folhelho e argilito verde-claro e siltitos castanho-avermelhado. Tal formação exhibe contato inferior discordante e erosivo com a Formação Alagamar e com o embasamento cristalino, e em sua porção superior é concordante com a Formação Jandaíra, lateralmente, em direção ao mar, interdigita-se com as formações Ponta do Mel e Quebradas. Foram individualizadas quatro unidades (VASCONCELLOS *et al.*, 1990), a partir da análise de perfis elétricos, as quais seriam respostas a determinados eventos de caráter regional da bacia. A unidade Açú 1, localizada na base da seqüência, compreende um ambiente fluvial, com deposição iniciada após a reativação da área fonte por um evento tectônico de idade albiana. A unidade Açú 2 foi depositada em um sistema fluvial entrelaçado, que gradua para meandrante grosso e fino em direção ao topo. A unidade Açú 3 ocorre em resposta a nova atividade tectônica ou o rebaixamento do nível do mar, composta por rochas de origem fluvial entrelaçado que gradão em direção ao topo para um sistema fluvial meandrante grosso. Com o término deste evento transgressivo, e a implementação de um sistema litorâneo-estuarino, ocorre a unidade Açú 4, cuja localização é o topo de todas as unidades anteriores.

Formação Jandaíra: Compreende calcarenito com bioclastos de moluscos, algas verdes, briozoários e equinóides, também ocorre calcilito com marcas de raízes, dismicrito e gretas de contração. O ambiente deposicional é descrito como uma planície de maré, laguna rasa, plataforma rasa e mar aberto. O contato inferior da Formação é concordante com a Formação Açú ou Quebradas, já a porção superior mostra-se discordante com o Grupo Agulha. Ocorre uma interdigitação lateral com a parte superior da Formação Ubarana. O Grupo Agulha abrange as formações Ubarana, Guamaré e Tibau, compreende rochas clásticas e carbonáticas de alta e baixa energia.

Paleocascalheiras

Estes depósitos ocorrem em grande extensão areal próximo ao aluvião do rio Piranhas-Açu, ocorre também na margem sul da área sempre em contato com o embasamento cristalino. Estas paleocascalheiras tratam-se de depósitos de seixos de quartzo subarredondados, inconsolidados de tamanhos variados. Muniz (1986) em estudos realizados entre os municípios de Upanema e Assu, observou que a deposição destes

seixos está embutida em falhamentos, onde os seixos encontram-se associados a uma matriz argilo-arenosa de coloração escura, pouco compacta, formando uma extensa cobertura em forma de terraço sobre o embasamento cristalino. Ocorre também na forma de pequenas elevações “morrotes”, sendo melhor observada em cortes de estrada.

4.2 Geologia e estrutura da área de estudo

A Formação Açu foi dividida em 4 (quatro) subunidades: 01, 02, 03, 04 (CARVALHO JÚNIOR, 1999; GURGEL, 2000 e MAIA, 2001); da base para o topo, correlacionadas com as unidades Açu 3 e Açu 4 (VASCONCELOS *et al.*, 1990 in ARARIPE & FEIJÓ, 1994). A subunidade 01 é correlacionada a unidade Açu 3, compreende arenitos arcoseanos médios, grossos a conglomeráticos de coloração predominantemente avermelhada, por vezes esbranquiçados, dispostos em matriz silte-argilosa. Sua granulometria diminui da base para o topo, e apresentam-se moderadamente selecionados. Por vezes, observam-se fraturas, com direção SE-NW. A subunidade 02 pode também ser correlacionada com a unidade Açu 3, é composta por arenitos arcoseanos finos a médios, de coloração esbranquiçada a avermelhada, bem selecionados, compostos por grãos de quartzo e feldspato dispostos em matriz siltosa. Normalmente, estes arenitos encontram-se bastante fraturados, exibindo fraturas de direção NW-SE. A subunidade 03 corresponde a unidade Açu 4, compreendendo argilitos e siltitos de coloração avermelhada a esverdeada. Na porção sul da área estudada, próximo ao embasamento cristalino, os argilitos avermelhados ocorrem geralmente capeando os arenitos arcoseanos da subunidade 01. A subunidade 04 é correlacionada com a unidade Açu 4, é composta por arenitos calcíferos de granulometria grossa e coloração branca a amarelada, que ocorrem na zona de transição dos arenitos da Formação Açu com os calcários da Formação Jandaíra.

Os calcários da Formação Jandaíra encontram-se sobrepostos aos arenitos da Formação Açu, regionalmente esta unidade compreende calcarenitos e calcilitos bioclásticos. Os calcarenitos apresentam coloração creme a cinza, granulometria média a grossa e apresentam-se bastante compactados.

Os depósitos aluvionares compreendem sedimentos finos a grossos, inconsolidados, moderadamente a pobremente selecionados e de coloração esbranquiçada a amarronzada ou acinzentada, formando extensas áreas de planícies aluviais (relevo plano), com destaque para as aluviões do Rio Açu. Rocha Filho (1992)

caracterizou os depósitos de canal do rio Açu como constituídos por grãos subangulosos e subarredondados, parcialmente polidos e de média esfericidade transportados predominantemente por saltação, de fontes próximas e de origem ígnea, e que o mesmo segue lineamentos cenozóicos de direções N-S e NE. Segundo Gauw (2004) a planície de inundação do rio Açu é composta predominantemente por sedimentos siltico-argilosos de coloração marrom avermelhado, apresentando estruturas sedimentares do tipo laminação plano-paralela, gretas de contração e marcas de raízes. No canal fluvial são encontrados sedimentos areno-cascalhosos, com estratificações cruzadas acanaladas relacionadas a migração de formas de leitos de crista sinuosa.

Os estudos realizados (MEDEIROS *et al.*, 2001) apresentam diferentes explicações para justificar as diferentes profundidades das rochas do embasamento. A figura 4.4 apresenta as isópacas da Formação Jandaíra e a Figura 4.5 as isópacas da Formação Açu.

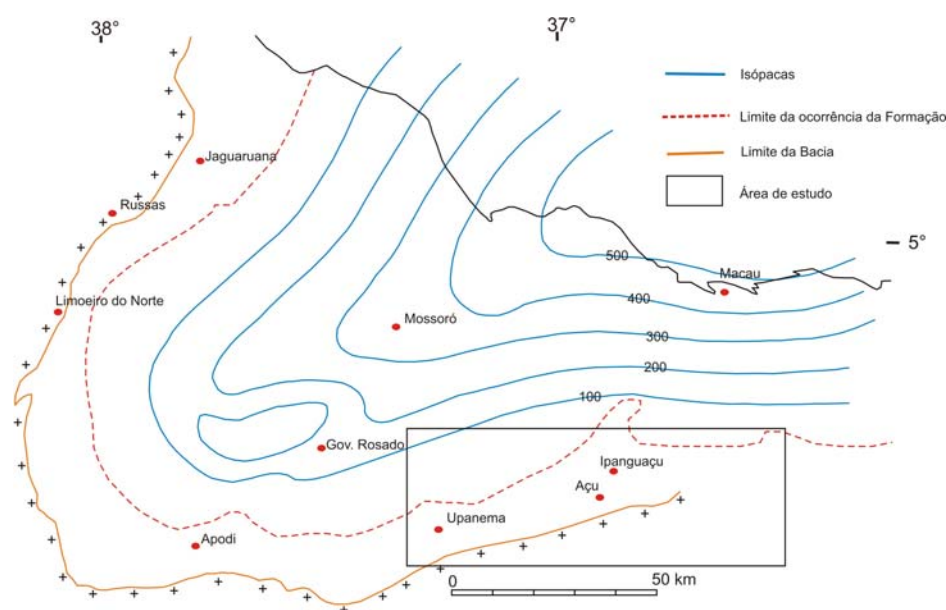


Figura 4.4: Isopacas da Formação Jandaíra. Fonte com modificações Sampaio & Schaller (1968).

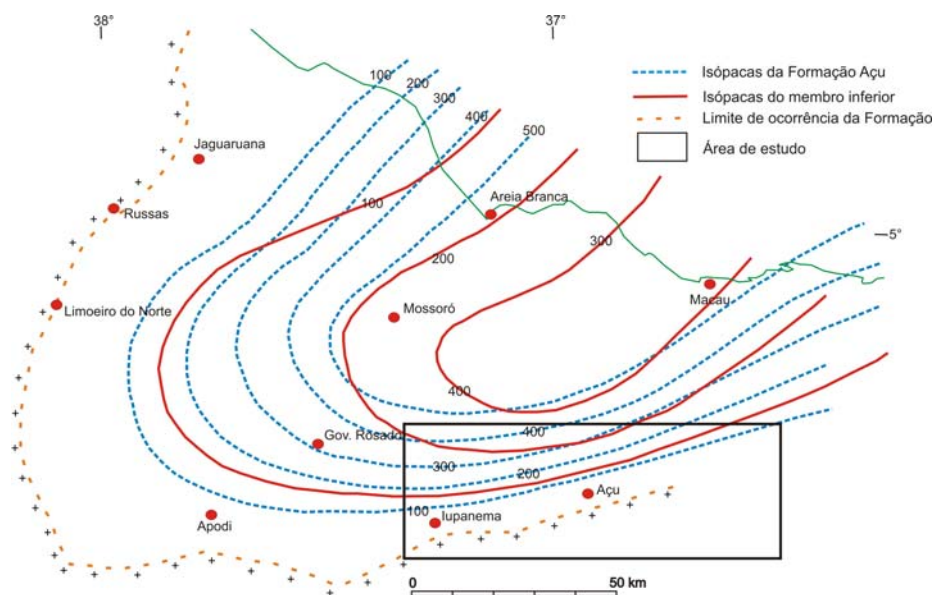


Fig. 4.5: Isopacas da Formação Açú. Fonte com modificações Sampaio & Schaller (1968).

4.3- Geologia Econômica

O potencial geológico econômico da área de estudo está ligado pelos depósitos gerados nas proximidades do aluvião do Rio Piranhas-Açu. A extração de argila para as indústrias cerâmicas é evidente com diversas indústrias instaladas nas imediações do vale do Açú. No rio do Carmo, próximo ao município de Upanema, também existem grandes jazidas de argilas com potencial de utilização para a indústria cerâmica.

As cascalheiras encontradas principalmente entre os municípios de Upanema e Assu representam também uma fonte econômica na construção civil. Deve ser destacado o potencial de areia para a construção civil, no qual a calha do rio possui uma grande quantidade de sedimentos que são possíveis de utilização na construção civil da região (Figura 4.6).

Nas imediações da área de estudo, ao sul o potencial econômico está voltado aos corpos graníticos foliados, que facilita a partição da rocha, sendo útil para a produção de paralelepípedos para pavimentação.

Na porção norte da área onde ocorrem a Formação Jandaira, o potencial geológico econômico está voltado para a extração de petróleo. Os calcários calcíferos são utilizados na fabricação de cimento “portland”, e na indústria química; calcários

magnesianos (dolomitas cálcicas) podem ser utilizadas como corretivos agrícolas ou como refratários, como as dolomitas altamente magnesianas (BARRETO, 1986). Alguns calcários também tem sua boa utilização para a produção de paralelepípedos.



Figura 4.7: Retirada de areia do aluvião do rio Piranhas-Açu, município de Assu.

05- Contexto Hidrogeológico Regional

5. CONTEXTO HIDROGEOLÓGICO REGIONAL

A hidrogeologia regional foi elaborada tendo como principal base os estudos elaborados pela SERHID (1997; 1998 A e 1998 B) os quais fornecem informações abrangentes e atualizadas da hidrogeologia regional.

Será dada uma visão geral sobre a hidrogeologia regional com ênfase ao aquífero Açu e as unidades que apresentam alguma relação com o aquífero Açu na Borda Sul da Bacia Potiguar.

Neste contexto convém destacar os seguintes sistemas aquíferos (Fig. 5.1):

- Costa Leste do Estado do Rio Grande do Norte: Aluvião/Barreiras; Barreiras.
- Bacia Potiguar: Aluvião/Barreiras/Jandaira/Açu; Aluvião/Jandaira/Açu; Aluvião/Açu; Barreiras/Jandaira/Açu; Jandaira/Açu; Açu.
- Embasamento cristalino: Aluvião/cristalino; Barreiras/cristalino; Cristalino.

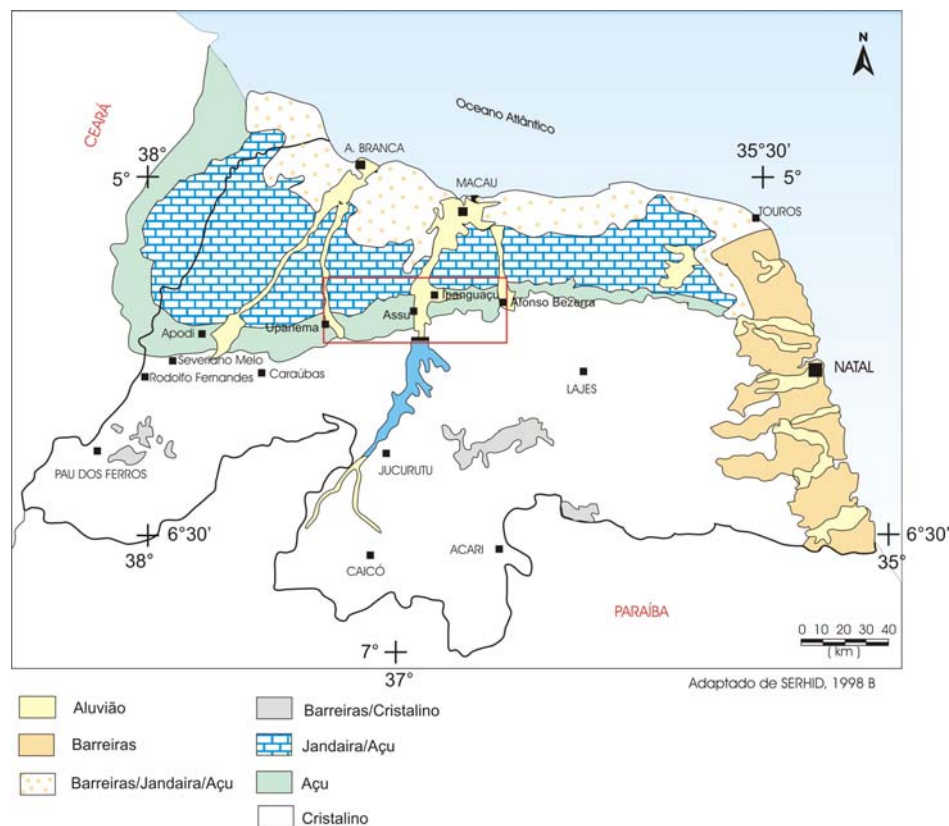


Figura 5.1: Sistemas Aquíferos do Rio Grande do Norte

A figura 5.2 apresenta uma seção regional esquemática da Bacia Potiguar que mostra as principais unidades hidrogeológicas e a zona principal de recarga do aquífero Açu, que corresponde a zona de afloramento da Formação Açu. Além da faixa de afloramento, o aquífero Açu ocorre em todo o restante da bacia, capeado pela Formação Açu superior e pelos calcários Jandaíra, atingindo uma área total de cerca de 22.000 km² na parte emersa da bacia.

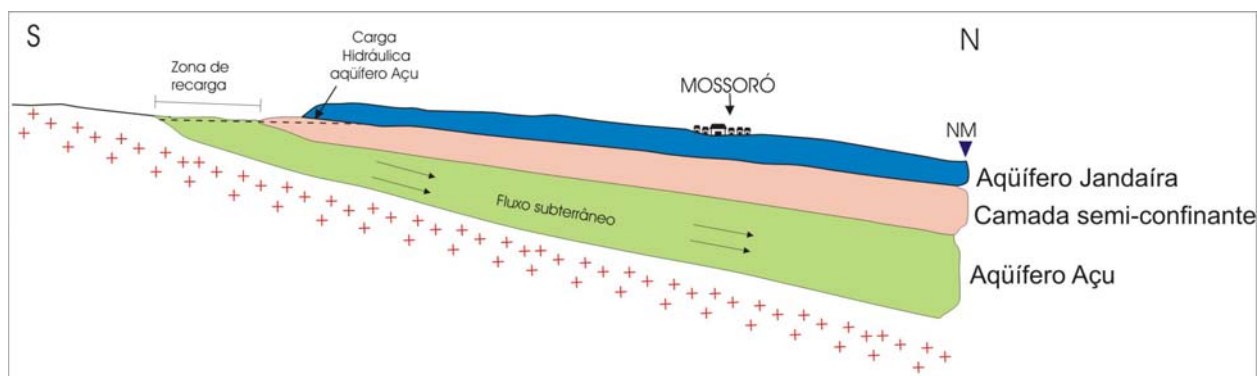


Fig. 5.2: Seção esquemática da Bacia Potiguar. Fonte com modificações: Rebouças, (1967).

5.1. Aquífero Aluvial

No Estado do Rio Grande do Norte, podem-se distinguir três situações para os depósitos aluviais que constituem aquíferos:

- (a) Os aluviões que ocorrem sobre as rochas cristalinas;
- (b) Aluviões que se desenvolvem sobre os sedimentos Barreiras na costa leste, e
- (c) Os aluviões que ocorrem na Bacia Potiguar.

Nos casos (a) e (b) o aquífero aluvial é, geralmente, pouco desenvolvido, ocorrendo em faixas de largura entre 50 e 400 metros ao longo do leito dos principais rios. O conhecimento do aquífero aluvial sobre as rochas cristalinas é bastante importante no âmbito deste trabalho, já que esses aquíferos, em muitos casos, tem continuidade na Bacia Potiguar e podem apresentar expressivas contribuições de águas subterrâneas para o aquífero Açu.

Os perfis do terreno são formados de sedimentos essencialmente arenosos na base (areias grossas de seleção média, com cascalho ou pedregulho grosso e finas

intercalações argilosas), até aproximadamente 4 m, e, na parte superior das aluviões predominam areias finas a médias por vezes bastante argilosas. Existem casos em que toda a porção superior é predominantemente argilosa, caracterizando um certo confinamento dos terrenos arenosos subjacentes. A recarga dos aluviões se dá diretamente através das precipitações e pelo próprio fluxo superficial dos rios nos períodos de cheia. O principal exutório desses reservatórios é a evapotranspiração. Os poços de captação de água produzem vazões de até 12 m³/h.

Entre os aquíferos aluviais da Bacia Potiguar convém destacar aqueles que ocorrem na planície aluvial do Apodi, na planície aluvial de Açu/Carnaubais, além das aluviões da Região de Upanema e da Região de Afonso Bezerra. Com exceção das aluviões do Apodi, os demais têm influência direta na área de estudo.

5.2. Aquífero Jandaíra

No Estado do Rio Grande do Norte o aquífero Jandaíra abrange uma área de aproximadamente 15.598 km², incluindo aí, as zonas recobertas pelo Grupo Barreiras, aluviões e dunas, que totalizam cerca de 5.980 km². A Formação Jandaíra apresenta uma ampla variação litológica, tanto vertical como horizontalmente, sendo constituída por calcários cinzas e cremes, margas, siltitos, folhelhos, argilitos e dolomitos. O aquífero Jandaíra localiza-se na porção superior da seqüência carbonática da Formação Jandaíra, dispõe-se sub-horizontalmente, com espessuras variando de 50 a 250 metros (IPT, 1982). Trata-se de um aquífero essencialmente livre, heterogêneo, hidraulicamente anisotrópico e de circulação cárstica em seu interior.

O aquífero Jandaíra é limitado em sua porção inferior por sedimentos pouco permeáveis pertencentes à base da Formação Jandaíra e topo da Formação Açu, compostos por argilas arenosas, argilas siltosas, argilitos, folhelhos, margas, calcarenitos e calcários compactados, que funcionam como camadas confinantes ou semi-confinantes do aquífero Açu.

5.3. Camada Semi-confinante

Os aquíferos Açu e Jandaíra estão separados por uma camada semi-permeável *aquitard*, constituída por diferentes litologias, correspondentes ao topo da Formação Açu e a base da Formação Jandaíra. As principais litologias desta camada são argilas

arenosas, argilas siltosas, argilitos, folhelhos, margas, calcarenitos e calcários compostos, com eventuais intercalações de lentes arenosas a diferentes níveis.

Esta camada funciona como camada confinante do Aquífero Açú e dependentemente das diferenças de carga hidráulica é responsável por uma entrada (drenança vertical descendente) ou saída (drenança vertical ascendente) de água do aquífero Açú com relação ao aquífero Jandaíra. Com base na composição litológica e nos resultados obtidos de estudos já realizados (STEIN, 2003), a condutividade hidráulica vertical desta camada pode variar de 1×10^{-8} a 1×10^{-10} m/s. A área de ocorrência da camada semi-confinante coincide com a área de ocorrência da Formação Jandaíra.

5.4. Aquífero Açú

A Formação Açú apresenta-se essencialmente arenosa na base, graduando para sedimentos mais pelíticos em direção ao topo. O aquífero Açú corresponde a porção inferior, essencialmente arenosa, sendo constituído de arenitos predominantemente grossos a conglomeráticos na base, passando a arenitos médios na porção intermediária e arenitos mais finos no topo, com uma argilosidade continuamente crescente no sentido vertical. O aquífero Açú constitui o mais importante sistema aquífero da Bacia Potiguar, aflorando na borda sul da Bacia Potiguar ao longo de uma faixa marginal com largura variando entre cerca de 5 km, no extremo leste e mais de 20 km, no extremo oeste. Esta, conforme já assinalado anteriormente, é a região principal de recarga do aquífero Açú.

Este aquífero foi estudado na borda sul da Bacia Potiguar no trecho entre Upanema e a fronteira com o estado do Ceará com a elaboração do mapa geológico-estrutural, baseado em dados gravimétricos, sondagens elétricas e perfis de poços, o qual evidencia a ocorrência de altos e baixos estruturais que exercem grande influência nas espessuras saturadas do aquífero Açú (MEDEIROS *et al.*, 2001), figura 6.3. Isto condiciona a ocorrência de setores com diferentes transmissividades hidráulicas e diferentes possibilidades hidrogeológicas em termos de produtividade de poços e armazenamento de águas subterrâneas. Na estimativa da recarga das águas subterrâneas foram aplicadas diferentes metodologias como forma de checagem e ajustamento de resultados, que incluiu Balanço hidroclimatológico; aplicação da Lei de Darcy; variação do nível potenciométrico e Balanço de cloreto, com a obtenção de valores de mesma

ordem de grandeza, em média de 5,5% do total precipitado na área estudada (MELO & STEIN, 2003).

As águas se infiltram na zona de afloramento da Formação Açu e seguem no sentido de sul para norte em direção ao mar. O aquífero Açu na sua zona de afloramento é referido como sendo do tipo livre. Nos demais domínios da Bacia Potiguar o mesmo apresenta condições de semi-confinamento ou confinamento, o que ocorre quando as camadas argilosas da porção superior da Formação Açu e/ou porção basal da Formação Jandaíra, lhe conferem esse caráter.

Dependendo das diferenças de cargas hidráulicas entre os aquíferos Açu e Jandaíra tem-se a ocorrência de drenança vertical ascendente ou descendente. Neste último caso, a carga hidráulica do aquífero Açu é inferior a do Jandaíra e o fenômeno de drenança ascendente ocorrerá quando a carga potenciométrica do Açu for superior a do Jandaíra.

Na Bacia Potiguar, distinguem-se duas regiões de conhecimento do aquífero Açu, separadas grosseiramente pelo vale do rio Açu ou, mais precisamente, separadas pela Grande Falha de Carnaubais:

- Região de Mossoró, a oeste, onde o aquífero é mais bem conhecido;
- Plataforma Leste ou Plataforma de Touros, isto é, a leste do Rio Açu, onde este aquífero ainda é pouco conhecido segundo os estudos realizados. Neste caso, sabe-se que os arenitos da Formação Açu estão provavelmente na maior parte de sua ocorrência assentados diretamente sobre o embasamento cristalino e apresentam espessuras relativamente bem mais reduzidas.

A área de estudo está inserida na parte central da Borda Sul da Bacia Potiguar.

Segundo Feitosa (1996), o aquífero Açu na região de Mossoró estava sendo captado em 1996 por 68 poços, com descarga total da ordem de $45,9 \times 10^6$ m³/ano. Admitindo esta taxa de bombeamento de forma contínua, essa descarga anual poderia ser mantida durante os próximos 20 anos, embora à custa de níveis dinâmicos entre 130 e 205 metros em Mossoró. Convém assinalar que a região de Mossoró vem apresentando um considerável desenvolvimento econômico, com base nas explorações de petróleo, sal e na agricultura irrigada, acarretando numa crescente demanda da água oriunda do aquífero Açu. Dessa maneira, um incremento acentuado nas descargas bombeadas foi inevitável, resultando em acentuados abaixamentos do nível potenciométrico do aquífero Açu e bombeamento em regime de exaustão. Um outro

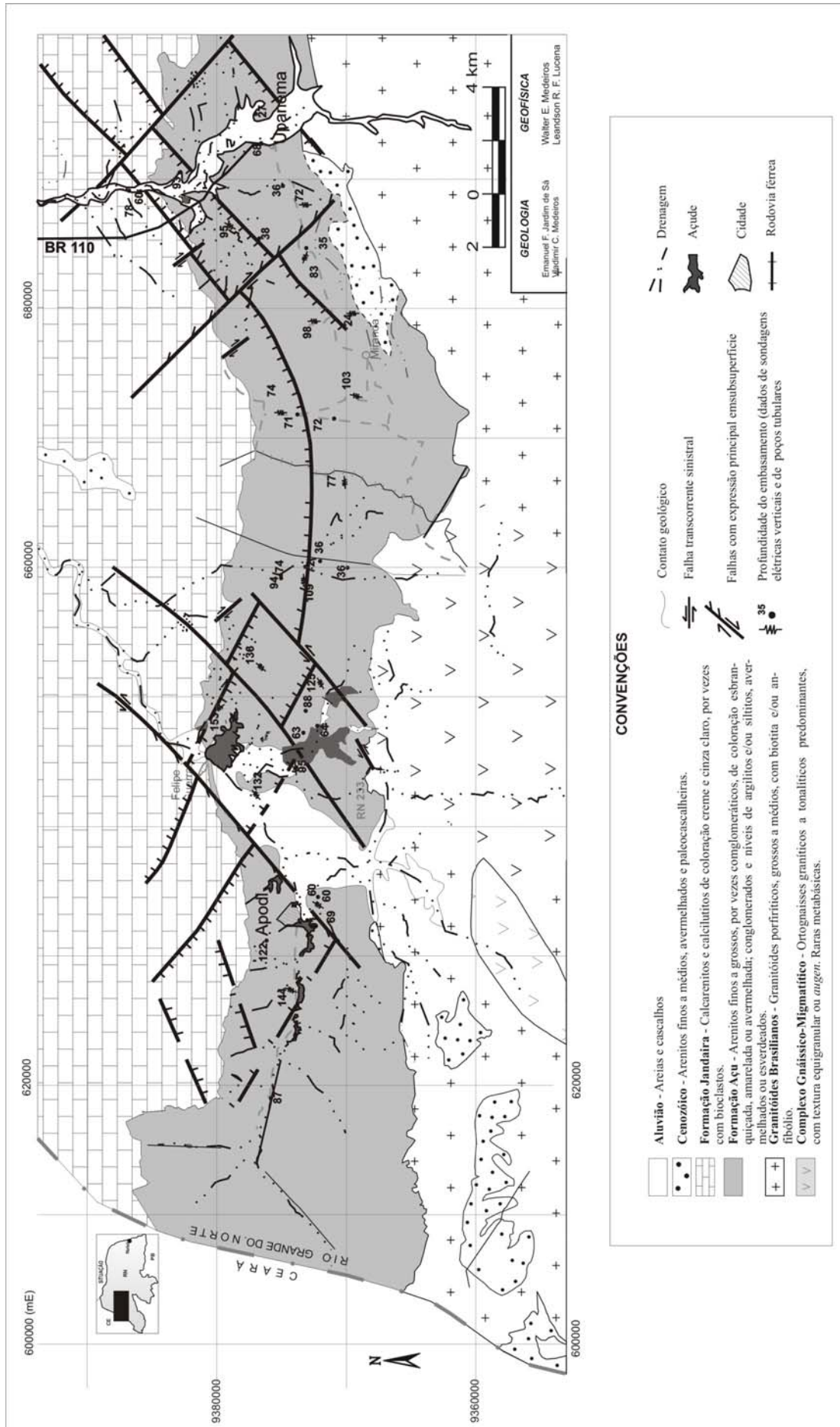


Figura 5.3: Arcabouço estrutural da porção oeste da Bacia Potiguar

domínio, nesta região, onde o aquífero Açú foi bastante solicitado, é na área da antiga empresa Mossoró Agro Industria S/A (MAISA), localizada a oeste da cidade de Mossoró, através de poços profundos (da ordem de 800 m ou mais), produzindo vazões de até 400 m³/h. Atualmente, é possível que tenha havido uma redução nas descargas bombeadas com o conseqüente alívio nos abaixamentos.

Esta área onde o aquífero Açú é bastante solicitado localiza-se a cerca de 70 km ao norte da zona de afloramento da Formação Açú, zona principal de recarga do aquífero Açú e que corresponde a parte da área objetivo deste trabalho. Considerando as propriedades do aquífero (confinado), pode-se supor que, após mais de 28 anos de intenso bombeamento, devem ter ocorrido significativos rebaixamentos nestas distâncias. Isto significa dizer que poderiam ser esperadas alterações significativas do nível freático na zona de recarga do aquífero, em decorrência de sua exploração na Região de Mossoró (SERHID, 1998 A). Vale ressaltar que essas informações datam de 1996. Atualmente o abastecimento público da cidade de Mossoró é feito com o uso conjunto de águas superficiais e subterrâneas. As águas superficiais são provenientes da Barragem Armando Ribeiro Gonçalves, e contribuem com uma expressiva parcela de água no suprimento de Mossoró. Assim sendo, em termos potenciais, o aquífero Açú deve estar sendo menos solicitado.

5.5. Aquífero Cristalino

As rochas do embasamento cristalino ocorrem ao sul da Bacia Potiguar em toda a extensão da área de estudo. As rochas cristalinas dão origem ao aquífero fissural, que apesar de mal produtor de água, muitas vezes é a única solução disponível para abastecimento de pequenas comunidades. Segundo Costa (2002) a vazão média dos poços no cristalino no estado do Rio Grande do Norte é de 2,8 m³/h, com 80,1% dos poços possuindo uma vazão igual ou menor a 4 m³/h, 18,8 % estando entre 4,1 e 16 m³/h e somente 1% possui vazão superior a 16 m³/h. Trata-se de um aquífero anisotrópico, onde as águas estão armazenadas nas fraturas das rochas. As águas deste aquífero são, em geral, de salinidade elevada, constituindo esta, a razão principal da utilização mais restrita destas águas no abastecimento humano. Este sistema aquífero está presente nos municípios de Itajá, Angicos e na porção sul do município de Upanema e Ipanguaçu. A área de estudo tem como limite na porção leste o embasamento cristalino no município de Afonso Bezerra.

06- Técnicas de Processamento Digital de Imagens e Tratamento de Dados de Radar

06- TÉCNICAS DE PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS (PDI) E TRATAMENTO DE DADOS DE RADAR

As técnicas voltadas para a análise de dados multidimensionais, adquiridos por diversos tipos de sensores recebem o nome de processamento digital de imagens (PDI), ou seja, é a manipulação de uma imagem por computador de modo que a entrada e a saída do processo são imagens. A utilização de imagens de satélites torna-se uma ferramenta útil para uma extração de informações de determinada área.

Neste trabalho foi utilizado de dois sensores, Landsat 7 ETM+ , Radar e CBERS.

A cena referente ao Landsat 7 ETM+ corresponde a órbita ponto 215/64 (Figura 6.1) ,data de 2001, Landsat 7 ETM+, obtidas no site <http://glcf.umiacs.umd.edu> visita 16/03/2005, da *Earth Science Data Interface (ESDI)*. Estas imagens possuem uma resolução espacial de 30 m e a banda pancromática com 15 m.

Os dados de Radar são referentes a “*Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) do ano de 2003*”, utilizados para a extração dos lineamentos geológicos da área.

As imagens do Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres (CBERS) do ano de 2005 foram adquiridas no site <http://www.inpe.br> no mês de agosto de 2005. Possui uma resolução espacial de 20 m

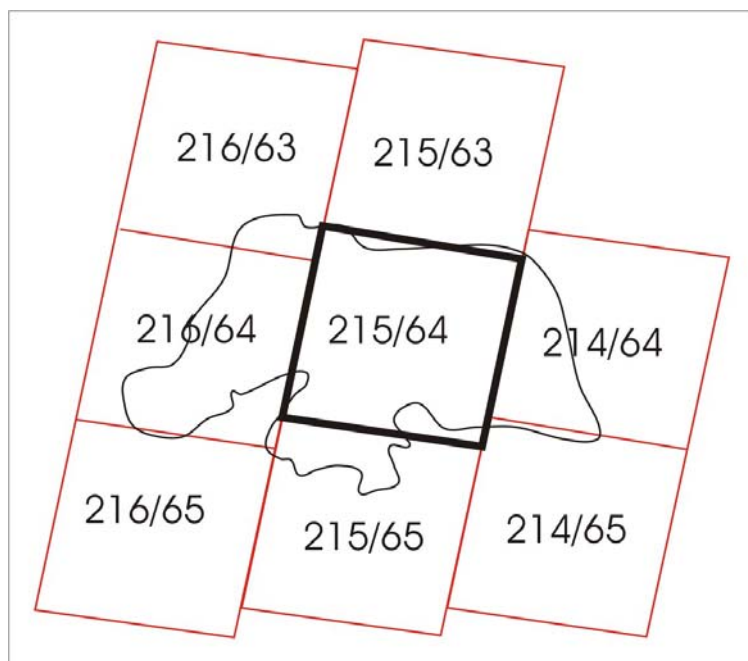


Figura 6.1 - Mapa índice de cobertura das faixas (órbita/ponto) com as cenas do satélite Landsat 7 ETM+ que abrangem o Estado do Rio Grande do Norte, em destaque tem-se a cena que a área de estudo está inserida.

Foram realizadas diversas composições RGB (*red, green, blue*) a fim de obter o maior número de informações. Este processamento de imagens foi realizado no *software ENVI 3.5*. As composições que apresentaram um maior número de informações foram as composições: 743, 732 do satélite landsat 7 ETM+ e 432 do satélite CBERS. O processamento das imagens será apresentado nas figuras (6.2, 6.3, 6.4) e o tratamento das informações de Radar serão apresentados nas figuras (6.5, 6.6, 6.7, e 6.8).

Na figura 6.2 mostra a composição *RGB* 743 do satélite Landsat 7 ETM+ fusão com a banda pancromática ano 2001. Nesta composição foi realçado o contato entre a Formação Açu e o embasamento cristalino na faixa inferior. Também a partir desta composição foi possível extrair informações de drenagens e algumas estradas carroçáveis. A delimitação do aluvião na calha do rio Piranhas-Açu foi realçada e assim foi possível delimitá-la em todo o percurso do rio. A partir desta também foram realçadas as áreas agriculturáveis no entorno do rio Açu. Através desta composição não foi possível identificar o contato da Formação Jandaíra com a Formação Açu.

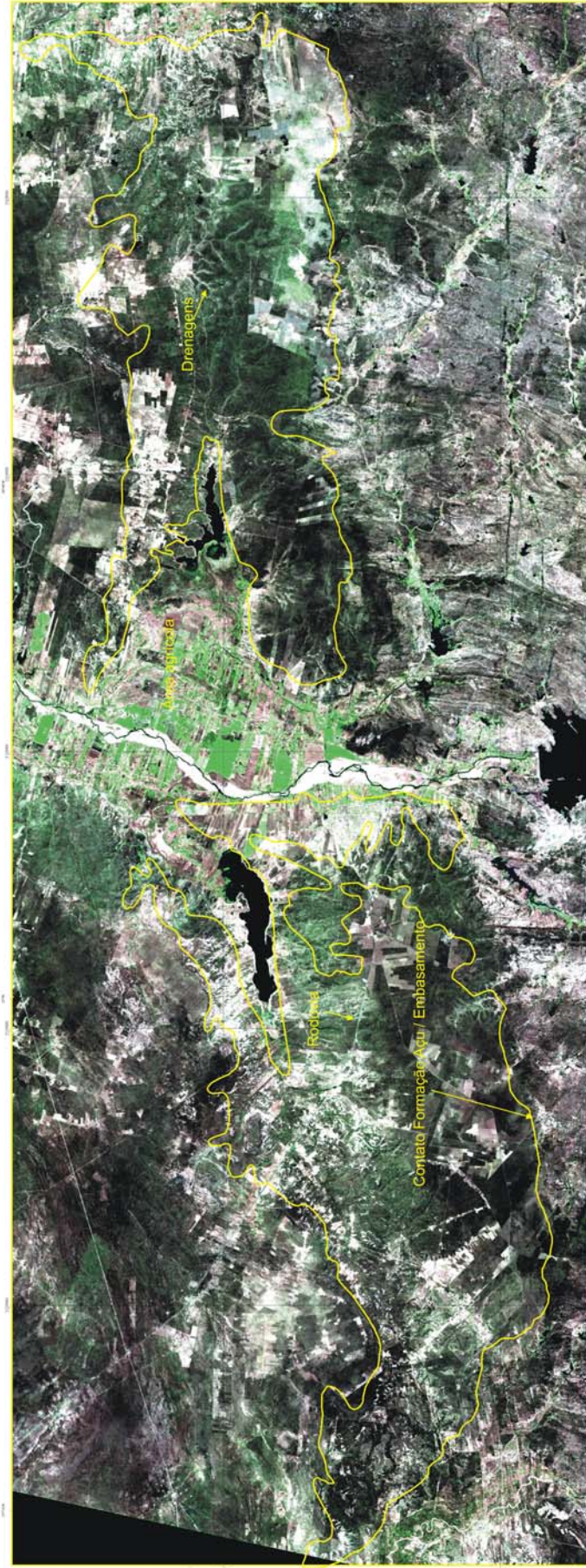
A figura 6.3 foi realizada uma composição *RGB* 432 do satélite CBERS, com modificações no histograma, ano 2005. Através desta composição pode-se diferenciar com bastante nitidez o contraste entre a Formação Açu, com uma cor azulada, do cristalino, com coloração amarelada. No que refere-se ao contato com o calcário esta composição não foi satisfatória. Através desta pode-se também refinar o padrão de drenagem da área, pois as áreas úmidas apresentaram a cor azul, diferenciando-se assim dos demais atributos. O aluvião do rio Açu, foi bastante destacado bem como algumas áreas agriculturáveis.

A figura 6.4, mostra a composição *RGB* 732 com modificações no histograma, satélite Landsat 7 ETM+ fusão com a banda pancromática ano 2001. Esta composição pode-se identificar áreas agriculturáveis fora do domínio do rio Açu. Através desta também pode-se obter informações das estradas carroçáveis. A delimitação das lagoas do Piató, Ponta Grande também pode ser realizada, pois seus contornos foram definidos.

O tratamento dos dados de RADAR é apresentado na figura 6.5 onde foi realizado o *Slope* da área de estudo. Através deste processamento pode-se delimitar a área de sedimentos alúvio/coluviais no centro da área pertencente ao rio Piranhas-Açu, e também na extremidade leste da área próximo ao município de Afonso Bezerra e na extremidade oeste da área no município de Upanema. O contato da Formação Açu com a Formação Jandaíra também ficou bem definido, isso em decorrência da declividade

marcante, gerando uma cor mais clara no contato entre estes dois litotipos. No setor leste do rio Piranhas-Açu, este contato não ficou bem definido, mas comparando com as outras composições realizadas esta ferramenta *Slope*, mostrou-se bastante útil para a delimitação do contato entre os litotipos. Este processamento da imagem pode-se também refinar a rede hidrográfica principalmente ao leste do rio Assu.

Na figura 6.6, foi elaborado a sombra de relevo “*Shaded relief*” com os dados de RADAR, ângulo de 30° e azimute 90°. Foi possível realçar as áreas que apresentam um relevo mais ondulado, separando as áreas de domínio da Formação Jandaíra no setor oeste do rio Assu, e também na área central na faixa dos alúvios e colúvios do rio Assu. A faixa central da zona de afloramento da Formação Açu no setor oeste apresenta-se diferenciada, ou seja, na porção norte está marcada por um relevo mais ondulado, enquanto na porção sul apresenta-se um relevo mais plano.



— Zona de afloramento da Formação Açú

Figura 6.2-Composição RGB 743 do satélite Landsat 7 ETM+ fusão com a banda pancromática ano 2001.



Figura 6.3- Composição RGB 432 do satélite CBERS, com modificações no histograma, ano 2005.

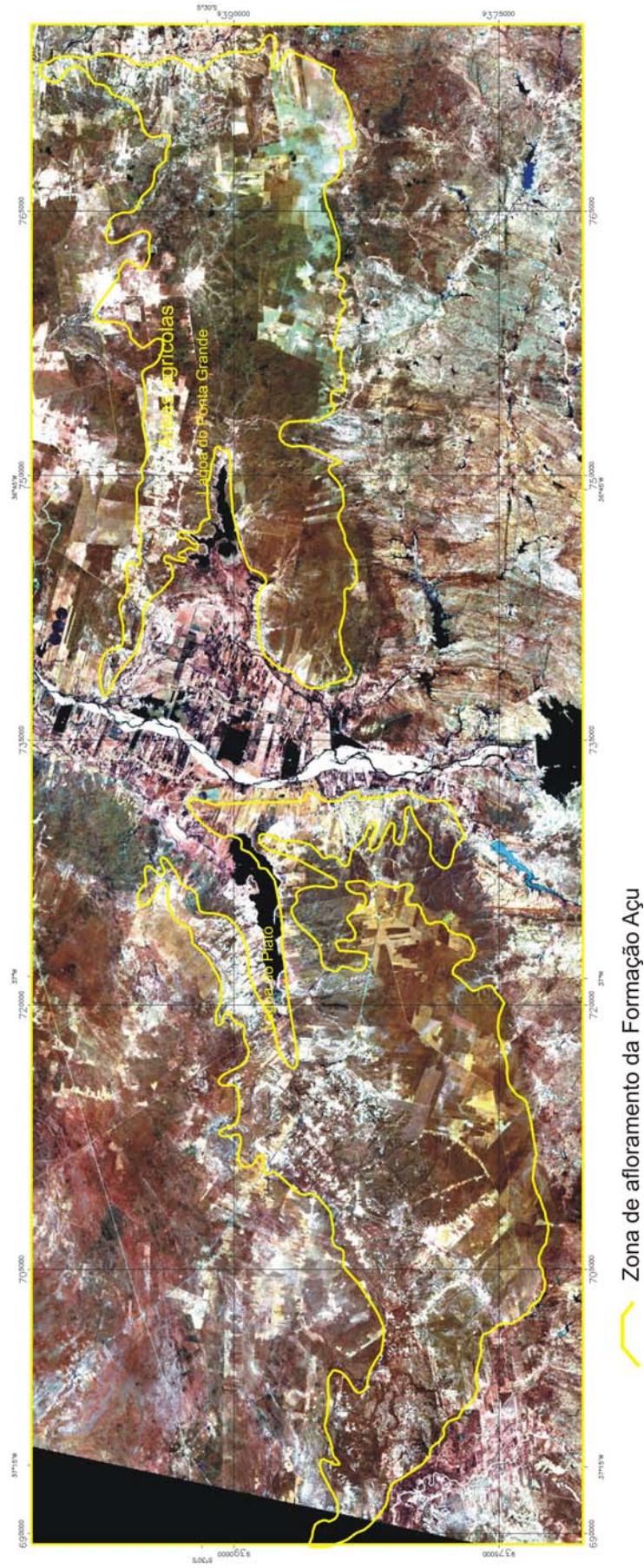


Figura 6.4-Composição RGB 732 com modificações no histograma, satélite Landsat 7 ETM+ fusão com a banda pancromática ano 2001.

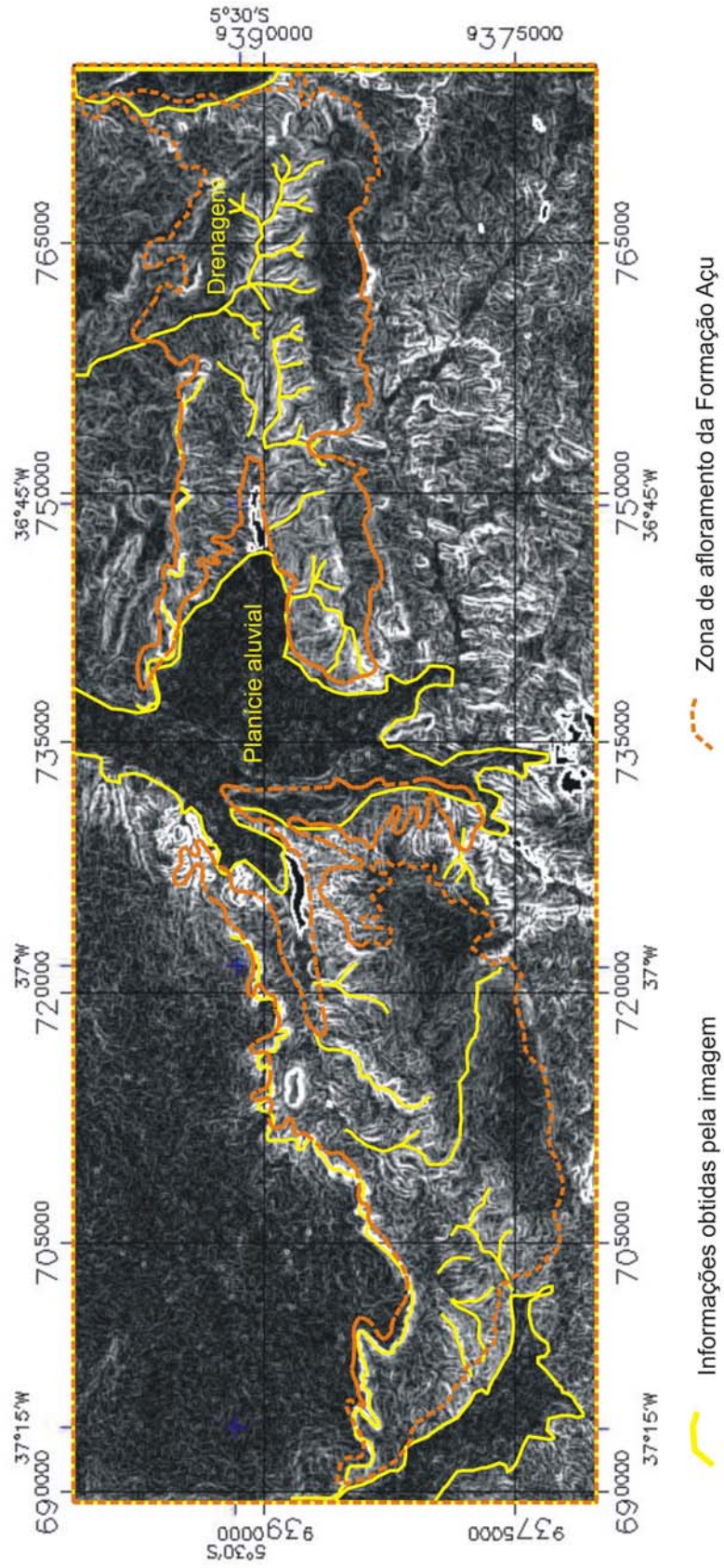


Figura 6.5-Slope da imagem de Radar.

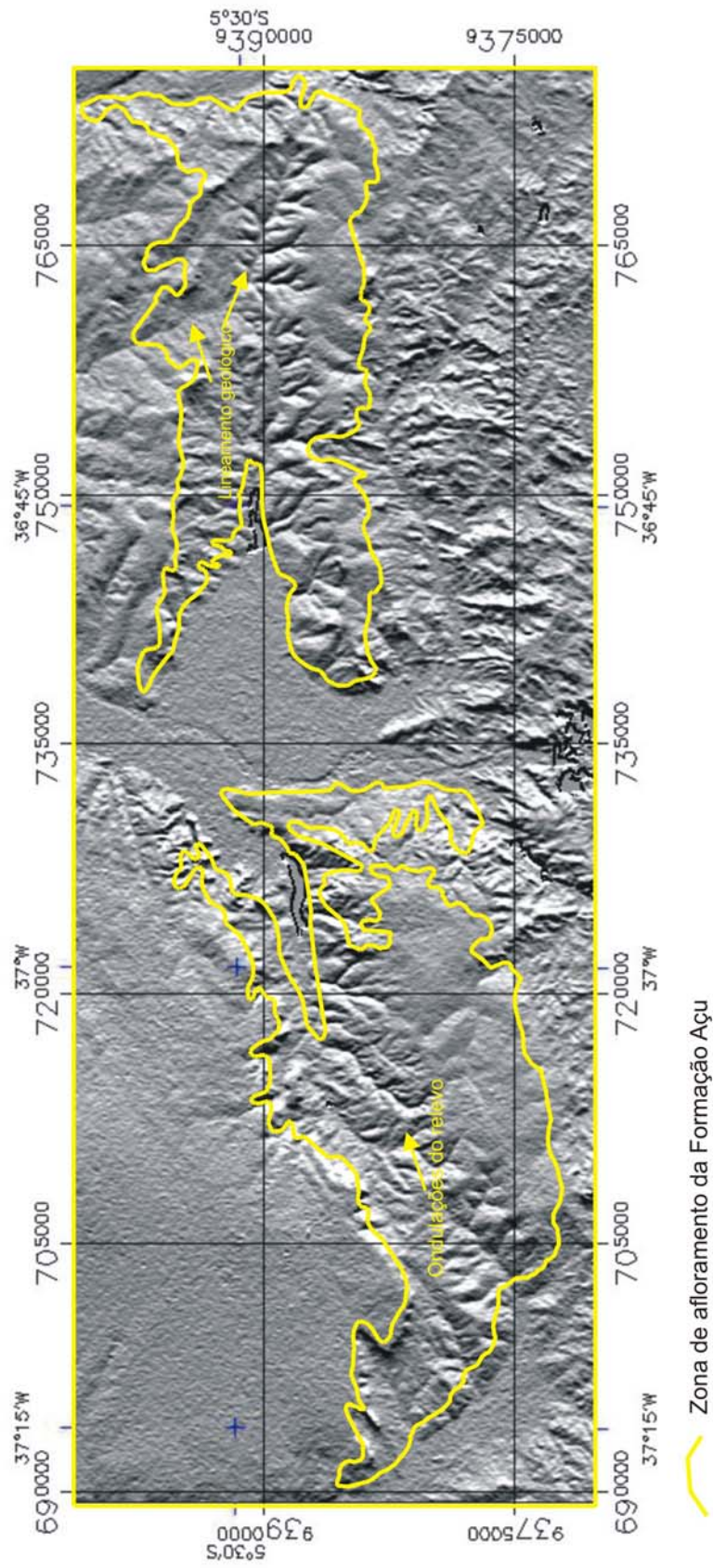


Figura 6.6- Shaded relief elaborado com os dados de RADAR, ângulo de 30° e azimute 90°.

07- Hidrogeologia da Área

7. HIDROGEOLOGIA DA ÁREA DE ESTUDO

7.1 Cadastro de Poços e a Rede de Monitoramento de Poços

O refinamento e adição dos poços cadastrados que estão inseridos na área de estudo (Zona de afloramento da Formação Açú) totalizaram 527 poços sendo 82 em Afonso Bezerra, 8 Angicos, 80 Ipanguaçu, 280 Assu e 77 no município de Upanema (Anexo I).

No município de Afonso Bezerra dos 53 poços com informação do ano de construção, 42 foram construídos a partir de 1995, no município de Angicos, todos os 3 poços com data de construção foram construídos a partir de 1995. No município de Ipanguaçu, dos 41 poços com informação da data da construção, apenas 14 foram construídos a partir de 1995, em Assu dos 103 poços construídos 75 foram feitos a partir do ano de 1995. No município de Upanema, dos 38 poços com informações de construção, 25 foram construídos a partir do ano de 1995.

As vazões médias dos poços da área de estudo variam de 11.000 L/h no município de Upanema a 15.000 L/h no município de Afonso Bezerra, com máximas variando de 24.000 L/h em Upanema a 60.000 L/h em Afonso Bezerra. Dos 527 poços cadastrados na área de estudo apenas 199 (37%) possuem informação de vazão, sendo a maioria destes dados informados. Existem casos de poços que produziram por um determinado período e posteriormente secaram, e também casos em que o poço foi construído e o mesmo foi considerado seco (Tabela 7.1).

Tabela 7.1: Vazões médias e máximas por município

	Média (L/h)	Máxima (L/h)	N° de poços com informações
Afonso Bezerra	15.151	60.000	52
Angicos	-	-	-
Ipanguaçu	10.621	25.000	53
Assu	14500	52.000	71
Upanema	11.000	24.000	23

Na figura 7.1 é apresentado o mapa geológico simplificado com os poços inseridos. A maioria dos poços estão localizados na parte central da área de estudo, nos municípios de Assu e Ipanguaçu. Esta área encontra-se sobre influência da planície aluvial do rio Piranhas-Açú e no município de Assu a maioria dos poços estão sobre domínios da Formação Açú. As áreas onde possuem uma menor concentração de poços está localizada na faixa sul da área, próximo ao embasamento cristalino, e principalmente entre a extremidade leste da Lagoa da Ponta Grande e o município de Afonso Bezerra.

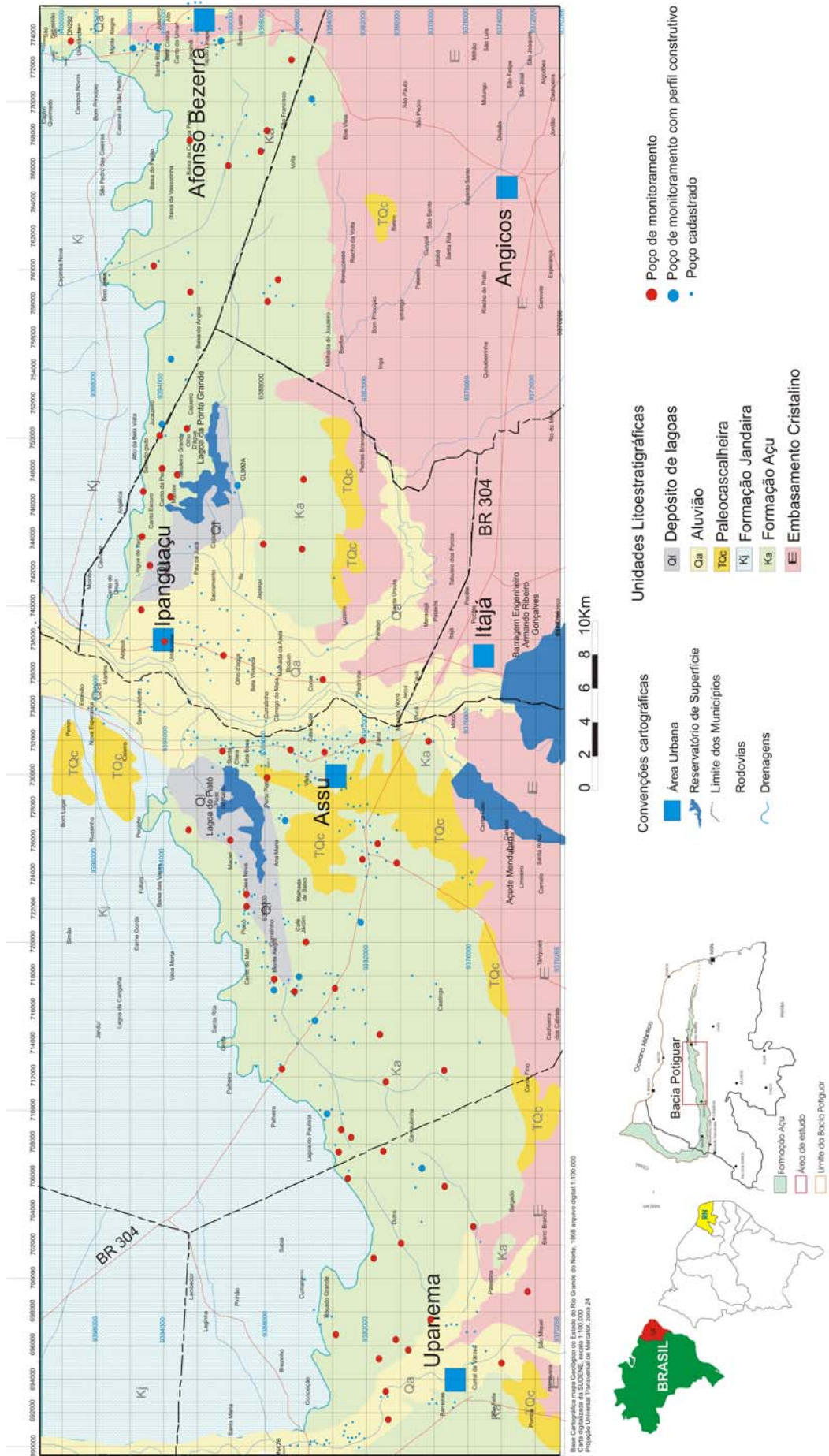


Figura 7.1: Mapa geológico simplificado e mapa de poços cadastrados na área de estudo (Zona de afloramento da Formação Açú)

7.1.2 Definição da rede de monitoramento das águas subterrâneas

A análise dos resultados do cadastro levou a definição da rede de monitoramento qualitativo e quantitativo, onde serão sistematicamente coletadas amostras de água para análises físico-químicas completa e efetuadas medições dos níveis d'água subterrânea do aquífero Açu .

A rede de monitoramento ficou composta de 81 poços. Destes, 11 possuem perfil litológico. O número de poços cadastrados no âmbito de cada município é apresentado na tabela 7.2, segundo a qual o município de Afonso Bezerra apresenta 12 poços, Angicos com 04, Ipanguaçu com 16, Assu com 31 poços e Upanema com 18 poços.

Tabela 7.2-Números de poços de monitoramento por município.

Afonso Bezerra	12
Angicos	4
Ipanguaçu	16
Assu	31
Upanema	18
Total	81

7.1.3. Profundidade do Nível das Águas Subterrâneas

O mapa de profundidade do nível das águas subterrâneas foi feito com base no cadastramento de poços realizado pela CPRM (Serviço Geológico do Brasil) do ano de 2002. Foi realizado o método de *kriging* para a extrapolação dos dados e manipulados as linhas a partir do conhecimento geológico obtido na área. Através do mapa (Figura 7.2) pode se verificar que as áreas em que os níveis de água estão mais próximos a superfície está localizada nas imediações da Planície Aluvial do rio Piranhas-Açu,e aluvião do rio do Carmo, com profundidades não superiores a 10 m. Na região dos aluviões do rio do rio Mulungu (a leste) as profundidades das águas subterrâneas são iguais ou inferiores a 20 m.

No setor leste da área as maiores profundidades do nível de água está localizado próximo aos aluviões do rio Mulungu no contato da Formação Açu, com Formação Jandaíra. No setor leste as profundidades do NE variam entre 20 e 40 m, sendo as maiores profundidades encontradas nas proximidades do contato da Formação Jandaíra.

Na faixa norte o contato com o embasamento cristalino, promove uma profundidade de nível estático não superior a 30 m.

No setor oeste da área, próximo ao embasamento cristalino as informações foram inferidas como possuindo um nível de água a não superior a 50 m de profundidade, com esta profundidade aumentando a medida que se desloca para norte da área, chegando até profundidades de 20 metros no contato com a Formação Jandaíra, próximo a lagoa do Piató. No entorno da lagoa do Piató, as profundidades são entre 20 e 30 m, possuindo nesta área uma provável interação entre as águas subterrâneas e as águas superficiais. A medida que se desloca de leste para oeste as profundidades do nível estático diminuem em decorrência da proximidade da planície aluvial do rio do Carmo.

7.1.4. Vazão Específica

O mapa de vazão específica (Figura 7.3) foi confeccionado com dados do Cadastro da CPRM elaborado no ano de 2002. A definição das isolinhas de igual vazão específica foi elaborada com as extrapolações efetuadas pelo método de *kriging*, com modificações elaboradas a partir do conhecimento geológico da área. Os dados de vazões específicas variam de 0,1 a 8,0 m³/h/m, onde no mapa convencionou-se utilizar isolinhas mínima de 2 m³/h/m e máxima de 5 m³/h/m. Os valores de vazões em metros cúbicos dos poços variam de 1 m³/h a 17 m³/h, ocorrendo em apenas um caso uma vazão de 60 m³/h. A área que possui um maior valor de vazão específica é no setor leste no contato da Formação Jandaíra com a Formação Açu, onde o valor é de 6 m³/h/m, com este valor diminuindo a medida em que se desloca de norte para sul, chegando até 2 m³/h/m, nas proximidades do embasamento cristalino. Em decorrência das grandes variações locais na geologia e um número espacial de informações má distribuído, faz com que boa parte das isolinhas traçadas sejam inferidas. Boa parte da área do setor leste está inserido nos isovalores não superiores a 2 m³/h/m. Nas imediações da Planície aluvial do rio Piranhas-Açu, o valor da vazão específica aumenta para até 5 m³/h/m, estendendo-se a oeste nas imediações da lagoa do Piató. No setor oeste as vazões específicas ficam na maior parte da área com valores não superiores a 3 m³/h/m, mostrando-se uma configuração similar ao setor leste da área, onde os maiores valores de vazão específica está restrito ao contato da Formação Jandaíra com a Formação Açu, e também nas áreas próximas as lagoas.

7.1.5 Condutividade Elétrica das Águas Subterrâneas ($\mu\text{S}/\text{cm}$), do aquífero Açú

O mapa de condutividade elétrica (CE) foi realizado com informações do cadastramento realizado pela CPRM (Serviço Geológico do Brasil) no ano de 2002, onde a condutividade elétrica dos poços variou de 169 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 4100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, com valor médio de 1200 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

O mapa de isovalores de condutividade elétrica (Figura 7.4) mostra que as áreas mais salinizadas estão próximas ao embasamento cristalino e a medida em que se distancia do mesmo a quantidade de sais diminui. No setor leste as linhas de isovalores de CE iniciam com o valor máximo de 3500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ na faixa sul, no contato com o embasamento e vai até 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ nas proximidades da Formação Jandaíra. O aumento de CE se dar levemente de SE para NW, seguindo o mesmo sentido das isópacas da Formação Açú. A área da planície aluvial do rio Piranhas-Açú predomina valor de CE inferiores ou igual a 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Podendo ocorrer valores superiores a 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ nas proximidades da lagoa do Piató e Ponta Grande. Estes reservatórios de superfície possuem CE maiores do que 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. No setor oeste as águas possuem relativamente menos sais do que as águas da faixa leste da área. A CE na faixa próxima ao cristalino é pouco superior a 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, e na faixa próxima aos aluviões do rio do Carmo possui CE em torno de 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

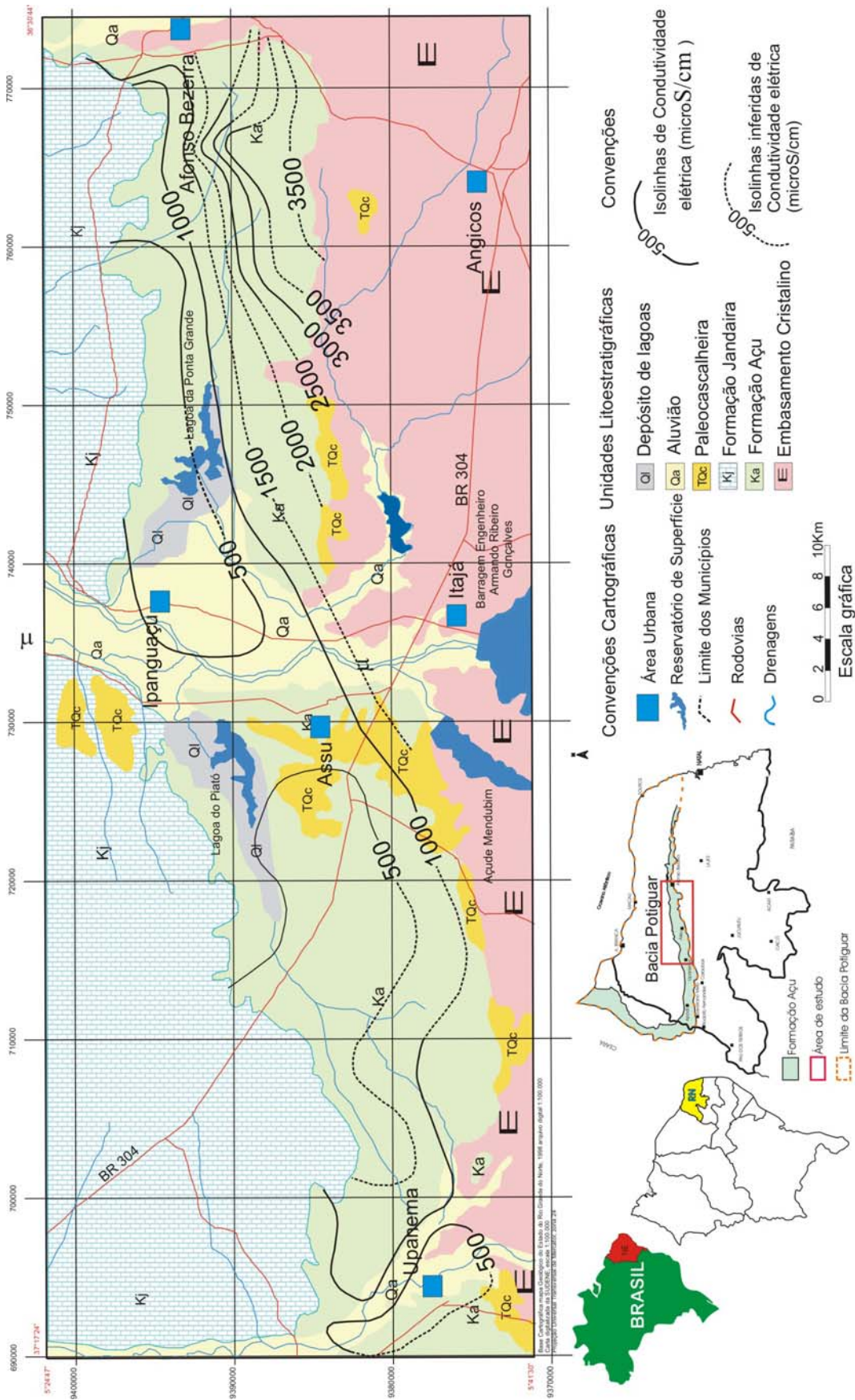


Figura 7.4: Mapa de geológico simplificado e mapa de isolinhas de condutividade elétrica.

7.2 Estrutura Geológica

A estrutura geológica da área foi realizada com base nas informações de perfis litológicos e construtivos de 81 poços inseridos ou nas imediações da Zona de Afloramento da Formação Açu . A partir destas informações foram traçadas as seções geológicas para a realização das interpretações da estrutura geológica de superfície e subsuperfície. As seções geológicas foram desenvolvidas tendo como base as informações de relevo adquiridas com dados de Radar (SRTM, 2003).

Através do tratamento de dados de RADAR, foram inferidos o traçado de lineamentos que no campo podem ser fraturas ou falhas (Figura 7.5). Usou-se a ferramenta *Shaded Relief* (sombra de relevo) para que os lineamentos fossem realçados. Através da integração dos dados de perfis de poços. Os lineamentos geológicos são extraídos principalmente através da expressão no relevo, fraturas e sistema de drenagem.

Com a evolução dos conhecimentos através da integração das informações foi possível estabelecer a estruturação geológica da área de estudo (Figura 7.7), ou seja, foram identificados as possíveis direções cinemáticas dos lineamentos obtidos através de imagens. A área está cortada de leste a oeste por um falhamento que teve a sua parte norte rebaixada em relação ao bloco sul. O mesmo encontra-se seccionado por cisalhamentos dextrais e sinistrais de direção NW-SE .

O vale dos rios Açu e o rio do Carmo estão encaixados em lineamentos de grande extensão, dois de direção NW com movimentos dextrais ao sul e sinistrais a norte e outro de direção E-W no qual o bloco norte rebaixou em relação ao bloco sul. Nota-se que o município de Afonso Bezerra, apresenta um aglomerado de lineamentos que seccionam os calcários da Formação Jandaíra e os arenitos da Formação Açu. Estes possuem direção preferencial NW. Somente alguns foram possíveis de serem identificados sua direções cinemáticas. As Lagoa do Piató e Ponta Grande tiveram sua origem ligada a tectônica da área, seccionada por um falhamento de direção quase E-W, no qual ao bloco norte rebaixou em relação ao bloco sul. Na lagoa de Ponta Piató existe uma transcorrência dextral propiciando um área mais rebaixada próximo ao rio Piranhas-Açu. de direção E-W. Na Lagoa de Ponta Grande a mesma também é seccionada por um cisalhamento sinistral fazendo que a parte mais rebaixada esteja próxima ao rio Piranhas-Açu. Estes lineamentos são responsáveis pelas feições geradas no relevo da área.

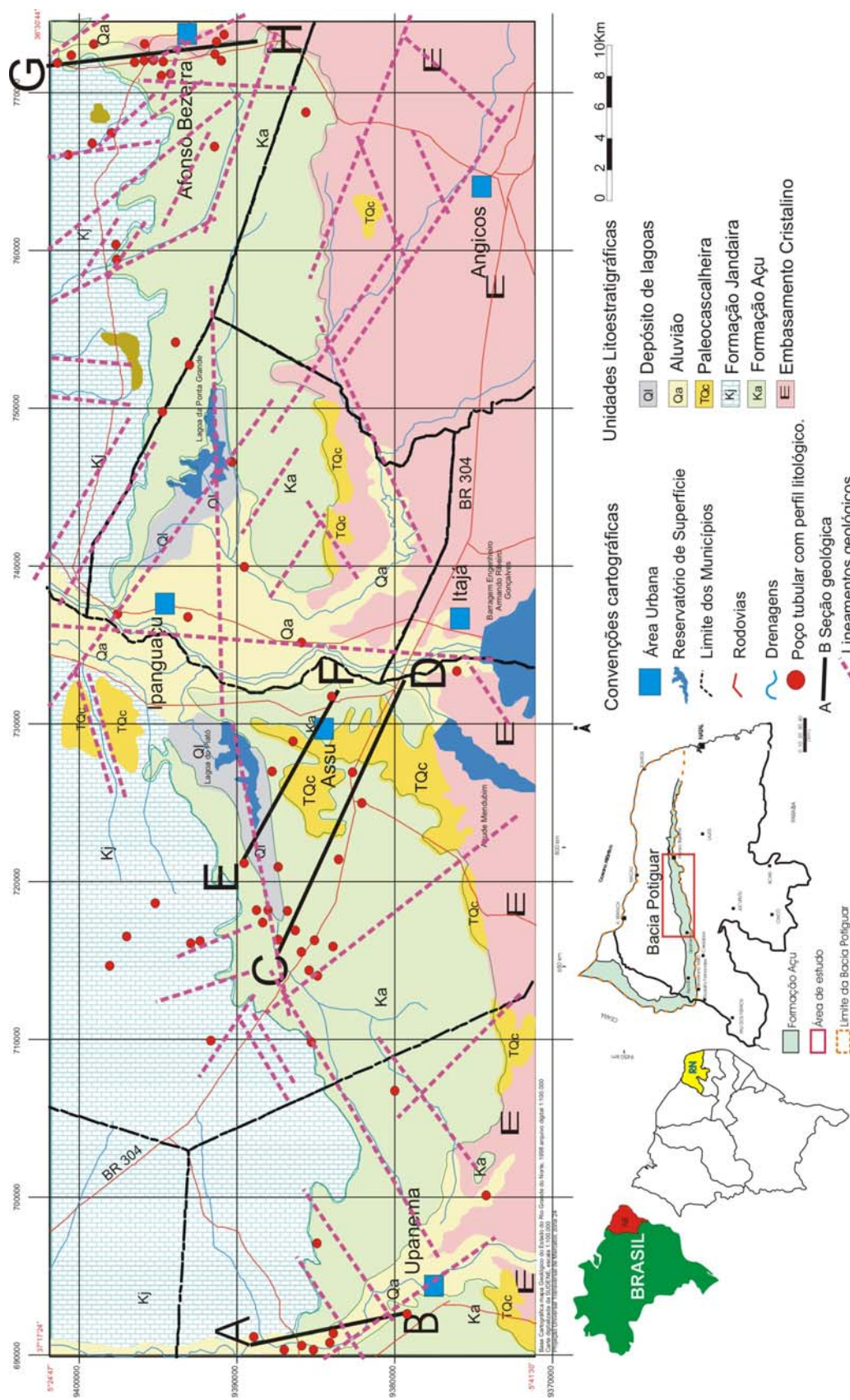


Figura 7.5: Mapa geológico simplificado com direção dos perfis elaborados e lineamentos geológicos extraídos através de dados de RADAR.

A partir das informações adquiridas pode-se dizer que a área de estudo foi afetada primeiramente por um evento de direção E-W, responsável pelo rebaixamento da porção norte da zona de afloramento da Formação Açú, esta foi seguida de uma tectônica de direção NW que atuou no embasamento cristalino, Formação Açú e Formação Jandaira. O provável último evento identificado na estruturação foi o de direção NE-SW ocorrendo no embasamento cristalino e Formação Açú com movimentação dextral e também somente no embasamento e na Formação Jandaira com movimentação não identificada. A figura 7.6 apresenta o diagrama de rosetas com as direções dos lineamentos identificados através da interpretação dos dados de radar e imagens de satélite. Nota-se que os lineamentos mais antigos estão proporcionalmente em menor quantidade do que os recentes, comentados anteriormente.

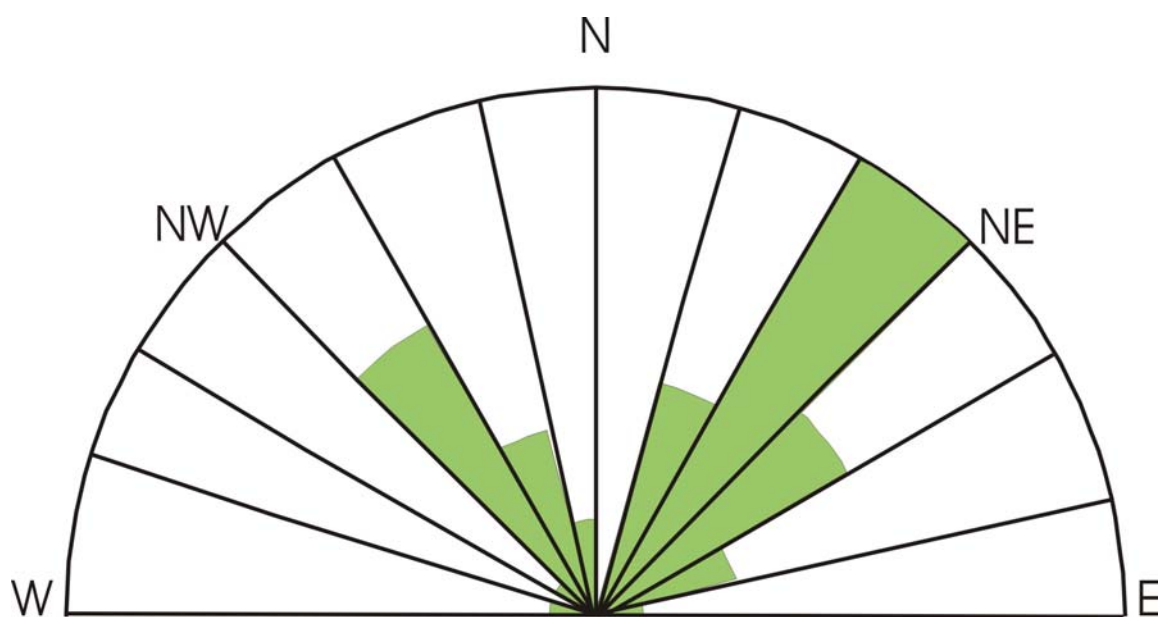


Figura 7.6. Diagrama de rosetas apresentando resultados dos 41 lineamentos extraídos a partir da interpretação das imagens de satélite Landsat-7 e tratamento de dados de RADAR.

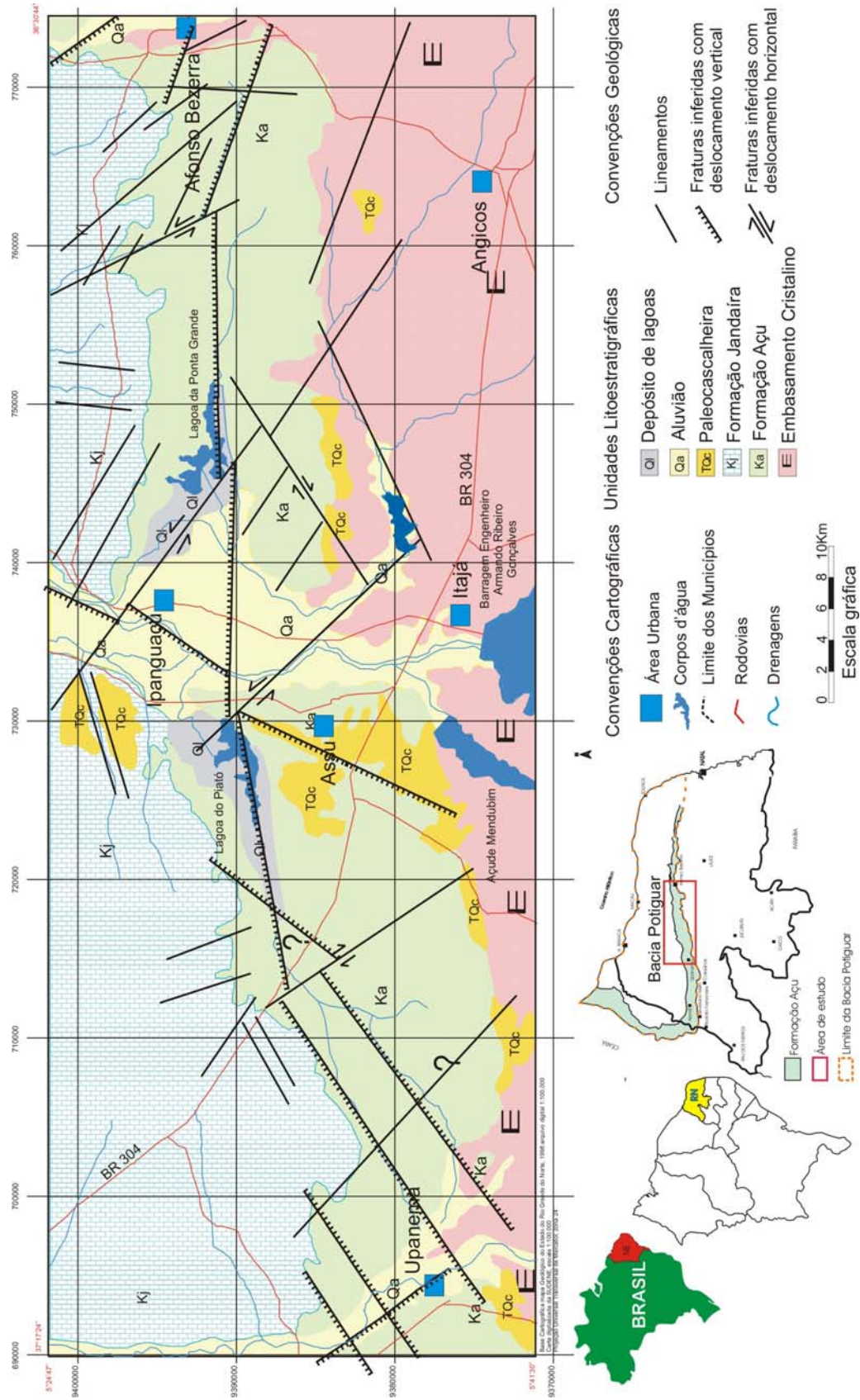


Figura 7.7: Mapa de estruturação geológica da área de estudo.

Perfis geológicos

A descrição dos perfis litológicos dos poços foi realizada com base nas fichas de poços dos construtores. A partir destes procurou-se elaborar uma legenda gráfica para as litologias, podendo as mesmas estarem relacionadas as duas Formações geológicas que ocorrem na área.

- Formação Jandaíra: representada por calcários, arenito calcífero, argilito calcífero, folhelho.
- Formação Açú: representada por areia grossa, areia média, areia fina, areia argilosa, arenito grosso, arenito fino, arenito argiloso e argila.

Perfil A-B

Esta seção de direção N-S, localizada na extremidade oeste da área, no município de Upanema é cortada provavelmente por 3 lineamentos podendo estes serem um dos responsáveis pelas elevações do nível de água subterrânea, que através das interpretações realizadas podem se tratar de um graben na parte central do perfil (Figura 7.8). Este graben é responsável para que seja apresentado no perfil a Formação Jandaíra. Nesta seção dois poços atingem o embasamento cristalino, o PS-0431 com aproximadamente 78 m de profundidade e o PS-506 com aproximadamente 93 m. Esta proximidade do embasamento da superfície pode ser em decorrência dos falhamentos que ocorrem neste setor da área. A descrição direta dos perfis litológicos impossibilita uma correlação das variações granulométricas e coloração que ocorrem nos perfis.

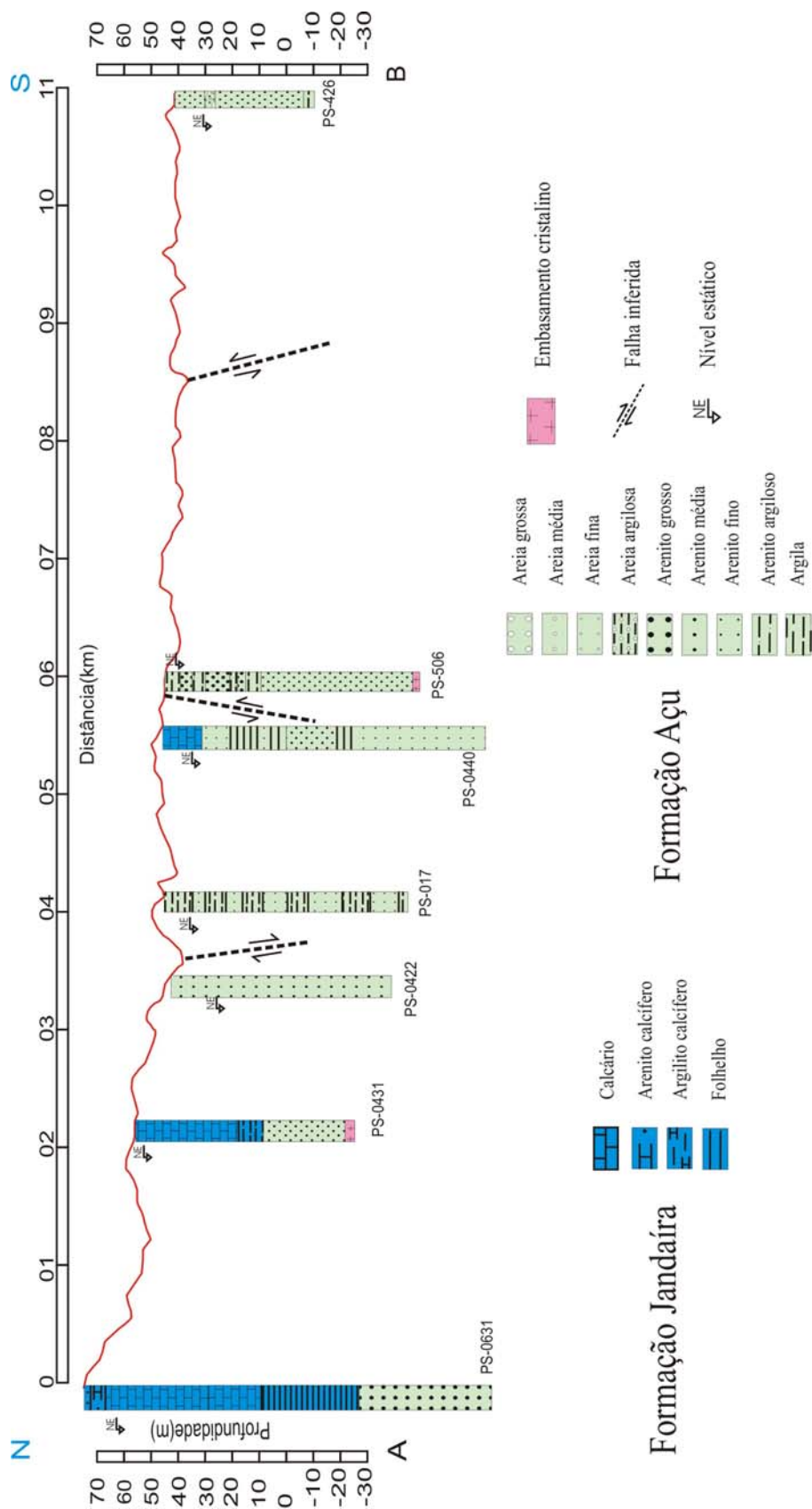


Figura 7.8: Perfil geológico A-B, localizado no município de Upanema

Perfil C-D

Possui direção WNW sendo formado por oito perfis litológicos (Figura 7.9), no qual três atingem o embasamento cristalino, PS-0592 a uma profundidade de 83 m, próximo ao contato com a Formação Jandaíra, e os poços PS-0599 com o embasamento a 99 m, e o poço PS-0693 com o embasamento a 114 m de profundidade, ambos próximo a zona urbana do município de Assu. Os outros perfis litológicos são representados basicamente por arenitos grossos, arenitos argilosos e algumas variações granulométricas e na coloração. Neste existe provavelmente um falhamento distante de 1 km a sul do poço PS-0689, no qual onde o bloco em que está a norte rebaixou em relação ao bloco que está ao sul.

Perfil E-F

Este perfil possui direção WNW-ESE, estando localizado no município de Assu paralelo a rodovia BR-304 (Figura 7.10). Nesta seção apenas um poço atinge o embasamento cristalino, poço PS-0704, encontrando o cristalino a uma profundidade de aproximadamente 54 m, este localizado na extremidade ESE do perfil, próximo a zona urbana do município. Os demais poços são representados por arenitos grossos, arenitos médios, arenito argiloso. Esta seção está cortado provavelmente por um falhamento de direção NW a 500 m a sul do poço PS-0175, no qual o bloco em que o poço PS-0175 está localizado rebaixou em relação ao bloco mais a sul.

Perfil G-H

Possui direção N-S e está localizado na extremidade leste da área de estudo (Figura 7.11). Trata-se de uma seção com nove poços no qual o que está mais a norte vai até o embasamento cristalino PS-0581 atingindo o cristalino a 27 m de profundidade e o poço PS-0195 com o embasamento cristalino a 95 m de profundidade. O poço PS-0163 apresenta um nível de 8 m de calcário na parte superior do poço, sendo esta caracterizada com um possível arenito calcífero, classificada como Formação Jandaíra. Os demais poços são representados por arenitos finos e grosseiros com níveis argilosos intercalados. Dois lineamentos ocorrem nesta seção, um está próximo ao poço PS-0469 e o outro próximo ao poço PS-0195. Através da interpretação integrada pode se inferir que este perfil está dividido em três blocos no qual o bloco da parte central trata-se de um Graben.

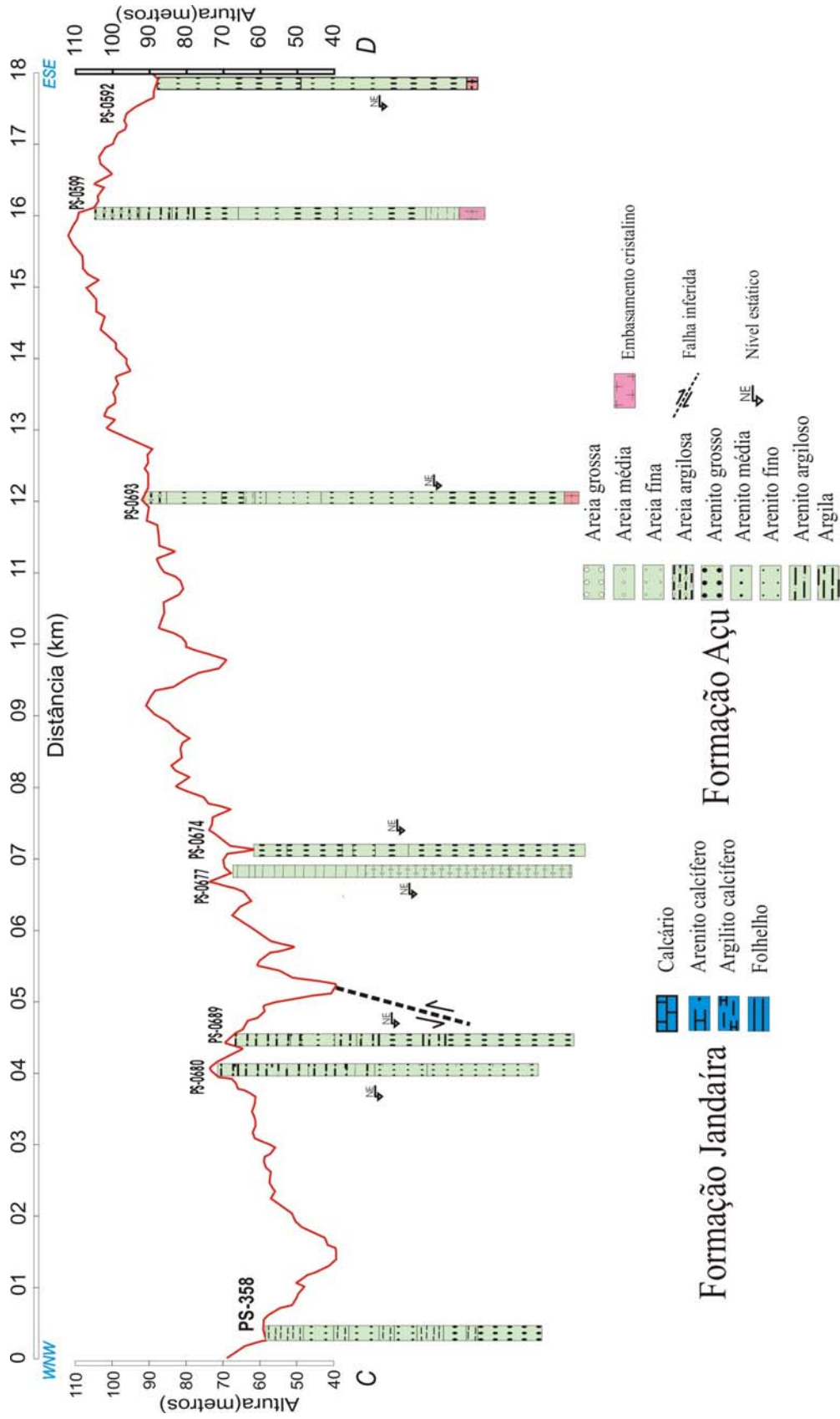


Figura 7.9: Perfil geológico C-D, localizado no município de Assu

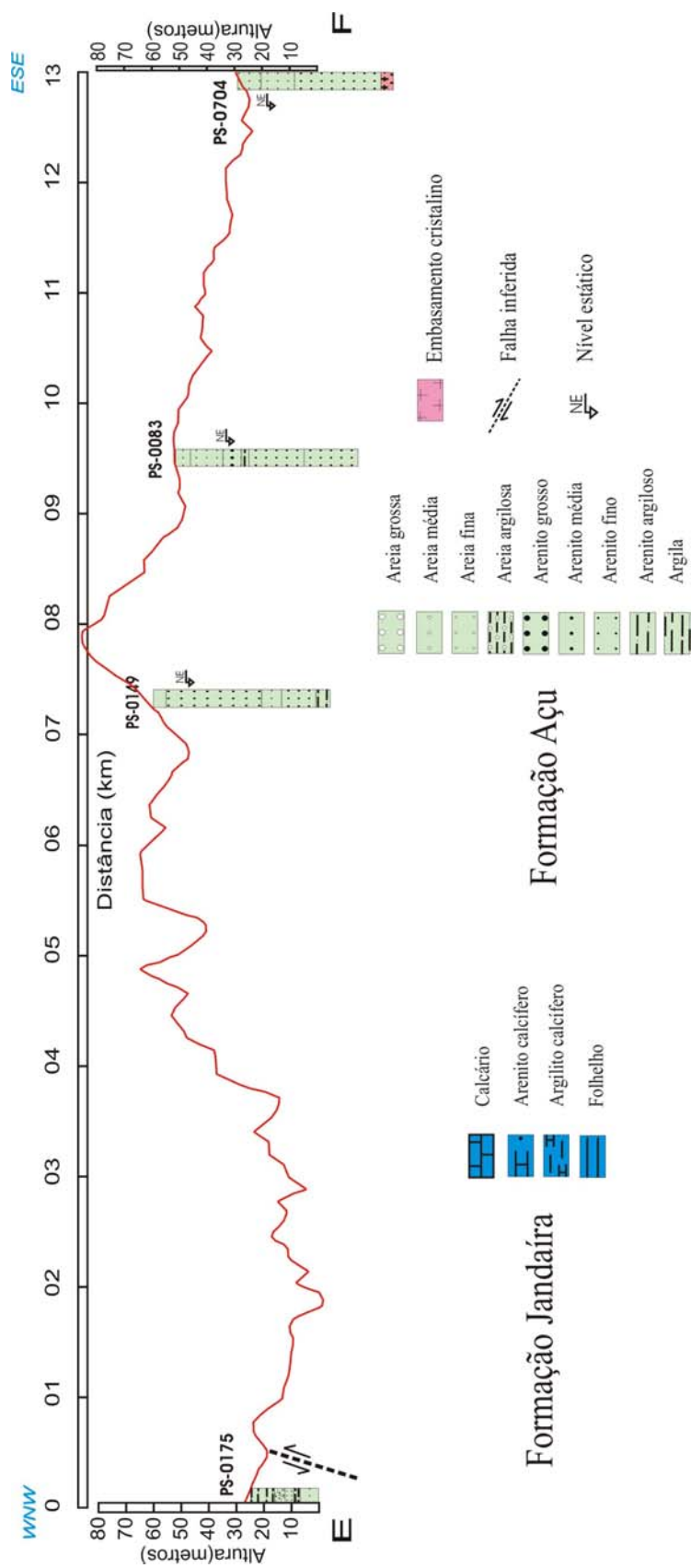


Figura 7.10: Perfil geológico E-F, localizado no município de Assu

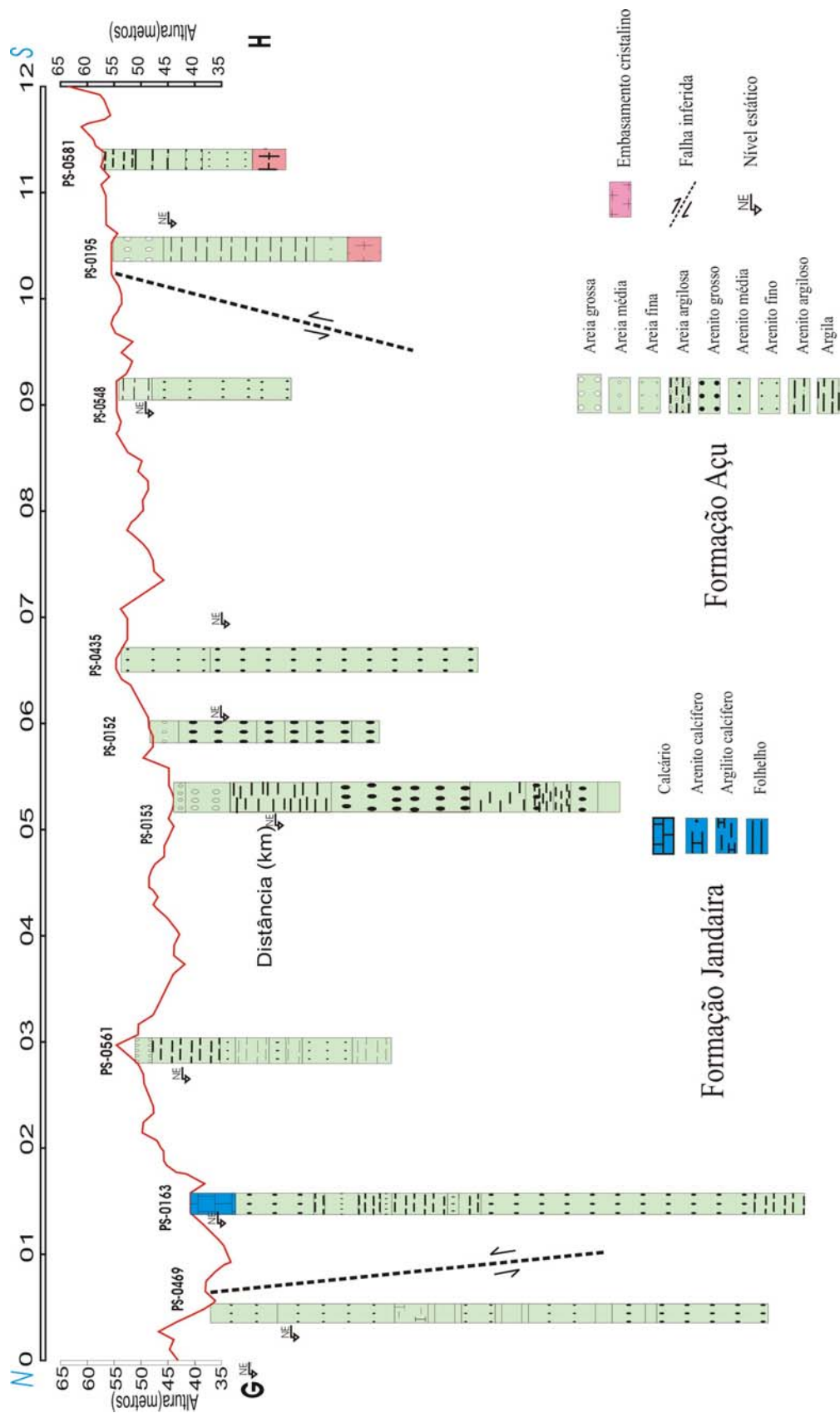


Figura 7.11: Perfil geológico G-H, localizado no município de Afonso Bezerra.

7.3 Parâmetros Hidrodinâmicos

Os parâmetros hidrodinâmicos das formações geológicas armazenadoras de água são obtidos através de testes de bombeamento, estes devem ser executados por pessoal qualificado e os resultados dos testes devem ser conduzidos por meio de métodos adequados de conformidade com as condições hidrogeológicas. Os testes de bombeamento, são classificados basicamente em dois tipos;

- (a) testes de aquífero e,
- (b) testes de produção.

Os testes de aquífero consistem no bombeamento de um poço com uma vazão constante e no acompanhamento da evolução dos rebaixamentos produzidos em um ou mais poços de observação e têm como finalidade a determinação dos parâmetros hidrodinâmicos dos sistemas aquíferos: transmissividade (T), coeficiente de armazenamento (S) e condutividade hidráulica (K).

Os testes de produção consistem na realização de um bombeamento em várias etapas e no registro da evolução dos rebaixamentos no próprio poço bombeado, com a finalidade de determinar as perdas de carga totais que ocorrem num poço. O somatório de todas as perdas de cargas existentes corresponde ao rebaixamento total que ocorre no poço, as quais podem ser divididas em lineares e não lineares. As perdas lineares (perdas no aquífero, na transição para o pré-filtro e devido a penetração parcial) ocorrem no aquífero e nas vizinhanças do poço em regime laminar e são diretamente proporcionais a vazão de bombeamento; as não lineares (perdas turbulentas nas vizinhanças do poço e no pré-filtro, por penetração parcial da água no poço e perdas axiais de ascensão da água até a bomba), ocorrem no próprio poço e em suas vizinhanças em regime de fluxo turbulento e são diretamente proporcionais a vazão de bombeamento elevada a um expoente “n”.

Os parâmetros hidrodinâmicos dos aquíferos variam muito de um local para outro, em função da variação de espessura, heterogeneidade e anisotropia dos sistemas aquíferos, sem considerar ainda com o nível de qualidade dos testes de bombeamento.

Os parâmetros hidrodinâmicos de um aquífero são:

- Transmissividade (T),
- Permeabilidade ou condutividade hidráulica (K),
- Coeficiente de armazenamento (S), e
- Porosidade específica (m).

Transmissividade (T): corresponde a vazão de uma água através de uma seção vertical do aquífero (espessura saturada do aquífero), com largura unitária. É medida em m^2/s .

Permeabilidade ou condutividade hidráulica (K): representa a facilidade com que a água se move dentro da rocha, sendo assim função do tamanho dos poros, da forma e distribuição dos grãos da rocha. É medida em m/s ou cm/s.

Coeficiente de armazenamento do aquífero (S): é o volume que pode ser liberado ou armazenado do aquífero (aquífero confinado), por unidade de área horizontal, por variação unitária do nível das águas subterrâneas. É adimensional.

Porosidade específica (m): corresponde ao coeficiente de armazenamento no caso de aquífero livre. É definido como o volume total de água drenável de uma camada aquífera sobre o volume total da camada. É adimensional.

Neste trabalho só serão obtidos os valores referente a transmissividade e condutividade hidráulica do aquífero, utilizando dois métodos, Cooper & Jacob e o método de recuperação de Theis & Jacob.

Método de Cooper & Jacob

O método de Cooper & Jacob é baseado na equação de Theis (equação de não-equilíbrio). As condições para aplicação desse método, entretanto, são bem mais restritas que o método de Theis. Na fórmula de Theis, a função exponencial integral pode ser desenvolvida em uma série convergente, tal que o rebaixamento pode ser descrito como:

$$s = \frac{Q}{4\pi T} \left(-0,5772 - \ln u + u - \frac{u^2}{2.2!} + \frac{u^3}{3.3!} + \dots \right)$$

Onde: $u = \frac{r^2 S}{4Tt}$

r = distância do poço bombeado ao observado (m)

s = rebaixamento a uma distância r do poço bombeado (m)

Q = vazão de bombeamento (m³/s ou m³/d)

T = transmissividade (m²/s ou m²/d)

S = coeficiente de armazenamento (adimensional)

t = tempo a partir do início do bombeamento (s)

Observe que o valor de “u” decresce quando o tempo de bombeamento “t” aumenta (da equação $u = r^2 S / 4Tt$). Nestas condições, para grandes valores de “t” e subsequentemente pequenos valores de “r”, o valor de u torna-se muito pequeno, e, portanto, desprezível para fins práticos.

Com base nisso, Jacob mostrou que a equação Theis pode ser simplificada para:

$$s = \frac{Q}{4\pi T} (-\ln u - 0.57772)$$

Substituindo “u” pelo seu valor ($r^2 S / 4Tt$) e fazendo a transformação de logaritmo neperiano para logaritmo de base decimal e operando, obtêm-se:

$$s = \frac{0.183Q}{T} \log \frac{2.25Tt}{r^2 S}$$

Para um mesmo ponto de observação, situado a uma distância “r”, tomando diferentes tempos “t₁ e t₂”, obtêm-se os rebaixamentos s₁ e s₂, respectivamente. Assim:

$$s_1 = \frac{0.183Q}{T} \log \frac{2.25Tt_1}{r^2 S} \quad \text{e,}$$

$$s_2 = \frac{0.183Q}{T} \log \frac{2.25Tt_2}{r^2 S}$$

$$\text{Subtraindo-se } s_2 \text{ de } s_1, \text{ obtêm-se: } s_1 - s_2 = \Delta s = \frac{0.183Q}{T} \log \frac{t_2}{t_1} \quad (\text{Equação do Rebaixamento})$$

$$\text{No ponto de rebaixamento nulo (} s = 0 \text{), tem-se que: } \frac{0.183Q}{T} \log \frac{2.25Tt}{r^2S} = 0$$

e, desde que T, Q, r e S são constantes, a condição necessária e suficiente é que:

$$\log \frac{2.25Tt_0}{r^2S} = 0 \quad \text{ou}$$

$$\frac{2.25Tt_0}{r^2S} = 1$$

$$\text{e, portanto, o coeficiente de armazenamento (S) é: } S = \frac{2.25Tt_0}{r^2}$$

Método de Recuperação de Theis & Jacob

Em muitos casos, dados de poços de observação não são disponíveis e assim sendo para estimar as propriedades do aquífero deve-se recorrer a dados de rebaixamento no próprio poço de bombeamento. Infelizmente, a água entrando no poço está sujeita a perda de carga, causando

um rebaixamento adicional no mesmo, significativamente maior que o rebaixamento no aquífero.

Assim sendo, o uso de dados de rebaixamento x tempo, nestas condições, irá subestimar a transmissividade da formação. Isto pode ser superado através da medida de recuperação do nível da água após o bombeamento ter sido interrompido. Neste caso os dados de rebaixamento residual ou recuperação podem ser plotados e a transmissividade do aquífero estimada. O rebaixamento é plotado sobre o eixo do y em escala numérica, e a taxa t/t' (tempo inicial de bombeamento pelo tempo final) no eixo x, em escala logarítmica. De acordo com Theis o rebaixamento residual após o bombeamento é: $s \approx \frac{r^2S}{4Tt}$, sendo que:

$$u = \frac{r^2S}{4Tt}$$

$$u' = \frac{r^2S}{4Tt'}$$

Onde: s' = rebaixamento residual (m);

r = distância do poço bombeado ao observado (m);

T = transmissividade do aquífero (m^2/s);

S e S' são os valores de armazenamento durante o bombeamento e recuperação respectivamente;

t e t' representam o espaço de tempo entre o início e o final do bombeamento respectivamente.

Usando a aproximação para a função poço $w(u)$, mostrado no método de Cooper & Jacob, essa equação torna-se:

$$s' = \left(\frac{Q}{4\pi T} \right) \left(\ln \frac{4Tt}{r^2 S} - \ln \frac{4Tt'}{r^2 S'} \right)$$

Quando S e S' são constantes e iguais, e o tempo é constante, esta equação pode ser reduzida para: $s' = \frac{2.3Q}{4\pi T} \log \left(\frac{t}{t'} \right)$

A figura 7.12 apresenta o comportamento da curva rebaixamento *versus* tempo durante o bombeamento de um poço e sua respectiva recuperação.

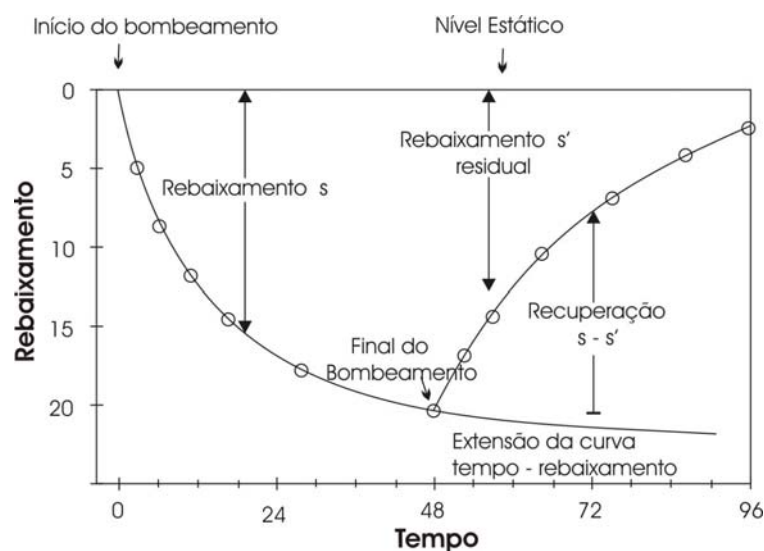


Figura 7.12: Curva rebaixamento *versus* tempo durante o bombeamento e recuperação.

Correção de Jacob para aquífero livre

As equações apresentadas para o aquífero confinado podem ser aplicadas no caso de aquífero livre mediante a correção de rebaixamento proposta por Jacob:

$$s' = s - \left(\frac{s^2}{2h_0} \right)$$

Onde, s' = rebaixamento corrigido (m)
 s = rebaixamento medido (m)
 h_0 = espessura saturada efetiva do aquífero (m)

Interpretação dos resultados dos testes de bombeamento

A análise dos dados dos testes de bombeamento foi realizada com o uso do *software Aquifer Test 3.5*, no qual através do mesmo foi calculado os valores de transmissividade e condutividade hidráulica através do método de Tempo de Rebaixamento de Cooper-Jacob- (Cooper & Jacob, *Time Drawdown*) e Recuperação de Theis (*Theis Recovery*).

Os poços no qual os testes foram executados não possuíam coordenadas geográficas, portanto alguns deles foram localizados somente pela localidade em que o mesmo se encontra (Figura 7.3 e Figura 7.13).

Tabela 7.3: Informações dos poços com testes de bombeamento e teste de recuperação

Poço	Município	Localidade	Prof. (m)	NE (m)	ND (m)	Vazão (L/h)
185	Ipanguaçu	Tira Fogo	88	49,5	50,25	3.280
120*	Assu	Sítio Boa Vista	78	36,95	37,63	8.500
583	Upanema	Ass. Baixa do Dutra	112	61,5	67,43	6.000
564	Ipanguaçu	Sede	40	5,14	5,80	7.900
323	Afonso Bezerra	Agrovila Moleque	74	34,15	34,94	4.800
400	Ipanguaçu	Povoado Arapuá	150	27,00	30,62	25.000
Afb	Afonso Bezerra	Ass. Santa Maria	85	21,60	27,53	37.800

*Somente teste de bombeamento

Quase todos os poços encontram-se nas proximidades do contato com a Formação Jandaíra. Os valores serão expressos e comentados em duas unidades.

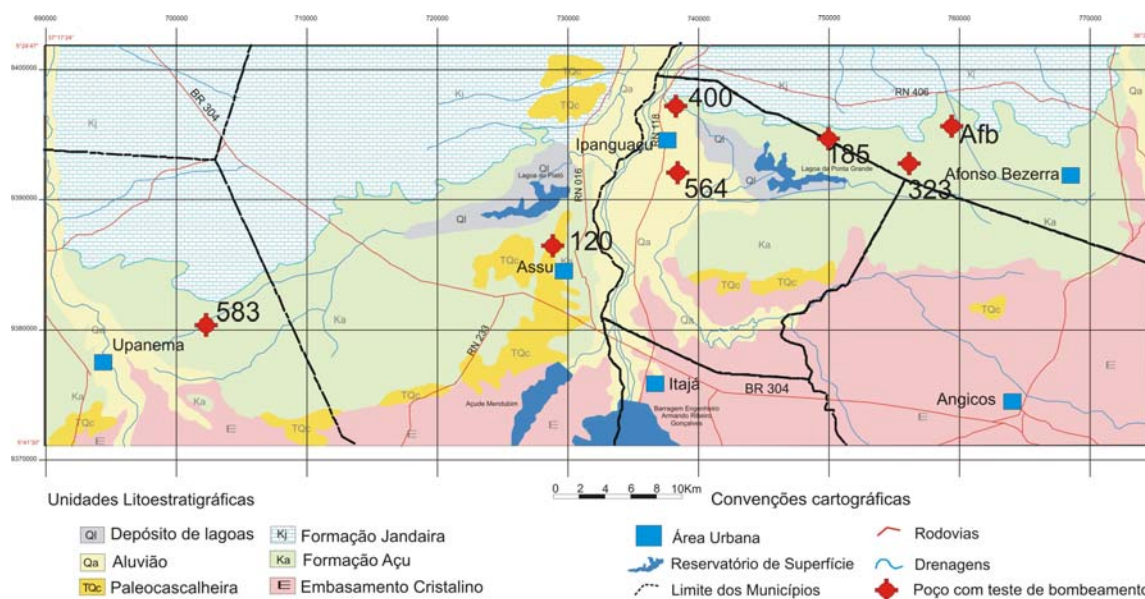


Figura 7.13: Mapa geológico simplificado com poços que possuíam testes de bombeamento.

Os valores de transmissividade calculados pelo método de Theis & Jacob (Tabela 7.4) variam de $4,17 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ ($36 \text{ m}^2/\text{d}$) no poço 583 no município de Upanema a $5,1 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ ($441 \text{ m}^2/\text{d}$) no poço 120 próximo ao município de Assu. A condutividade hidráulica variou de $8,25 \times 10^{-6} \text{ m/s}$ ($0,71 \text{ m/d}$) no poço 583 a $1,28 \times 10^{-4} \text{ m/s}$ ($11,1 \text{ m/d}$) no poço 564 no município de Upanema. Os valores de transmissividade e condutividade hidráulica são apresentados na tabela 7.3, os dados dos testes e gráficos são apresentados respectivamente no ANEXO II e ANEXO III.

Tabela 7.4: Valores de transmissividade (T) e Condutividade hidráulica (K) obtidos através do método de Cooper & Jacob.

Poço	T (m^2/s)	T (m^2/d)	K (m/s)	K (m/d)
185	$3,04 \times 10^{-3}$	263	$7,90 \times 10^{-5}$	6,82
120	$5,10 \times 10^{-3}$	441	$1,24 \times 10^{-3}$	10,7
583	$4,17 \times 10^{-4}$	36	$8,25 \times 10^{-6}$	0,71
564	$4,48 \times 10^{-3}$	387	$1,28 \times 10^{-4}$	11,1
323	$5,00 \times 10^{-3}$	432	$1,26 \times 10^{-4}$	10,8
400	$5,03 \times 10^{-3}$	435	$4,09 \times 10^{-5}$	3,54
Afb	$3,60 \times 10^{-3}$	311	$1,09 \times 10^{-4}$	9,43

Através do método de recuperação de Theis o menor valor de transmissividade (Tabela 7.5) foi de $4,18 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ ($37,3 \text{ m}^2/\text{d}$) no poço 583 e o maior valor para transmissividade foi de $4,52 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ ($390 \text{ m}^2/\text{d}$) no poço 323. A menor condutividade hidráulica foi de $8,28 \times 10^{-6} \text{ m/s}$ ($0,71 \text{ m/d}$) no poço 583 e a maior foi de $1,13 \times 10^{-4} \text{ m/s}$ ($9,8 \text{ m/d}$) no poço 323. Somente o poço 583 apresentou valores similares comparando os dois métodos.

A maior disparidade entre os métodos no que se refere a transmissividade foi o poço 400, com valor de $219 \text{ m}^2/\text{d}$ e $435 \text{ m}^2/\text{d}$. Já o poço que apresentou uma maior diferença na condutividade hidráulica foi o poço 564, onde a condutividade hidráulica foi de 6 m/d e $11,1 \text{ m/d}$. Observa-se que com exceção do poço Afb, todos os outros o método de Cooper & Jacob apresentou valores superiores ao do método de recuperação de Theis & Jacob.

Tabela 7.5: Valores de transmissividade (T) e Condutividade hidráulica (K) obtidos através do método de Recuperação de Theis & Jacob.

Poço	T (m ² /s)	T(m ² /d)	K (m/s)	K(m/d)
185	1.78×10^{-3}	154	4.63×10^{-5}	4,00
120	-	-	-	0,91
583	4.18×10^{-4}	36,1	8.28×10^{-6}	0,71
564	3.01×10^{-3}	205	8.79×10^{-5}	6,00
323	4.52×10^{-3}	390	1.13×10^{-4}	9,80
400	2.53×10^{-3}	219	2.06×10^{-5}	1,78
Afb	2.37×10^{-3}	369	6.94×10^{-5}	5,87

**08- Unidades de Uso e Ocupação do Solo e
Vulnerabilidade Ambiental Natural do
Aqüífero Açú**

8- UNIDADES DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO E VULNERABILIDADE AMBIENTAL NATURAL DO AQUÍFERO AÇU

8.1- Uso e Ocupação do Solo e Fontes Potenciais de Contaminação

O Zoneamento Ambiental (ZA) trata de uma compartimentação de uma determinada área no qual divide-se a mesma de acordo com suas características, vegetação, geologia, ocupação urbana entre outros fatores. O termo “Zoneamento Ambiental (ZA)” foi considerado no Brasil apenas como o resultado da setorização realizada de Unidades de Conservação, Parques Nacionais, Estações Ecológicas entre outros, com o objetivo de apoiar seus planos de manejo.

O Zoneamento Ambiental (ZA) foi declarado instrumento de planejamento e gestão (Inciso II, art. 9º, Lei 6.938/81) ao tempo em que se criou o Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA), juntamente com os Estudos e Relatórios de Impacto Ambiental (EIA/RIMA) e Gerenciamento de Bacias Hidrográficas.

Resoluções do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) mencionam o “Zoneamento Ambiental” sem, contudo precisar seus limites, nem suas vinculações e superposições com outros praticados no país e adjetivados como: urbano, industrial, agro-ecológico, macrozoneamento geoambiental, macrozoneamento costeiro, ecológico-econômico, entre outros.

A Constituição de 1988 delegou à União a competência de elaborar e executar planos de ordenação do território e desenvolvimento econômico e social, consoante a regulação e promoção de usos sustentados dos pontos de vista ecológico, social e econômico.

O diagnóstico ambiental assim concebido fornece os subsídios para um prognóstico dos usos adequados às especificidades de cada unidade identificada .

Neste trabalho foi realizado um zoneamento da área, segundo suas formas de uso e ocupação do solo, sendo uma base para a elaboração de um zoneamento ambiental. Foram utilizadas imagens de sensores remotos Landsat 7, satélite CBERS, informações da geologia, urbanização, e visitas *in loco*.

Considera-se que qualquer atividade antrópica poderá afetar o ambiente natural, tendo a sua magnitude variando de acordo com a dimensão da ocupação.

O zoneamento da área de estudo considerou a existência das seguintes unidades de ocupação do solo:

- Área de manejo agrícola intensivo
- Área de manejo agrícola ou pecuária de pequena intensidade
- Área de vegetação caatinga
- Zona urbana
- Corpos d'água de superfície

Para a realização da compartimentação da área de estudo, considerou a mesma com uma área efetiva de 1600 km², ou seja, esta área abrange além do afloramento da Formação Açu, parte do embasamento cristalino na porção sul da área e parte da Formação Jandaira, localizada ao norte da área. A figura apresenta a porcentagem de cada unidade dentro da área, considerando também os corpos d'água. A área de corpos d'água representa cerca 1% (23,2 km²), seguido da área urbana com 1% (15,9 km²). As áreas de cultivo agrícolas foram subdivididas em duas subáreas; manejo agrícola intensivo, com 9% (141,8 km²) seguido da área de manejo agrícola e pecuária de pequena intensidade com 28% (449,7 km²). A área de vegetação de caatinga representa 61% (969 km²). O percentual de cada unidade é apresentado na figura 8.1.

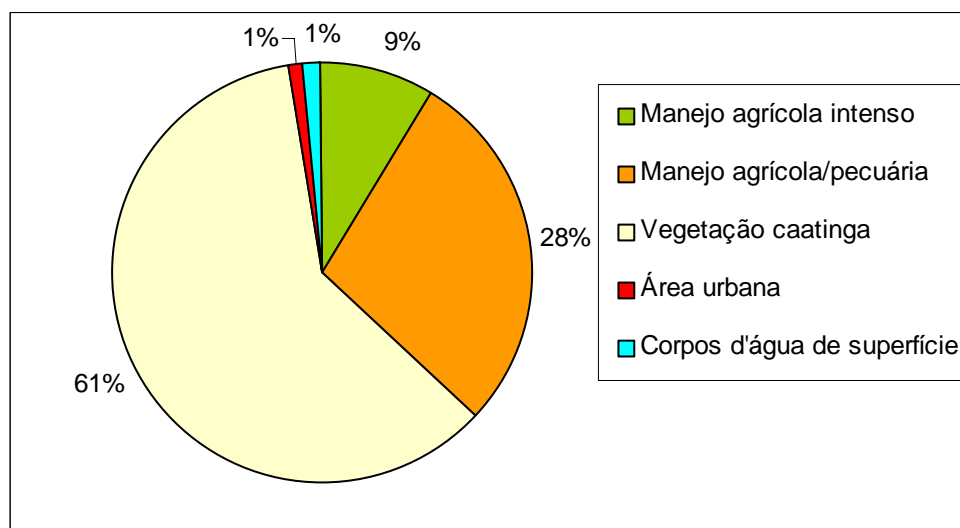


Figura 8.1: Percentual de cada unidade na área de estudo.

Área de manejo agrícola intensivo

Esta unidade está localizada principalmente as margens dos rios Piranhas-Açu e rio do Carmo, existindo algumas ocorrências próximas a rodovia BR-304 e em algumas localidades afastados dos vales dos rios no município de Afonso Bezerra. Esta representada por intenso cultivo de banana (Figura 8.2), manga, melão entre outras culturas, de forma intensiva, pois estas áreas estão melhores servidas em relação a distância da origem das águas, ou seja, a irrigação é melhor facilitada em decorrência da disponibilidade dos recursos hídricos estarem próximos. A área de manejo agrícola intensivo representa 09% da área de estudo, são áreas onde ocorrem uso de fertilizantes e defensivos agrícolas tornando uma área susceptível a mudanças na qualidade das águas gerada pela a introdução de elementos químicos no meio ambiente. Na área irrigada da planície aluvial do Açu, em decorrência do sistema de drenagem deficiente, pode gerar problemas de salinização do solo, tornando o meio impróprio para a prática agrícola, tornando também uma recuperação dispendiosa (SERHID, 1998). A agricultura intensiva, geralmente baseada no uso de fertilizantes e produtos químicos para proteger a cultura, é uma das causas principais de contaminação das águas subterrâneas por nitrato e pesticidas (REBOUÇAS, 1992).



Figura 8.2 : Área de manejo agrícola intensiva, cultivo de banana no município de Ipanguaçu.

Área de manejo agrícola ou pecuária de pequena intensidade

Esta unidade representa 28% da área, compreende faixas que já foram utilizadas como áreas agrícolas de algodão, carnaúba, ou são utilizadas atualmente no plantio de culturas sazonais e também como pecuária de pequena intensidade como criação de rebanho de gado ou ovinos. São representadas por faixa com solo as vezes exposto, tornando assim os processos erosivos mais acentuados, não ocorrendo somente na área de domínio dos aluviões, sendo a mesma encontrada em várias faixas da área de estudo. No que refere a contaminação o meio ambiente trata-se de uma área que foi modificada pelo homem, que já ocorreu um provável uso de fertilizantes ou defensivos agrícolas e que atualmente também pode estar sendo alterado pela a concentração dos resíduos gerados pela a concentração de animais.

Área de vegetação caatinga

Esta área engloba boa parte da área com 61%, representada pela a vegetação nativa do tipo caatinga de porte médio a grande. Atualmente esta área é utilizada como fonte de extração de lenha para utilização nas indústrias cerâmicas e outras utilidades nas imediações. Representa uma área que está sendo constantemente afetada em decorrência dos desmatamentos gerados principalmente pela a expansão agrícola de pequeno porte.

Zona urbana

Esta unidade representa apenas 1% da área de estudo, é caracterizada pelos adensamentos populacionais. Com isso estas áreas são os locais que ocorrem despejo de esgotos, maior consumo de água, despejo de lixo entre outros agravos ao meio ambiente. Na área do município de Assu, parte dos dejetos são lançados diretamente no rio Piranhas-Açu e também da mesma forma ocorre no município de Upanema, onde parte dos esgotos da cidade são lançados direto no rio do Carmo. A única cidade que foi identificada uma estação de tratamento de esgotos foi a cidade de Afonso Bezerra. As áreas urbanas tornam-se áreas de grande impacto ambiental nas águas subterrâneas, pois nas mesmas ocorre uma modificação do ciclo hidrológico pela mudança na infiltração natural de águas, ocorre também uma exploração acentuada do aquífero e gera a emissão de cargas contaminantes das mais diversas origens, modificando a qualidade das águas.

Corpos D'água de Superfície

É representado basicamente pela lagoa do Piató (Figura 8.3) com aproximadamente 2,1 km² e a Lagoa de Ponta Grande com aproximadamente 1,2 km², ocupando 1% da área total de estudo. Representam para região uma grande fonte econômica de recursos pesqueiros para as comunidades locais e também uma opção de lazer, pois trata-se de uma área balneável. O rio Piranhas-Açu também representa um espelho d'água de expressão na área, existindo em alguns pontos uma calha de mais de 500 m de uma margem a outra do rio, que em períodos chuvosos fica totalmente ocupados pelo curso do rio. Também merece destaque o rio do Carmo, que passa na cidade de Upanema, Rio Pataxós no município de Ipanguaçu e o rio Mulungu no município de Afonso Bezerra.



Figura 8.3: Vista parcial da margem sul da Lagoa do Piató

Fontes Potenciais de Contaminação

O mapeamento das fontes potenciais de contaminação é essencial em qualquer trabalho que envolva recursos hídricos, trata-se de um detalhamento do mapa de uso e ocupação do solo (Figura 8.4), pois em trabalhos de dimensões regionais tais fontes podem não serem visualizadas de acordo com a escala utilizada.

Segundo Branco (1991), contaminação refere-se à simples transmissão, pela água, de elementos, compostos ou microorganismos que possam prejudicar a saúde do homem ou de animais que a bebem. Já a poluição se caracteriza muito mais por seus efeitos ecológicos, que produzem transformações do meio ambiente, de forma a este tornar-se impróprio ao desenvolvimento normal das populações aquáticas.

O risco potencial de contaminação das águas subterrâneas, em sua conceituação básica, é atribuído à interação entre dois fatores fundamentais;

- a) carga contaminante,
- b) vulnerabilidade natural do aquífero de ser afetado pela carga contaminante (FOSTER *et al*, 1987; FOSTER, *et al*, 1988, HIRATA, *et al*, 1990 e BASTOS, *et al*, 1990).

A carga contaminante é caracterizada em função de sua classe, intensidade, modo de disposição no terreno e duração, enquanto que a vulnerabilidade do sistema aquífero depende da litologia e estrutura hidrogeológica do terreno.

As águas subterrâneas estão susceptíveis a diversas alterações na qualidade e quantidade em decorrência dos fatores antrópicos.

Indústrias, áreas destinadas a agricultura, criação de rebanho confinado também são fontes potenciais de contaminação em decorrência dos resíduos gerados por essas atividades. Estas áreas geralmente exploram volumes elevados de águas subterrâneas, ou seja, dependem diretamente destes recursos para o seu desenvolvimento.

Uma área após a sua contaminação trará problemas de saúde para a população nas imediações e também mudanças na dinâmica do ecossistema local.

Para investigar uma área contaminada é preciso compreender a magnitude da contaminação existente e informações do meio-físico, como geologia e hidrogeologia (HASSUDA, 2003), bem como a característica do elemento contaminante.

Como fontes potenciais de contaminação foram considerados dentro da área os seguintes focos; Cemitério; Posto de combustível; Resíduos sólidos diversos (não doméstico) Resíduos sólidos/ lixões domésticos; Estação de tratamento de esgoto.

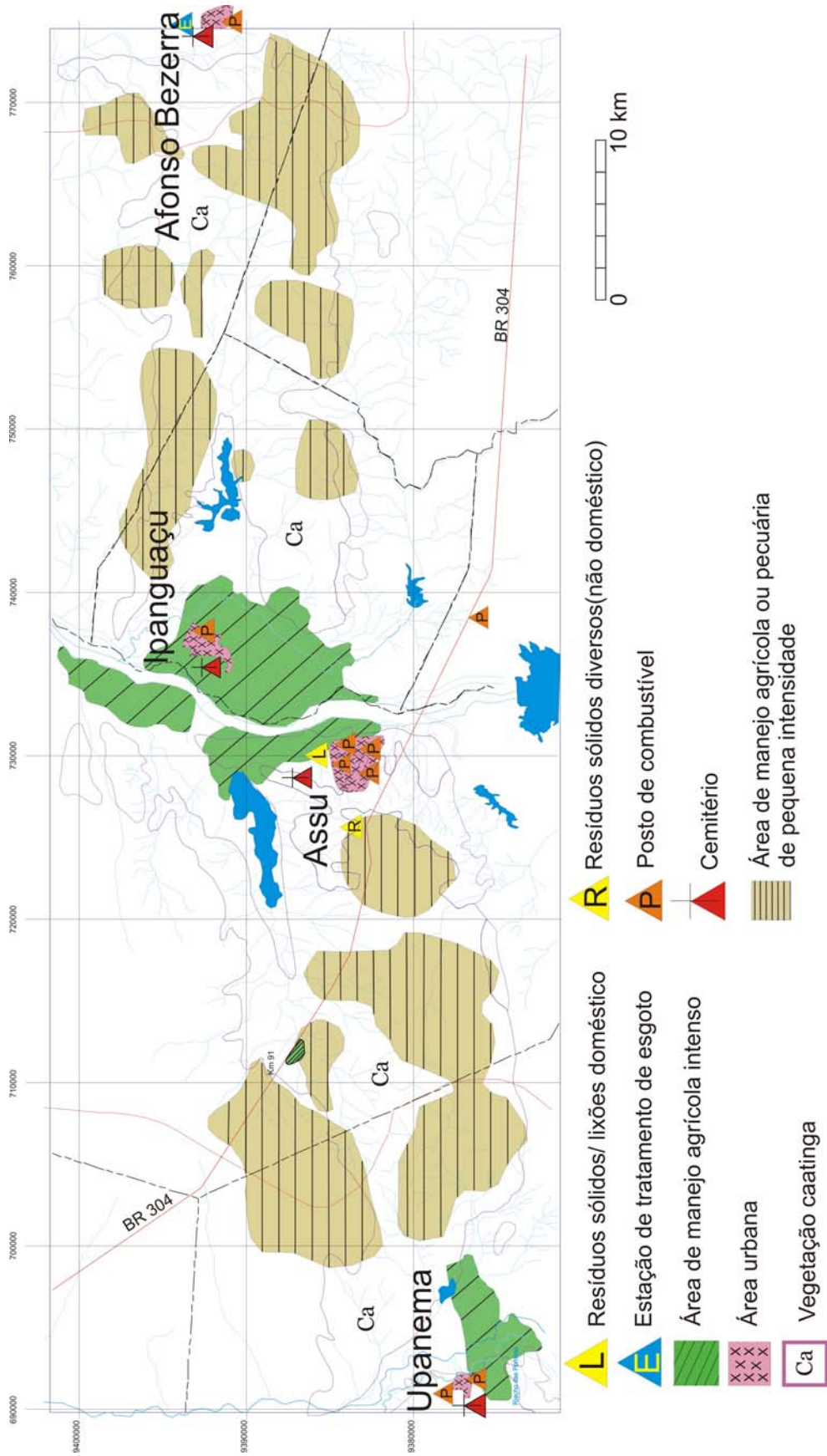


Figura 8.4: Mapa de Uso e Ocupação do solo e Fontes Potenciais de Contaminação .

Os cemitérios representam um grande risco a contaminação em decorrência da decomposição dos cadáveres que geram um produto lixiviado denominado de “necrochorume” que poderá dependendo das condições locais chegar até o lençol freático.

Os riscos ambientais às águas subterrâneas dos mesmos estão associados aos micro-organismos, que proliferam durante a decomposição dos corpos, e elementos químicos diversos (PACHECO *et al.*, 1992; MIGLIORINI, 1994)

Na área de estudo são de pequena densidade, não representando assim um risco de grande potencial, mas somente um risco localizado e de forma incipiente. Estes ocorrem próximos e ou dentro do perímetro urbano da cidade.

Os postos de combustíveis de um modo geral representam uma fonte potencial de contaminação em decorrência de vazamentos acidentais de combustíveis e ou em decorrência de vazamentos de tanques subterrâneos de armazenamento. O risco potencial dos tanques armazenadores de combustíveis se dá também pelo volume estocado e pela dispersão espacial das fontes e dos produtos estocados (CAVALCANTE & SABADIA, 1992) A caracterização da carga contaminante é essencial para um diagnóstico da magnitude da mesma (COSTA, 2003). Na área de estudo os postos de combustíveis estão localizados nas imediações ou dentro das áreas urbanas.

Os lixões quando em processo de decomposição geram o chorume, que quando lixiviado são carreados para os mananciais hídricos seja de superfície ou de subsuperfície. Um resíduo sólido pode ser definido como qualquer substância indesejável que não tenha consistência suficiente para fluir por si mesma, não sendo útil em sua forma original ou para o processo em que foi gerada (FOSTER, 1993). Os resíduos sólidos podem ser de várias origens, doméstico, industrial, hospitalar, agrícola e outras origens diversas, mas que podem afetar o equilíbrio ambiental pela introdução de material ou substâncias ao meio.

Na área de estudo os resíduos sólidos foram divididos em dois tipos;

- resíduos sólidos/ lixões doméstico,
- resíduos sólidos diversos(não doméstico).

O primeiro representa aqueles depósitos de resíduos predominantemente domésticos, não sendo diferenciando o tipo de resíduo que ocorre. O segundo trata-se de acumulações de resíduos de apenas um tipo, podendo ser depósito de embalagens de

agrotóxicos, depósitos de óleos entre outros. No caso identificado na área de estudo foi um depósito de sal (NaCl) nas margens da rodovia BR-304, próximo a cidade de Assu (Figura 8.5).



Figura 8.5 : Depósito de cloreto de sódio, as margens da rodovia BR-304 nas proximidades da cidade de Assu.

A estação de tratamento de esgoto ou lagoas de efluentes torna-se uma fonte potencial de contaminação pois quando a mesma não possui uma manutenção devida poderá gerar despejos de esgoto nas imediações ou então percolação de sua carga diretamente para o aquífero. Segundo (MILLER & SCALF, 1974 *In* FOSTER, 1993) a grande maioria das lagoas tem uma base constituída de materiais naturais, impermeabilizados a um certo grau como resultado de compactação do solo e da sedimentação. Com o passar dos tempos a impermeabilização vai ficando frágil, seja em decorrência das limpezas ou mesmo por falhas estruturais naturais que surgem em qualquer construção.

Na área de estudo a única estação de tratamento de esgoto encontrada foi nas imediações da zona urbana de Afonso Bezerra, está quando mal operada representa um risco a contaminação das áreas no seu entorno e principalmente a jusante da mesma.

8.2 Vulnerabilidade Ambiental Natural das Águas Subterrâneas

Segundo Voigt (2003), o primeiro mapa de vulnerabilidade elaborado foi na França, na escala de 1:1 milhão, desenvolvido por Margat (1968), introduzindo o termo “vulnerabilidade da água subterrânea a contaminação”.

A vulnerabilidade de uma unidade geológica em termos gerais está ligada a capacidade em que a mesma está mais propícia a sofrer mudanças na qualidade ou quantidade do que outra unidade geológica. Existem muitas definições e métodos utilizados para trabalhar com a vulnerabilidade natural.

O termo vulnerabilidade à contaminação do aquífero é utilizado para representar as características intrínsecas que determinam a susceptibilidade de um aquífero de ser adversamente afetado por uma carga contaminante (FOSTER, 1987).

A vulnerabilidade das águas subterrâneas pode ser definida como a probabilidade de certa proporção de um poluente em poder alcançar o lençol freático em um determinado tempo (VOIGT, 2003)

Vrba & Zaporozec (1994 *in* VOIGT, 2003) foram os primeiros a distinguir vulnerabilidade intrínseca de vulnerabilidade específica. A vulnerabilidade intrínseca faz uma caracterização relativa, não mensurável, com propriedade adimensional das coberturas das águas subterrâneas, determinado pelas espessuras do material geológico zona insaturada e propriedades de recarga do aquífero. A vulnerabilidade específica leva em consideração as práticas de uso do solo.

Vulnerabilidade intrínseca a contaminação da água subterrânea leva em consideração as características geológicas, hidrológicas e hidrogeológicas da área, sendo independente a natureza do contaminante e o cenário da contaminação (GOLDSCHIEDER, 2002). A vulnerabilidade específica leva em consideração as propriedades particulares do contaminante ou grupo de contaminante como um complemento da vulnerabilidade intrínseca da área.

A agência reguladora norte-americana ASTM (*American Society for Testing Materials*), define vulnerabilidade nas águas subterrâneas como sendo "a facilidade com a qual um dado contaminante pode migrar para as águas subterrâneas ou para um aquífero de interesse em determinadas situações de uso do solo, características do contaminante e condições da área" (ASTM, 1996 *In* GUIGUER, 2002).

A maioria dos métodos de avaliação de vulnerabilidade aquífera, considera os meios homogêneos e isotrópicos, ou de características geológicas, meteorológicas e hidrodinâmicas de relativa fácil interpretação e extrapolação (RODRIGUEZ, 2003).

Neste trabalho serão discutidos alguns métodos utilizados para avaliação da vulnerabilidade.

Método DRASTIC

Esta metodologia foi desenvolvida pela *National Ground Water Association*, e é empregada pela Agência de Proteção Ambiental norte-americana (US-EPA), constituindo-se num modelo qualitativo padronizado para avaliar a vulnerabilidade natural das águas subterrâneas a cargas poluentes através de variáveis hidrogeológicas (ALLER *et al* 1987). Este método considera sete fatores hidrogeológicos aos quais são atribuídos números r de 1 a 10 dependendo da faixa de valores. Estes são multiplicados por pesos w que variam de 1 a 5, sendo que o fator mais significativo recebe o peso 5 e o menos significativo 1. São eles:

D : *depth to water* - profundidade do nível da água;

R : *recharge (net)* - recarga líquida, efetiva;

A : *aquifer media* - características do meio aquífero;

S : *soil media* - características do solo;

T : *topography (slope)* - gradiente topográfico;

I : *impact of the vadose zone* - impacto da zona vadosa;

C : *conductivity of the aquifer* - condutividade hidráulica do aquífero.

O método DRASTIC não foi desenvolvido para acessar casos em que o poluente é introduzido em profundidade no aquífero, como por exemplo no caso de vazamentos em tanques enterrados, lagoas de resíduo ou poços de injeção. Esta metodologia não substitui trabalhos de investigação em áreas contaminadas, não permitindo, por exemplo, determinar se um dado local é apropriado para servir de aterro a resíduos industriais (GUIGUER, 2002).

Método AVI

Nesta metodologia AVI (*Aquifer Vulnerability Index*), índice de vulnerabilidade do aquífero, foi proposto por Van Stempvoort *et al.* (1995) é um método mais pontual do que o DRASTIC são utilizados para o cálculo do índice de vulnerabilidade os fatores hidrogeológicos potencial de recarga ao aquífero (que considera a condutividade hidráulica do meio, o gradiente hidráulico e a porosidade) e a profundidade do nível d'água. Fatores como a capacidade de atenuação natural do solo não são considerados. Nesta metodologia divide-se a profundidade do nível d'água pelo potencial de recarga, obtendo-se como resultado o tempo de percurso vertical. Este é um valor estimado de quanto tempo um contaminante dissolvido levará para atingir o aquífero. Estes tempos de percurso são divididos em 5 classes (tabela 8.1).

Vulnerabilidade Intrínseca	Tempo de percurso vertical	Características da Vulnerabilidade do Aquífero
Classe		
Classe 1	< 5 anos	A água chega muito rápido ao aquífero através de material de alta condutividade hidráulica (areia/cascalho).
Classe 2	5 – 10 anos	A água chega rápido ao aquífero, sendo que ambos, o material e a distância ao aquífero, controlam a taxa de recarga.
Classe 3	10 – 100 anos	A água chega devagar ao aquífero sendo que ambos, o material e a distância ao aquífero, controlam a taxa de recarga.
Classe 4	>100 anos	A água chega muito devagar ao aquífero através de material de baixa condutividade hidráulica (silte/argila).
Classe 5	Não ocorre fluxo descendente	A mais baixa vulnerabilidade, com fluxo ascendente ou gradiente próximo a zero.

Tabela 8.1: Classes do método AVI para determinação de vulnerabilidade

Método GOD

A metodologia GOD (*Groundwater occurrence, Overall lithology of the unsaturated zone, Depth to the water table*) Tipo de pressão atuante no aquífero, litologia predominante e profundidade da zona saturada, foi desenvolvida pela Organização Mundial de Saúde (FOSTER & HIRATA, 1988), está mais acessível a ser utilizada em decorrência de ser necessário apenas três parâmetros para a obtenção do índice de vulnerabilidade. Esta metodologia foi posteriormente modificada (FOSTER *et al.* 2002).

Meaulo (2004) em estudos a região de Araraquara-SP analisa as modificações realizadas nas modificações ocorridas na metodologia de análise de vulnerabilidade GOD, comparando a Foster & Hirata (1988) e Foster (2002).

Para a elaboração da vulnerabilidade de uma área baseada nesta metodologia são necessários as seguintes informações:

1. Pressão atuante no lençol freático (livre, confinado, semi-confinado)
2. Litologia da zona vadosa e camadas confinantes
3. Profundidade do lençol freático.

A cada parâmetro necessário, é atribuído um valor que após o término dos mesmos serão multiplicados entre-si para a obtenção do índice de vulnerabilidade da área. A figura 8.6 mostra os fatores com sua respectiva ponderação, elaborado para o cálculo do índice de vulnerabilidade da área considerada.

Os métodos de cálculo de vulnerabilidade DRASTIC, AVI, GOD, são regionais, nenhuma das metodologias considera conexões a corpos de água superficial ou variações do nível estático e também não são consideradas características específicas dos contaminantes, umidade específica do solo, taxas de precipitação e sua composição. A avaliação da vulnerabilidade para pequenas áreas, de forma localizada deve ser efetuada integrando dados e características detalhadas do terreno e da carga contaminante (GUIGUER, 2002).

Método SINTACS

Este método de mapeamento da vulnerabilidade intrínseca foi desenvolvido na Itália, utiliza sete parâmetros para a sua avaliação (CIVITA & DE MAIO, 2000). É bastante utilizado por pesquisadores Europeus. Trata-se de um método derivado do DRASTIC. Apresenta uma estrutura complexa, tanto para a entrada de dados como para a saída de dados, pois sua operação é realizada através de um software específico para o mesmo (AUGE,2004). Os parâmetro necessários para o método SINTACS são;

Soggiacenza : Profundidade do nível estático

Infiltrazione efficace: Infiltração

Non Saturo: Zona não saturada

Tipologia della Copertura: Tipo de solo

Acquifero: características hidrogeológicas do aquífero

Condutibilità idraulica dell'acquifero: condutividade hidráulica

Superfície topográfica

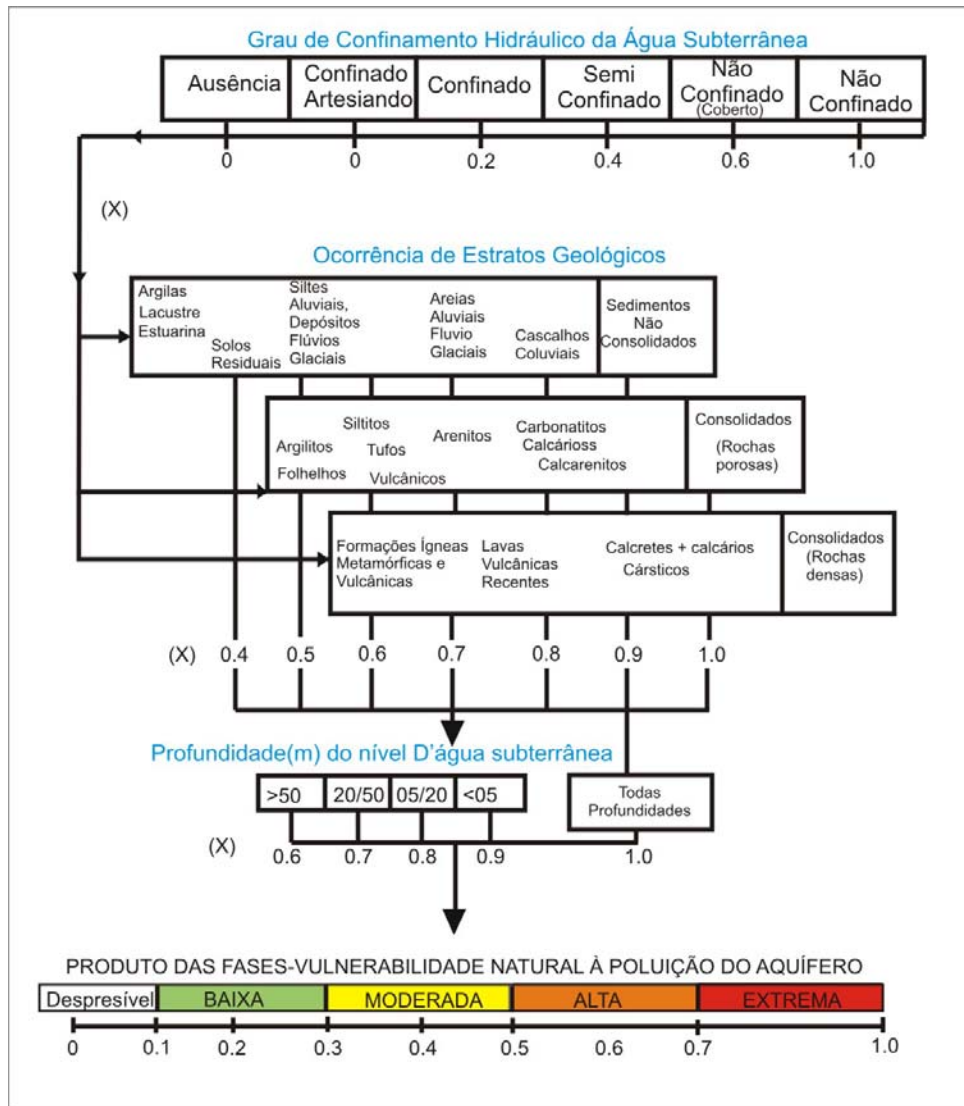


Figura 8.6: Sistema de avaliação do índice de vulnerabilidade natural à poluição do aquífero. Fonte com modificações : Foster et al. 2002

8.2.1 Vulnerabilidade das águas subterrâneas na área de estudo

Os mapas de vulnerabilidade são instrumentos preventivos e orientativos para auxiliar no planejamento do uso e ocupação do solo, na medida em que neles são definidas áreas de maior e/ou menor susceptibilidade à poluição pela atividade humana (MEAULO, 2004).

No zoneamento da vulnerabilidade de determinada área, os aquíferos que são considerados como de menor vulnerabilidade a contaminação, em termos gerais, tendem a ser os mais difíceis de serem reabilitados, uma vez contaminados (FOSTER, 1993).

Para a elaboração do mapa de vulnerabilidade das águas subterrâneas na área (Figura 8.7) de estudo adotou-se a metodologia GOD. O método de mapeamento da vulnerabilidade natural à poluição de aquíferos consiste na hierarquização de índices relativos à maior ou menor sensibilidade a poluir a zona não saturada (zona vadosa ou de aeração) do perfil pedológico (FOSTER *et al*, 2002). Esta metodologia foi a que mais se adequou a área de estudo e ao trabalho proposto em decorrência da quantidade de informações disponíveis. Para a elaboração da vulnerabilidade natural das águas subterrâneas utilizou-se as seguintes informações;

- Informações de 50 poços tubulares (com medidas de nível estático, descrição de perfil litológico) efetivamente inseridos na área de afloramento da Formação Açu.
- Mapa de estruturação geológica da área da bacia Potiguar elaborado no capítulo 7, seção 7.2, Estrutura Geológica.
- Mapa geológico

A partir da integração destas informações foi possível a elaboração do mapa de vulnerabilidade natural das águas subterrâneas. A área de estudo possui três classes de vulnerabilidade, que serão comentadas individualmente a seguir; Baixa, Moderada e Alta.

Vulnerabilidade Baixa

Para a elaboração dos limites onde possuem uma vulnerabilidade baixa, tomou-se como base a informação de 30 poços que foram classificados nesta categoria. No setor leste do rio Piranhas-Açu, a faixa considerada como de baixa vulnerabilidade compreende ao norte, o limite da Formação Jandaíra, prolongando-se pouco mais do que 4 km a sul, estendendo-se de leste a oeste. O limite a sul no setor leste, foi

delineado através da integração das informações da estruturação geológica, no qual o bloco a norte foi provavelmente rebaixado em relação ao bloco sul. No setor oeste do rio Piranhas Açu, esta classe de vulnerabilidade predomina na área desde a planície aluvial do rio Piranhas-Açu até a planície aluvial do rio do Carmo. Não ocorre somente nas proximidades da Lagoa do Piató. O município de Afonso Bezerra apresentou 13 poços inseridos nesta classe, Assu com 11 poços, Upanema com 5, e Ipanguaçu com somente 1 poço. Nestes o nível estático variou de 4,4 m a 79,3 m, com média de 32,2 m apresentando aquíferos não confinados (cobertos) e semi-confinados. A litologia varia de argilitos, argilas arenosas e arenitos. A zona urbana do município de Assu está inserida nesta unidade.

Vulnerabilidade Moderada

Esta classe de vulnerabilidade ocorre principalmente no setor leste do rio Piranhas-Açu. Neste possui como limites na porção sul o embasamento cristalino e estendendo-se aproximadamente 7 km a norte, de leste a oeste em toda a faixa deste setor. Estão inseridas nesta classe as imediações da Lagoa do Piató e Ponta Grande, em decorrência da proximidade do NE. No setor oeste da área, ocorre somente nas imediações da lagoa do Piató, e a oeste da planície aluvial do rio do Carmo, estando inserido nesta classe a zona urbana do município de Upanema. Para a definição da extensão desta classe foi utilizado 10 poços no município de Assu, 07 no município de Afonso Bezerra, 02 em Upanema e 01 em Ipanguaçu. Os níveis estáticos dos poços variam de 6,0 m a 41,0 m com média de 14,9 m. Os aquíferos foram considerados como não confinados (cobertos), sendo representados por arenitos, argilas arenosas e argilas puras em menor quantidade.

Vulnerabilidade Alta

Para a definição desta unidade utilizou-se informações de campo através do mapeamento geológico, em toda a área que ocorrem os sedimentos aluviais. Para ser considerada uma vulnerabilidade alta está área onde ocorrem sedimentos aluviais e aquíferos livres e que o nível estático não está superior a 20 m. Pode ser que em um levantamento detalhado, considerando as variações de nível estático, podem ser identificadas áreas que sejam classificadas como de extrema vulnerabilidade. Estão

inseridos nesta classe de vulnerabilidade alta o aluvião do Rio Piranhas-Açu, rio do Carmo na extremidade oeste e rio Mulungu, na extremidade oeste da área.

8.3 Integração dos mapas de Uso do Solo e Fonte Potencial de Contaminação e Mapa de Vulnerabilidade das Águas Subterrâneas

Nas áreas de vulnerabilidade baixa estão inseridos principalmente as atividades agrícolas e pecuárias de pequeno porte e vegetação caatinga (vegetação nativa). A principal fonte potencial de contaminação está restrita a zona urbana do município de Assu, onde nas proximidades do mesmo são encontrados os postos de combustíveis, depósitos de resíduos sólidos diversos, depósitos de resíduos sólidos doméstico, e o cemitério do município de Assu.

Nas áreas consideradas como de vulnerabilidade moderada, estão inseridas diversas atividades potencialmente contaminante. Nas proximidades do município de Upanema existe a zona urbana do mesmo, com postos de combustíveis e cemitérios, ao leste da mesma existe uma faixa com agricultura intensiva. Na parte central próximo a lagoa do Piató existe também áreas de agricultura intensiva. O setor leste da área predominam agricultura e pecuária de pequena intensidade, bem como áreas de vegetação nativa do tipo caatinga.

As áreas com índice de vulnerabilidade alto são restritas as planícies aluviais. Na área da Planície do Rio do Carmo existe na parte sul da área, o uso intensivo agrícola, na parte central da área, a zona urbana de Ipanguaçu e as atividades agrícolas intensivas representam as principais fontes potenciais de contaminação. Na extremidade leste da área, na faixa onde ocorre os aluviões do rio Mulungu, estão situados a zona urbana de Afonso Bezerra, a estação de tratamento de esgoto, cemitério e posto de combustível.

A partir da integração dos mapas, verifica-se que a área prioritárias para um monitoramento e estudo detalhado de contaminação estão situadas nos domínios das planícies aluviais dos rios. Visto que a metodologia para determinação do índice de vulnerabilidade não leva em consideração a variação sazonal do nível de água, algumas áreas enquadradas em determinado índice de vulnerabilidade poderá ocorrer mudanças com os efeitos da sazonalidade e/ou pelos fatores antrópicos.

09- Conclusões e Recomendações

9. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A partir da integração das informações obtidas no decorrer do desenvolvimento deste trabalho, pode verificar que as zonas rurais possuem seu suprimento hídrico sendo realizado basicamente com água subterrânea, fazendo com que este recurso seja de suma importância para a fixação e desenvolvimento das mesmas.

As limitações climáticas, como baixas pluviosidades médias anuais caracterizam a área como semi-árida. Esta relativa baixa favorabilidade climática faz com que a recarga do aquífero Açu se der somente nos meses de março e abril.

O abastecimento realizado com água subterrânea atinge boa parte da população da área de estudo, e quase que totalmente a zona rural dos municípios inseridos na área. Nas zonas urbanas, o atendimento com águas subterrâneas é feito de forma complementar com água de superfície captada de rios ou reservatórios de superfície.

O aquífero Açu possui sua espessura, qualidade de água e quantidade aumentando de sul para norte, ou seja, a área próxima ao contato da Formação Jandaíra é mais favorável para a ocorrência de poços com vazões e qualidade das águas satisfatórias. As vazões específicas dos poços nas proximidades do contato da Formação Jandaíra podem ser de até $7 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$, com condutividades elétricas não superiores a $500 \mu\text{S}/\text{cm}$. Próximo do contato com o embasamento cristalino, são encontrados uma menor quantidade de poços. Esta faixa próxima ao cristalino possui uma menor espessura da Formação Açu, apresentando também uma condutividade elétrica das águas elevada chegando a valores de $3500 \mu\text{S}/\text{cm}$, e vazões específicas não superiores a $2 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$.

Na área de estudo predomina a vegetação nativa do tipo caatinga com 61%, sendo que e 38% da área já sofreu alguma modificação antrópica, com as áreas agrícolas e pecuária de pequena intensidade abrangendo 28% da área. As áreas de práticas agrícolas de maior intensidade estão localizadas nas planícies aluviais do rio Piranhas-Açu e o rio do Carmo, onde a ocorrência de águas está mais favorável, seja pela presença dos aluviões ou pela presença do curso do rio, estas unidades de uso do solo representam 09% da área de estudo.

Os perfis geológicos dos poços, mapa de isopacas, interpretação de imagens de satélite e dados de radar, foram úteis para a confecção do mapa de estruturação da área. É necessário contudo, a utilização de outras ferramentas, como geofísica, para a comprovação

das mesmas. É possível que algumas vazões elevadas em poços possa estar diretamente ligado a estruturação. As duas lagoas do Piató e Ponta Grande possuem sua gênese ligada a tectônica da área, principalmente por um falhamento de direção E-W, interceptado por outros falhamentos, fazendo com que ocorra um rebaixamento do relevo. Este falhamento de direção E-W, é o mais representativo da área no qual o bloco norte foi rebaixado em relação ao bloco sul. Este encontra-se seccionado por outros falhamentos de direção NW-SE.

As fontes potenciais de contaminação são incipientes, devendo ser dado uma maior atenção especial as áreas agrícolas localizadas entre as cidades de Assu e Ipanguaçu, onde provavelmente ocorra uma infiltração na natureza de produtos químicos decorrentes da utilização de defensivos agrícola e fertilizantes. Este uso de produtos químicos associados a uma alta vulnerabilidade natural do aquífero leva esta área a ser a mais propícia a contaminação.

Os valores obtidos de condutividade hidráulica e transmissividade são relativamente poucos para se determinar um parâmetro médio geral para o aquífero Açu. Foram utilizadas informações de sete poços onde, sendo necessário um maior número de informações para se determinar um parâmetro geral para a unidade aquífera estudada.

Quanto aos métodos para a obtenção dos parâmetros verifica-se que somente no teste realizado no poço 583 é que os dois métodos (Cooper & Jacob e Recuperação de Theis) obtiveram valores similares.

A rede de monitoramento proposta neste trabalho poderá fornecer informações da sazonalidade das águas subterrâneas, fluxo e qualidade das águas do aquífero Açu, com isto poderá ser proposto modelos de gestão para os recursos hídricos da região e identificação dos fatores que condicionam a qualidade e quantidade das águas subterrâneas.

10- Referências

10. REFERENCIAS

- ALMEIDA, F. F. M.; BHUSUI, Y.; BRITO NEVES, B. B. & FUCK, R. A.; Província estrutural brasileira. Atlas VII. Simpósio de Geologia do Nordeste: 363 – 991, 1977.
- ARARIPE, P. T. & FEIJÓ, F. P.; Bacia Potiguar. Boletim Geociências PETROBRAS, Rio de Janeiro, 8 (1): p. 127-141,1994.
- ASTM DM6030, Standard Guide for Selection of Methods for Assessing Ground Water or Aquifer Sensitivity and Vulnerability, 8 pg. West Conshohocken, PA, EUA. 1996
- AUGE, M. Vulnerabilidade de Acuíferos, Revista Latino Americana de Hidrogeologia, n4 p. 85-103, 2004.
- BARRETO, J.M.A.; Geologia da Área de Upanema-RN, Borda Sul da Bacia Potiguar Emersa. Departamento de Geologia, UFRN/CCET, Relatório de Graduação, 143 p. 1986.
- BASTOS, C.R.A.; POPPE, L.P.M.;SILVA,M.F.B. & DANTAS, M.G.F., Evaluation of groundwater potential pollution sources in the State of São Paulo-Brazil. International Seminar of Pollution, Protection and Control of Groundwater, Porto Alegre, RS., p. 122-129. 1990.
- BERTANI, R. T.; COSTA, I. G. & MATOS, R. M. D. -Evolução tectono-sedimentar, estilo estrutural e habitat do petróleo na Bacia Potiguar. In: PETROBRAS (ed.). Origem e Evolução de Bacias Sedimentares. Rio de Janeiro, p.291-310, 1990.
- BRANCO, S. M. A água e o homem. In:PORTO, R. La L. (org.). Hidrologia ambiental. Editora da Universidade de São Paulo. Cap. 1, p.14-15,1991.
- BRASIL.Ministério das Minas e Energia. Secretaria-Geral, Projeto RADAMBRASIL. Folhas SB. 24/25 Jaguaribe/Natal; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1981.
- BRASIL-CONSELHO NACIONAL DA RESERVA DA BIOSFERA DA CAATINGA Cenários para o Bioma Caatinga/ Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Caatinga. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente, Recife: SECTMA, 2004. 283 p:il.
- CAVALCANTE, I. N. & SABADIA, J.A.B. Potencial Hídrico Subterrâneo: Um Bem Mineral Ameaçado Pela Poluição Antrópica. Ver. De Geologia. DEGEO/UFC. Fortaleza-CE, 1992.
- CARVALHO JÚNIOR, E. R.; Caracterização Hidrogeológica da Região Oeste de Apodi-RN. Departamento de Geologia, UFRN, Natal/RN, Relatório de Graduação, 85p.,1999.

- CPRM- Serviço Geológico do Brasil, Levantamento da Infra-Estrutura Hídrica do Nordeste, Estado do Rio Grande do Norte, Meio digital. Inédito.2005.
- COSTA, W.D.; Problemas Relacionados com a Investigação da Contaminação Produzida por Hidrocarbonetos do Petróleo. I Simpósio de Hidrogeologia do Sudeste, Petrópolis-RJ, 2003.
- COSTA, A.M.; Zoneamento Hidroquímico do Aquífero Cristalino do Rio Grande do Norte, PPGeo/CCET/UFRN , Dissertação de Mestrado, 2002.
- FEITOSA, E. C.; A exploração do Aquífero Açu na Região de Mossoró – Caracterização da Situação Atual e Perspectivas de Atendimento da Demanda Futura. CPRM, Série Hidrogeologia: Pesquisa e Desenvolvimento, Brasília. Vol. I. 44p, 1996.
- FOSTER, S., VENTURA, M. & HIRATA, R., Contaminacion de las aguas subterráneas: un enfoque ejecutivo de la situación en América Latina y el Caribe en relación con el Suministro de agua Potable. CEPIS Technical Report (OMS., OPS-HPE, CEPIS, Lima, Perú), 42 p. il. 1987.
- FOSTER, S. Fundamental concepts in aquifer vulnerability pollution risk and protection strategy. Proc Intl. Conf “Vulnerability of Soil and Groundwater to Pollutants” (Noordwijk, The Netherlands/April, 1987)
- FOSTER, S.; HIRATA, R.C. & ROCHA, G.A. Riscos de poluição de águas subterráneas: uma proposta metodológica de avaliação regional. V Congresso Brasileiro de Águas Subterráneas, São Paulo, p. 175-185, 1988.
- FOSTER, S.; Determinação do risco de contaminação das águas subterráneas: um método baseado em dados existentes/ Stephen Foster, Ricardo Hirata; tradução de Ricardo Hirata, Sueli Yoshinaga, Seiju Hassuda, Mara Iritani. São Paulo: Instituto Geológico, 1993.
- FOSTER, S.S.D.; HIRATA, R.C.A.; GOMES, D.; D’ELIA, M. PARIS, M. Groundwater quality protection: a guide for water utilities, municipal authorities and environment agencies. Washington: The World Bank, 2002.
- GAUW, D.W.; Análise Morfodinâmica do Canal Fluvial e Caracterização Faciológica e Geométrica dos Depósitos Recentes do Rio Assu; UFRN, Relatório de Graduação, 2004.
- GOLDSCHIEDER, N. Hydrogeology and Vulnerability of Karst Systems- Examples from the Northern Alps and the Swabian Alb.- Schr. Angew. Geol., 68, 236p., Karlsruhe, 2002.
- GUIGUER, N, & KOHNKE, M.W.; Métodos para Determinação da Vulnerabilidade de Aquíferos, In; Anais do XII Congresso Brasileiro de Águas Subterráneas, Florianópolis, SC, 2002.

- GURGEL, C. A. P.; Caracterização Hidrogeológica do Aquífero Açú na Região Norte de Caraúbas-RN. Departamento de Geologia, UFRN, Natal-RN, Relatório de Graduação, 97p, 2000.
- HIRATA, R.C.A.; BASTOS, C.R.A.; ROCHA, G.A.R.; GOMES, D.C. & IRITANI, M.A., Groundwater Pollution Risk and Vulnerability Map of The São Paulo State-Brasil. International Seminar of Pollution, Protection and Control of Groundwater, Porto Alegre, RS. P. 236-246, 1990.
- HASSUDA, S.; Procedimentos de Caracterização de Áreas Contaminadas I Simpósio de Hidrogeologia do Sudeste, Petrópolis-RJ, 2003.
- IBGE-Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico-2000. Rio de Janeiro, 1992.
- IDEMA, Perfil sócio-econômico dos Municípios do estado do Rio Grande do Norte, www.idema.rn.gov.br acesso em 19 de novembro de 2005.
- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) Banco de Imagens do CBERS - Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres. <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>
- IPT; Estudo Hidrogeológico Regional Detalhado do Estado do Rio Grande do Norte-Relatório 15795 vol I, 1982.
- JARDIM DE SÁ, E. F.; A Faixa Seridó (Província Borborema, NE do Brasil) e seu significado geodinâmico na Cadeia Brasileira/Pan-Africana. Universidade de Brasília, Brasília. Tese de Doutorado, n3, 803p.;1994.
- MIGLIORINI, R.B. Cemitérios como Fonte de Poluição em Aquíferos. Estudo do Cemitério Vila Formosa na Bacia Sedimentar de São Paulo. Dissertação de Mestrado, IG/USP. São Paulo-SP 74p., 1994.
- MILLER, D.W. & SCALF, M.R., New Priorities for Groundwater Quality Protection. Groundwater, 12:335,347, 1974.
- MAIA, S. M. C.- Caracterização Hidrogeológica da Região Oeste de Upanema-RN.2001 Departamento de Geologia, UFRN, Natal/RN, Relatório de Graduação, 2001.
- MARGAT, J.;Vulnérabilité dès nappes d'eau souterraine la pollution (Ground water vulnerability to contamination). Bases de la cartographie, (Doc.) BRGM, 68 SGL 198 HYD, Orléans, France.
- MEAULO, F.J.; O Mapeamento da Vulnerabilidade Natural dos Recursos Hídricos Subterrâneos: O Exemplo de Araraquara-SP In: XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, Cuiabá, 2004.
- MEDEIROS, W. E., JARDIM DE SÁ, E. F., MEDEIROS, V. C., LUCENA, L. R. F.;- Estrutura Geológica do Aquífero Açú na Borda Sul da Bacia Potiguar entre Apodi e Upanema, RN. Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e

Geofísica. Relatório Técnico do Projeto: Recursos Hídricos Subterrâneos da Formação Açú aflorante na borda sul da Bacia Potiguar, RN (Faixa Upanema-Apodí), 2001.

MELO, J. G. & STEIN, P.; Recursos Hídricos Subterrâneos da Formação Açú na Borda Sul da Bacia Potiguar-RN, Brasil, Faixa Upanema-Apodí. Fundação de Pesquisa e Cultura da UFRN - FUNPEC (Convênio CAERN – FUNPEC - UFRN). Natal, 2003.

MUNIZ, H.C.; Geologia da Área de Carnaubinha- Leste de Upanema-RN- Borda Sul da Bacia Potiguar Emersa, Departamento de Geologia, UFRN, Natal/RN, Relatório de Graduação, 1986.

PACHECO, A; PELLIZARI,V.H.;MIDORI,D.;TORRES,S.;MENDES,J.M.B, Os Perímetros de Proteção Sanitária em Cemitérios e Sua Importância para as Águas Subterrâneas de Abastecimento. Estudo preliminar. 7º Congresso Brás. De Águas Subterrâneas. ANAIS. Belo Horizonte/MG. 1992.

ROCHA FILHO, O.M.; Mapeamento Geológico e Análise Morfotectônica do Médio Rio Açú; UFRN, Natal- Relatório de Graduação, 92p ; anexos, 1992.

REBOUÇAS, A.C. et al Bacia Potiguar: Estudo Hidrogeológico. *In:* Bacia Escola de Hidrogeologia, Recife, SUDENE/DD. (Série Hidrogeologia nº 15). Relatório Interno.1967.

REBOUÇAS, A.C.; Impactos Ambientais nas Águas Subterrâneas. *In.* 7º Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, Belo Horizonte, MG, 1992.

RODRIGUEZ, C.R. The Role of Urban Áreas in Aquifer Vulnerability Assessments. The Salamanca DRASTIC and AVI maps. *In* Aquifer Vulnerability and Risk. Proceedings of the First International Workshop on Aquifer Vulnerability and Risk, Salamanca Guanajuato, Mexico,p. 266-277, 2003.

SERHID; Caracterização Hidrogeológica dos Aqüíferos do Rio Grande do Norte. *In:* Plano Estadual de Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte, Natal-RN. 96p Vol. 6, 1998A.

SERHID; Caracterização Hidroquímica dos Aqüíferos do Rio Grande do Norte e Estudo de Vulnerabilidade. *In:* Plano Estadual de Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte, Natal-RN. 52p Vol. 6,1998 B.

SERHID; Os Recursos Hídricos Subterrâneos-Relatório Diagnóstico. *In:* Plano Estadual de Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte. Relatório Diagnóstico. Natal-RN. 96p, 1997.

SOUZA, S. M.; Atualização da litoestratigrafia da bacia Potiguar. *In:* SBG/BA-SE, Congresso Brasileiro de Geologia, 32, Salvador, Anais p.509-592, 1982.

SRTM, *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM)<http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>
Courtesy NASA/JPL-Caltech, 2003.

VASCONCELOS, E.P., LIMA NETO, F. F. & ROOS, S.; Unidades de correlação da Formação Açú-Bacia Potiguar. In: SBG/Núcleo Nordeste, Congresso Brasileiro de Geologia, 36, Natal, Anais, 1:227-240, 1990.

VAN STEMPOORT, D.,L., Ewert y L. WASSENAAR, AVI:A meted for Groundwater Protection Mapping in the Pariré Province of Canada. PPWB Report N° 114, National Hydrology Research Institute, Saskatoon Saskatchewan, Canada, 1995.

VOIGT, H.J.; HEINKELE, T.; JAHNKE, C.; WOLTER, R.; Characterisation of Groundwater Vulnerability In Aquifer Vulnerability and Risc. Proceedings of the First International Workshop on Aquifer Vulnerability and Risk, Salamanca Guanajuato, Mexico,p. 266-277, 2003.

VRBA, J, and ZAPOROZEC, A. Guidebook on Mapping Groundwater Vulnerability-IAH International Contributions to Hydrogeology, vol. 16, 131p.; Hannover/FRG(Heise Publ.), 1994.

11-Anexos

ANEXO I
Cadastro de Poços

Poço Nº	CE	Cia Perf	Município	Localidade	Proprietário	DT/Perf	Lon	Lat	Prof (m)	Q (m³/h)	Ne (m)	Nd (m)	Q específica
DN139			Upanema	Paulista 2	Assent do INCRA	1999	706022	9383111	96	9,0*	60*		
DN152			Upanema	Sítio Fazenda Nova	Anto Carlos de Oliveira	1978	695781	9375643	24	20,0*	6*		
DN153	443		Upanema	St Faz Nova	Anto Carlos de Oliveira	2000	694781	9375658	27	22,0*	7*		
DN154	3060		Upanema	Faz Nova	Prefeitura	2002	696754	9376122	29				
DN155	2160		Upanema	Pereiro	Prefeitura	1988	696645	9375548	18	5,0*	6*		
DN156	428		Upanema	Pereiro	Jacinto Carlos	1988	695542	9374900	7.1				
DN157	3420		Upanema	Riacho das Carnaubas	José Borges Campina	1986	697851	9375517	18	16,0*	7,5*		
DN158	606		Upanema	Riacho das Carnaubas	Prefeitura	1997	698695	9375674	32.27	4,5*	12.93		
DN159	1739		Upanema	Baixa do Juazeiro	Anto José de Medeiros	2001	703253	9375672	148	3,0*	138*		
DN160	691		Upanema	Baixa do Juazeiro	Prefeitura	1983	705402	9377360	72				
DN161	233		Upanema	Bom Lugar	Assent do INCRA	01/2002	707588	9381016	120	15,0*	90*		
DN162			Upanema	Bom Lugar	Assent do INCRA		706756	9378730	120				
DN163	2110		Upanema	Bom Lugar	Assent do INCRA		706365	9378673	54.56		38.15		
DN164			Upanema	Faz Carnaubinha	Geraldo Etelvino de Medeiros		705301	9379018	102		77*		
DN165	169		Upanema	Baixa do Dutra	Assent do INCRA	10/10/1991	703195	9378671	80.85		43.3		
DN166	454		Upanema	Baixa do Dutra	Asemt do INCRA	1958	702168	9379989	110				
DN167			Upanema	Baixa do Dutra	Assent do INCRA	08/10/1991	701937	9379962	60				
DN168	1400		Upanema	Vertente	Hermírio		697090	9376991	70				
DN169	2100		Upanema	Riacho das Carnaubas	Francisco Duarte Bezerra		697126	9376631	52				
DN170	2100		Upanema	Boa Água	Gil Neto		692646	9378073	54	20,0*	8*		
DN171	5100		Upanema	Boa Água	Manoel Bezerra		692410	9378243	50.62		11.08		
DN172	6080		Upanema	Boa Água	Eloide		692408	9377813					
DN173	1360		Upanema	Cabano	Raimundo Lopes de Medeiros	1998	697091	9377231	70.36		28.7		
DN451	781		Upanema	Cabeça de Boi	Geraldo Freire de Oliveira	1994	693158	9380732	86	20,0*	18*		
DN452			Upanema	Cabeça de Boi	Geraldo Freire de Oliveira	26/03/1984	691790	9380794	47	10,0*	6*		
DN453			Upanema	Cabeça de Boi	Geraldo Freire de Oliveira	1981	695367	9381306	61	5,0*	7*		
DN454	807		Upanema	Cabeça de Boi	Elizeu Freire		693387	9380876					
DN455	456		Upanema	Cabeça de Boi	Manoel Quaresma Sobrinho	1984	692885	9380982	60		5*		
DN460	296		Upanema	Carão	Ferraro		689873	9382269					
DN461	321		Upanema	Carão	Ferraro		689882	9382327					
DN462			Upanema	Carão	Ferraro		690384	9382326					
DN479			Upanema	St Barrocas	Luiz Gonzaga Fernandes		690228	9382778					

Poço Nº	CE	Cia Perf	Município	Localidade	Proprietário	DT/Perf	Lon	Lat	Prof (m)	Q (m3/h)	Ne (m)	Nd (m)	Q espec
DN480	2400		Upanema	St Barrocas	Luiz Gonzaga Fernandes		690342	9382802					
DN481	2460		Upanema	St Barrocas	Luiz Gonzaga Fernandes		690788	9382724	82.74	15.17			
DN482	3170		Upanema	St Barrocas	Expedito Ferreira de Souza		690979	9382834	65.7	19.5			
DN483	2770		Upanema	St Barrocas	Expedito Ferreira de Souza		690995	9382834	75.35	13.71			
DN484			Upanema	St Barrocas	Expedito Ferreira de Souza		690263	9382854					
DN485	591		Upanema	St Barrocas	Expedito Ferreira de Souza		690391	9382918					
DN723	1097		Upanema	Roçado Grande	Expedito Ferreira de Sousa		697245	9384643	47	19.2			
DN724	987		Upanema	Roçado Grande	Anto Targino Filho	1996	697379	9384271	60	16*			
DN725	1132		Upanema	Roçado Grande	Anto Vicente Eufrásio	09/2002	696776	9383962	143				
DN726	1529		Upanema	Cumarú	Anto Nunes da Silva		697936	9385129	47				
DN730	2130		Upanema	Cumarú	Elizeu Freire Bezerra		699705	9385649					
DN740	1099		Upanema	Várzea Redonda	Edilson Gonçalves	2003	689900	9386053	100	30*			
DN741	831		Upanema	Várzea Redonda	Lucas Evangelista Bezerra	1996	690140	9385238	84	24,0*	15*		
DN742	800		Upanema	Independência	Cosme Sidney Medeiros	1999	690195	9385075	86	12,0*	15*		
DN743			Upanema	Independência	Eliseu Freire Bezerra		689994	9384944					
DN744	4180		Upanema	Atoleiros	Anelio Fernandes		690063	9384231	54				
DN745	915		Upanema	Atoleiros	Anelio Fernandes	05/02/1998	690073	9384268	84				
DN746	845		Upanema	Atoleiros	Airton Marques Bezerra	2000	690170	9384043	72	16,0*	12*		
DN747	827		Upanema	Atoleiros	Anto Fernando Neto	12/2001	690224	9384314	84	1,800*	19*		
DN748	950		Upanema	Barrocas	Expedito Ferreira de Sousa		690446	9383321					
DN749	550		Upanema	Barrocas	Expedito Ferreira de Sousa		690561	9382884					
DT461	1237		Upanema	Barreiras	Antonia Bezerra dos Santos		692113	9376972	62				
DT462	418		Upanema	Barreiras	Francisco José	1986	692150	9376907	60	14*			
DT463	2480		Upanema	Barreiras	Edu Fernandes	2000	692430	9376775	48				
BD001			Upanema	Baixa do Dutra			701800	9379896					
DN472	1211		Upanema				689007	9385916					
DN473	1150		Upanema				688967	9386830					
DN476	2020		Upanema				688967	9386830					
994			Upanema				738700	9398700					
UP001PM			Upanema				695072	9373964					
UP002PM			Upanema				699481	9372436					

Poço Nº	CE	Cia Perf	Município	Localidade	Proprietário	DT/Perf	Lon	Lat	Prof (m)	Q (m ³ /h)	Ne (m)	Nd (m)	Q específica
UP004PTJ			Upanema				701277	9381640					
UP005PT			Upanema				696558	9380228					
UP006PT			Upanema				695893	9379540					
*UP007PM			Upanema				697656	9378188					
*PS0017		SERHID	Upanema	Atoleiro	SUDENE	05/02/98	689900	9384400	88	10,74	12.3	31.612	
*PS0374		AR	Upanema	Vila Paraibana	SUDENE	03/02/99	699850	9373140	54				
*PS0422		SERHID	Upanema	Sítio Independência	Gov. do Estado	20/08/99	690136	9385060	82	5,7	21.142	29.832	
*PS0426		SERHID	Upanema	Boa Água	Gilnete Bezerra	11/09/99	692252	9378250	54	5,5	13.225	20.353	
*PS0431		SERHID	Upanema	Várzea Redonda	Comunidade	02/10/99	689867	9386290	82	1,5	19.053	55.773	
*PS0440		SERHID	Upanema	Faz. Barrocas	Dr. Expedito	17/12/99	690978	9383124	120	15,322	38.26	2382	
*PS0506		SERHID	Upanema	Fabr. Gut. Frut.	Dr. Expedito	23/08/00	690710	9383220	91	15,047	8.66	14.969	
*PS0571		PROPOÇO	Upanema	Bom Lugar I	Prefeitura	23/03/01	706700	9379100	130				
*PS0640		PROSENG	Upanema	Roçado Grande	Vicente Eufrásio	28/08/01	696860	9384200	145	1,4	44.24	47.18	
S9007		CONESP	Upanema	Lagoa Seca			702000	9375000	71				

Poço Nº	CE	Cia Perf	Município	Localidade	Proprietário	DT/Perf	Lon	Lat	Prof (m)	Q (m³/h)	Ne (m)	Nd (m)	Q específica
CL568	2700		Afonso Bezerra	Santarem	Francisco Ferreira Sobrinho	06/04/2001	766966	9388428	40.88		32		
CL569	6110		Afonso Bezerra	Santarem	Justino Marroco	18/03/2001	766646	9388991					
CL570	5420		Afonso Bezerra	Santarem	Jodeceno Marroco da Silva	2001	767238	9390735	48		30.2		
CT628	552		Afonso Bezerra	St Felicidade 1	Gov Federal	2002	760466	9397108	130	60,0*			
CT629	664		Afonso Bezerra	St Felicidade 1	Gov Federal	2002	760238	9397133	110	50,0*			
CT630			Afonso Bezerra	St Felicidade 1	Gov Federal	2002	760258	9396666	84	30,0*			
CT631	408	PROSEM	Afonso Bezerra	St Sta Maria	Gov Federal	05/1997	760201	9394779	72	50,0*			
CT632		DNOCS	Afonso Bezerra	St Sta Maria	Gov Federal	1963	760947	9392619	100	10,0*			
CT633		PRO-POCO	Afonso Bezerra	St Sta Maria	Gov Federal	06/2001	757059	9392330	76	35,0*			
CT634	440		Afonso Bezerra	St Sta Maria	Gov Federal	06/2001	758582	9392539	90	35,0*			
CT635		DNOCS	Afonso Bezerra	St Sta Maria	Gov Federal	1963	760397	9394348					
CT636	486	PROSEM	Afonso Bezerra	St Sta Maria	Gov Federal	09/1997	759565	9395815	84	150,0*			
CT637		CAERN	Afonso Bezerra	St Sta Maria	Gov Federal	12/2002	760021	9395210	72	50,0*			
CT638		DNOCS	Afonso Bezerra	St Felicidade	Gov Federal	1963	758974	9397363	42	3,5*			
DN265	4280		Afonso Bezerra	Cantos	Sebastião Roque		773285	9395065	50		15		
DN278	1341		Afonso Bezerra	Faz São Cirilo	Manoel Felix de Medeiros		767643	9392657	101				
DN279	1335		Afonso Bezerra	Santarem	Magnum Guilherme de Sousa-Mago Véio		766154	9390358					
DN280	2190		Afonso Bezerra	Faz Santarem	Pedro Moreira Lima		767894	9390917	98	1,5*			
DN281	3920		Afonso Bezerra	Tapuio	José Felix da Cunha- Zé do Gato		773289	9390753	60		10		
DN282	1859		Afonso Bezerra	Faz Dom Bosco	Anto Fernando de Sousa		773193	9390554					
DN283	1572		Afonso Bezerra	Tapuio	Luis de Puro		773567	9390801					
DN284	488	PROSENG	Afonso Bezerra	Tapuio	José Edson de Lacerda		774220	9390851	42		8		
DN287	681		Afonso Bezerra	Faz Bela Colina	José dos Santos		771501	9394006					
DN288	2350	PROPOCO	Afonso Bezerra	Canto Branco	Antonio Belarmino da Silva		773148	9394583	64	6,0*			
DN289	2560		Afonso Bezerra	Cantos Brancos	osé Romulo Pinheiro de Araújo		773342	9394761	42	7,0*			
DN290			Afonso Bezerra	Barro Vermelho	Assoc Barro Vermelho		773869	9398551	50	7,0*			
DN291			Afonso Bezerra	São Sebastião	José Patrício Medeiros		773482	9400166	95				
DN292			Afonso Bezerra	São Sebastião	Evaristo Villar Dantas3		773083	9399882	100	15,0*			

Poço Nº	CE	Cia Perf	Município	Localidade	Proprietário	DT/Perf	Lon	Lat	Prof (m)	Q (m³/h)	Ne (m)	Nd (m)	Q específica
DN293	2310	PROSENG	Afonso Bezerra	Cantos	Prefeitura		773034	9396053	80	10,0*			
DN294	2530		Afonso Bezerra	Cantos	Assoc Comunidade Atira Fogo		773044	9395493	70				
DN295	2120		Afonso Bezerra	Cantos	José Candido Filho		773296	9395363	53	7,5*			
DN296			Afonso Bezerra	São Francisco de Flores	Inácio Bebem de Oliveira		772391	9386592	20	1,0*			
DP730	3930		Afonso Bezerra	Fazenda São João	José Aguielo Bezerra	1991	774078	9387065	59.85	1,0*	26.85		
AB001			Afonso Bezerra	Sede do município	Público	1984	775113	9391975	15	12,0			
AB002			Afonso Bezerra	Sede do município	Público	1984	775114	9392024	15	8,0			
AB003			Afonso Bezerra	Sede do município	Público	1984	775122	9392075	15	12,0			
AB004			Afonso Bezerra	Sede do município	Público	1984	775114	9392124	15	12,0			
AB005			Afonso Bezerra	Sede do município	Público	1984	775110	9392179	15	12,0			
DN267B			Afonso Bezerra	Canto Branco	Leão Felix de Sousa	1998	773259	9394375	72	12,0	19		
CL568A			Afonso Bezerra	Santarem	José Rodrigues da Silva	2002	767933	9388357	63	2,0	30		
CL568B			Afonso Bezerra	São Francisco	Fco Edson Cavalcante	2002	768162	9387973	63	2,0	40		
CL568C			Afonso Bezerra	Santarem	Fco Fe		766964	9388000					
PS153A			Afonso Bezerra	Faz Canto dos Bois	Hosano da Rocha Bezerra	1998	773034	9396053	85	10,0			
CL580	522		Afonso Bezerra	Tira Fogo	Raimundo Morais		750124	9394369	90				
CL581			Afonso Bezerra	Tira Fogo	Raimundo Morais de Oliveira	1999	750706	9394238	85				
DN267A			Afonso Bezerra				773150	9394582					
130			Afonso Bezerra				773650	9391700					
749			Afonso Bezerra				760000	9392100					
774			Afonso Bezerra				768000	9390800					
2129			Afonso Bezerra				769000	9389200					
2186			Afonso Bezerra				774000	9386000					
892			Afonso Bezerra				751000	9398000					
*PS0120		PROSENG	Afonso Bezerra	Alto da Felicidade I		26/08/98	760280	9397150	89	10,0	28.5	29.9	7.1
*PS0124		PROSENG	Afonso Bezerra	Nova descoberta/Raposo - II		30/08/98	754890	9393410	100	14,0	26.1	28.1	7.0
*PS0130		PROSENG	Afonso Bezerra	Raposo III		11/09/98	753450	9392560	78	10,4	24.8	24.8	

Poço Nº	CE	Cia Perf	Município	Localidade	Proprietário	DT/Perf	Lon	Lat	Prof (m)	Q (m³/h)	Ne (m)	Nd (m)	Q específica
*PS0131		PROSENG	Afonso Bezerra	Canto		05/09/98	773030	9395470	76	9,65	18	28.8	0.9
*PS0136		PROSENG	Afonso Bezerra	Santarém		13/09/98	767630	9390800	115	3,5	60	67.35	0.5
*PS0152		PROSENG	Afonso Bezerra	Santa Rita do Juazeiro		17/09/98	774110	9395330	61	5,5	14.04	17.4	1.6
*PS0153		PROSENG	Afonso Bezerra	Canto da Escola		19/09/98	772980	9395980	80	7,8	20.5	35.43	0.5
*PS0154		PROSENG	Afonso Bezerra	Canto Branco do Leão		22/09/98	773170	9394300	78	8,0	20	31.25	0.7
*PS0155		PROSENG	Afonso Bezerra	Dom Bosco		24/09/98	773210	9390530	70	6,2	12.6	24.5	0.5
*PS0157		PROSENG	Afonso Bezerra	Santa Rita		18/09/98	772240	9393980	88	5,0	39	46.96	0.6
*PS0158		PROSENG	Afonso Bezerra	Alto Alegre/Tapuio		15/09/98	773530	9390750	60	4,35	20	32.78	0.3
*PS0163		PROSENG	Afonso Bezerra	São Sebastião		25/09/98	773450	9400130	110	18,0	6.5	11.4	3.7
PS0164		PROSENG	Afonso Bezerra	Barro Vermelho		25/09/98	774430	9398550	100	16,5	6.5	14.8	2.0
*PS0165		PROSENG	Afonso Bezerra	Canto Branco do Jonas		23/09/98	772200	9394360	70	8,0	17.3	26.32	0.9
*PS0195		PROSENG	Afonso Bezerra	Faz. São Luiz		05/10/98	774270	9390790	48	3,3	11.6	26.1	0.2
PS0197		PROSENG	Afonso Bezerra	Tapuio do Gado		29/09/98	773150	9390540	65	3.88	15.3	37.62	0.2
*PS0198		PROSENG	Afonso Bezerra	Faz. Canto do Gato		09/10/98	773200	9395000	58	7.47	16.2	24.6	0.9
PS0213		PROSENG	Afonso Bezerra	Canafístola		23/10/98	774430	9398560	90	6,0	11.03	28.78	0.3
PS0309		PROSENG	Afonso Bezerra	São Sebastião	SUDENE	02/11/98	773450	9400140	96	4,7	20	24.7	1.0
PS0310		PROSENG	Afonso Bezerra	Cantos	SUDENE	30/10/98	773050	9395470	52	7,47	13.75	24.32	0.7
*PS0435		SERHID	Afonso Bezerra	Faz. Canto	Barlamino	25/10/99	773140	9394880	64	5,0	19.98	26.422	0.8
*PS0469		SERHID	Afonso Bezerra	Canto do Cumbe	Germano Severino	06/04/00	772940	9400960	80				
*PS0548		SERHID	Afonso Bezerra	Faz. Alto Alegre/Cantinhos	Odete Bezerra	06/03/00	774610	9392320	31	4,8	7.1	13.35	0.8
*PS0561		SERHID	Afonso Bezerra	Sítio Barro Vermelho	Juarez Cunha	23/01/01	774158	9398680	46	5,838	10.305	11.91	3.6
*PS0581		SERHID	Afonso Bezerra	Faz. Nova Esperança	José Exedito	21/03/01	774880	9390260	31	1	14.845	27.025	0.1
S4524		CDM	Afonso Bezerra	Mulungu			773000	9396900	100				
S6922		PROSENG	Afonso Bezerra	São Sebastião	Evaristo Vilar Dantas	2/11/1998	773006	9399836	96				
S8700		T - JANNER	Afonso Bezerra	Juazeiro(Barro Vermelho)		22/8/1965	773800	9398050	100				
S8995		CONESP	Afonso Bezerra	Jacuma		8/3/1971	773800	9392000	50				

* Poços com perfil litológico

Poço Nº	CE	Cia Perf	Município	Localidade	Proprietário	DT/Perf	Lon	Lat	Prof (m)	Q (m ³ /h)	Ne (m)	Nd (m)	Q específica
S6971		PROPOCO	Angicos	Riacho da Volta	Jose Maria da Costa (Dedé)		757857	9386433	64				
CL571	2540		Angicos	Sítio Ubaeira		15/10/2001	758102	9387953					
CL572	3320		Angicos	Ubaeira		2001	758412	9387823					
CL573	3410		Angicos	Ubaeiras		2001	758486	9387841	50*				
DN285	5370		Angicos	Faz Flores 1	Ari Tibira de Macedo		769778	9384882	21		4		
CL568B			Angicos				768162	9387973					
CL573F			Angicos				759274	9387406					
DN286	3850		Angicos				770045	9385323					

Poço N°	CE	Cia Perf	Município	Localidade	Proprietário	DT/Perf	Lon	Lat	Prof (m)	Q (m ³ /h)	Ne (m)	Nd (m)	Q específica
DN066			Assu	Comunidade	Domingos	1999	734741	9399950					
DN067			Assu	Com Panon	Ribamar		734598	9399757					
DN068			Assu	Com Panon	Ass Comum	1980	733580	9398277	47				
DN070	1819		Assu	Com Nova	Ass Comum	1998	733817	9397397					
DN071	815		Assu	Comunidade	Anto Alme		733794	9395056					
DN072	582		Assu	Com Sto A	Manuel Al	37865	733573	9395278	48		5,36		
DN073	682		Assu	Com Sto A	Manuel Al		733814	9394456					
DN074	744		Assu	Com Linda	Asso Comu		731936	9392186					
DN075	581		Assu	Com Linda	Salete Pi	1968	731875	9392309	50		10*		
DN076	1037		Assu	Com Linda	Salete Pi		731848	9392322					
DN077	1169		Assu	Com Sta C	Ass Comum	1998	731562	9389911	48	6,5*	20*		
DN078			Assu	Com Sta C	Franc Ros	1982	731649	9389984	70				
DN079	752		Assu	Com Sta C	Terezinha		731545	9390359	36				
DN080	346		Assu	Com Sta C	Fran Rose		731629	9390626	77		22		
DN090	337		Assu	Clube Aqu	José Marq	2001	724900	9381887	96		9*		
DN091			Assu	Campo de	Gerson		724841	9381819					
DN092	418		Assu	Curralhinh	José do E		721250	9382480	88,85		42,9*		
DN093			Assu	Compasa	Fran Beze	2001	717181	9384202	100				
DN094			Assu	Compasa	Prefeitur	30667	717230	9384097	100				
DN095	235		Assu	Faz Melan	Hermenegi	1989	717291	9383907	100	18,0*	20*		
DN096	259		Assu	Olho d'ág	Joaquim B	1998	717071	9382746	120	25,0*	72*		
DN097	262		Assu	Faz Melad	Fran Paul	2001	717218	9382321	92,52	13,0*	68,53		
DN098	410		Assu	Olho d'ág	Vicente L	2002	716455	9384312	91,22		31,58		
DN099			Assu	Olho d'ág	Silvonez	1983	715196	9385333	99,5	20,0*	27*		
DN100	388		Assu	Olho d'ág	Ass do Ol	2002	714207	9384199	88		46*		
DN102	299		Assu	Olho d'ág	José Belo	2002	713889	9382815	95	14,0*	43*		
DN103	379		Assu	Olho d'ág	Vicente L	2002	714213	9384058	87,36		45,24		
DN104	471		Assu	Olho d'ág	Macio de	2002	715621	9385089					

Poço N°	CE	Cia Perf	Município	Localidade	Proprietário	DT/Perf	Lon	Lat	Prof (m)	Q (m ³ /h)	Ne (m)	Nd (m)	Q específica
DN105	234		Assu	Olho d'ág	Paulo Fer		716691	9384093	80				
DN106	301		Assu	Sta Isabe	José Beze	36069	721095	9386733	51,5	30,0*	11,5*		
DN107	795		Assu	Horto Flo	Nuilson P	2001	727377	9381746	105,7	3,0*	68,52		
DN108	696		Assu	Horto Flo	Nuilson P	1985	727328	9381869	100		65*		
DN109	483		Assu	CEPE Açú	Funcionar		727260	9381882	96	10,0*			
DN110	1661		Assu	Alto São	Centro Co	1996	729054	9383405	78		45*		
DN111	351		Assu	Sta Glori	Alaor Fil	2002	725136	9382467	110,25		92,4		
DN112	645		Assu	Olho d'ág	Anto Ivan	1998	713650	9386082	70				
DN113	1697		Assu	Palheiro	Mauro Paz	1988	712589	9387108	63	10,0*	20*		
DN114	459		Assu	Palheiros	João Araújo	1998	711992	9387291	65	10,0*	35*		
DN115	438		Assu	Palheiros	Elizabete	1998	711780	9387707	69	28,0*	27*		
DN116	1613		Assu	Palheiros	Elizabete	1999	712405	9388507	49,35	6,0*	17,48		
DN136			Assu	Palheiros	Assent do	2000	709754	9384355	73	9,5*			
DN137	304		Assu	Paiulista	Prefeitur		708800	9383698					
DN138	454		Assu	Paulista	Prefeitur	1992	708703	9383778	91	5,7*	32*		
DN140	302		Assu	Bom Lugar	Assent do	2001	708437	9382995	120	14,0*	50*		
DN141	360		Assu	Bom Lugar	Assent do	2001	711565	9381068	92	6,0*	50*		
DN142	278		Assu	Palheiros	Assent do	1988	711316	9384863	73,37		23,1*		
DN143	971		Assu	Canteiro	Valfredo	1970	717761	9383616	70	0,3*	22*		
DN144	497		Assu	Campo de	Campo de	1995	725877	9381478	112	3,6*	100*		
DN145			Assu	Canteiro	Frunorte		723798	9381977					
DN146	455		Assu	Canteiro	Frunorte		723700	9381365	117,5		80,17		
DN147	699		Assu	Campode A	João Mari		724694	9380302	92,98		68,6		
DN148	605		Assu	Campo de	Pedro Cíc	1984	724784	9380532					
DN149	353		Assu	Copasfal	Copasfal	2001	724994	9382403	120	8,0*	98*		
DN150			Assu	Posto Flo	B.N.B		727008	9381990					
DN151			Assu	Campo de	Edgar Bor		726981	9381910	65,47				
DN241			Assu	Cia Polic	Gov do es		732000	9380608	60				

Poço N°	CE	Cia Perf	Município	Localidade	Proprietário	DT/Perf	Lon	Lat	Prof (m)	Q (m ³ /h)	Ne (m)	Nd (m)	Q específica
DN242			Assu	CHESF	Gov Feder		732037	9381349	80		10		
DN243			Assu	CHESF	Gov Feder		732043	9381330	60		4		
DN244			Assu	Sede AABB	AABB		731558	9382767	38		14*		
DN245			Assu	Alto do S	Johannes	27366	729035	9383172	80				
DN246			Assu	Posto Jot	Jodailson		732126	9381523					
DN247			Assu	Motel Aco	Fran Barb		727496	9382022	110		30		
DN248			Assu	Motel Aco	Fran Barb		727464	9381906					
DN249			Assu	Sede Post	Hugo Nobr	27366	731863	9383362	42	9,0*			
DN250	860		Assu	Loja Maço	Ass dos M		729094	9383236	64		40		
DN251	522		Assu	Sede Gran	José Valm		727995	9382472					
DN252	416		Assu	Sede Hosp	Prefeitur		731015	9383322	75		12		
DN253	6730		Assu	Ceramica	João Nala		731879	9378522					
DN254	750		Assu	Frunorte	Manuel Ba		731314	9384037	42		6		
DN255	775		Assu	Lj Maçon	Ass Maçon		730781	9383049	120				
DN256	1830		Assu	St Casa F	Valdeci A		731785	9385869	20	24,0*			
DN257	1057		Assu	St Casa F	Valdeci A		732287	9385892	20	24,0*			
DN258	2230		Assu	St Casa F	João Wala		731954	9385777	15				
DN259	1731		Assu	St Casa F	Jão Wala		731828	9385722	25		10		
DR633	980		Assu	Medubim	Prefeitur		730814	9376870	90		5		
DR635	645		Assu	Floresta	IBAMA		727725	9382525					
DR636			Assu	Floresta	IBAMA		727725	9382531					
DR637			Assu	Floresta	IBAMA		726888	9382839					
DR638			Assu	Floresta	IBAMA		728056	9382994					
DR639	443		Assu	Posto São	Fran Jain		727119	9382137	110	60,0*			
DR640	2950		Assu	Cia de Po	Governo d		732055	9380534	42		8		
DR941	2000		Assu	Bangue			726794	9392834	68	5,0*			
DR943	918		Assu	Area Bran	Fran Jaim		726185	9390538	63	20,0*	18		
DR945	731		Assu	Areia Bra	Prefeitur	1986	726105	9390268	72	20,0*	18*		

Poço N°	CE	Cia Perf	Município	Localidade	Proprietário	DT/Perf	Lon	Lat	Prof (m)	Q (m³/h)	Ne (m)	Nd (m)	Q específica
DR946	545		Assu	Areia Bra	Luiz Gonz	1996	726120	9390111	72	40,0*	18*		
DR947	790		Assu	Faz Taepe	Luiz Euf		724591	9389729	70				
DR948	602		Assu	Faz Taepe	Maria Euf	1998	724941	9389417	64	10,0*	17*		
DR949	742		Assu	Bela Vist	Manuel Fe	1985	722946	9389387	62	5,0*	15*		
DR950	520		Assu	Bela Vist	Fran Xavi	1998	722665	9389275	60	12,0*	15*		
DR951	735		Assu	Bela Vist	Fran Xavi	1998	722600	9389140	60	12,0*			
DR952	760		Assu	Bela Vist	Elpidio d		722396	9388931					
DR953	404		Assu	Bela Vist	Raimundo	37469	721916	9389016	62,5	30,0*	15		
DR954	589		Assu	Bela Vist	Manuel Ru	37500	721663	9388897	50	17,0*	15*		
DR955	870		Assu	Bela Vist	Cleudo da		721407	9389420					
DR956	1274		Assu	Bela Vist	Prefeitur	25704	721165	9389151					
DR957	3240		Assu	Bela Vist	Manoel Se	2003	721339	9389202	61	47,0*	13		
DR958	606		Assu	Lagoa Red	Luiz Gonz	1998	720165	9388340	60	16,0*	18*		
DR959	647		Assu	Bela Vist	João Dant	2000	722881	9389332	66	50,0*	21*		
DR960	705		Assu	Presepio	Roberto A		719286	9387943					
DR961	1527		Assu	Presepio	Hermenegi	37559	718787	9387592		32,0*			
DR962	2160		Assu	St Canto	João Bati	2002	718411	9387667	50				
DR963	2030		Assu	St Canto	Juraci Be	37408	718261	9387676	60		25*		
DR964	1823		Assu	St Canto	João Boni		717491	9387654		4,0*			
DR965			Assu	St Canto	João Boni		717510	9387639					
DR966	2150		Assu	St Canto	João Boni		717803	9387693	41		14		
DR967	1335		Assu	Canto do	João Beze	36623	717438	9387516	50	30,0*	17*		
DR968	898		Assu	Lagoa do	Fernando	36495	715289	9387453	40	20,0*	15*		
DR969	411		Assu	Lagoa do	Prefeitur	1974	717142	9386494	54	5,0*	18*		
DR970	419		Assu	Lagoa do	Sinval Be	2000	716849	9386218	52	30,0*	20*		
DR971	387		Assu	Monte Ale	Astelanio	2000	717474	9386054	64		32		
DR972			Assu	Monte Ale	Flavio Ab	2000	717276	9386091	80		25*		
DR973	236		Assu	Monte Ale	Tiquinho	2000	718077	9386174					

Poço N°	CE	Cia Perf	Município	Localidade	Proprietário	DT/Perf	Lon	Lat	Prof (m)	Q (m ³ /h)	Ne (m)	Nd (m)	Q específica
DT401	1904		Assu	Com Sta C	Venerana		731860	9390862	28		21*		
DT402	756		Assu	Com Sta C	Fran Rose		731548	9390455					
DT403			Assu	Com Sta C	Fran Rose		731620	9388998					
DT405	591		Assu	Com Olho	Eder Alve		730326	9389396					
DT406	980		Assu	Com Bavie	José Mari	2000	731658	9388273	50				
DT407	864		Assu	Com Bavie	José Mari	37773	731827	9388232	46		16*		
DT408			Assu	Com Bavie	Marcelo		731088	9388136					
DT409			Assu	Com Bavie	Marcelo		731075	9388103					
DT410			Assu	Com Bavie	Marcelo		731026	9388130					
DT411			Assu	Com Bavie	Marcelo		730380	9388111					
DT412			Assu	Com Bavie	Marcelo		729817	9388463					
DT413	662		Assu	Com Bavie	Odelmo Ro		731713	9387323					
DT414	493		Assu	Com Bavie	Odelmo Ro		731645	9387369					
DT415	1507		Assu	Com Bavie	Ass Comum		731396	9386584					
DT416			Assu	Com Bavie	Fran Augu		731489	9386761					
DT417	1129		Assu	Com Porto	Ass Com P		727893	9387674					
*DT418	1342		Assu	Com Porto	Jr Gregór		727257	9387071					
DT419			Assu	Com Porto	Jr Gregór		727288	9386979					
DT420	648		Assu	Faz Nova	Delcio Co		728822	9386288					
DT421	821		Assu	Com Boa V	Djanira T		729420	9385460					
DT422	669		Assu	Faz Alto	Rivaldo P		729611	9385164	62		31		
DT423	1094		Assu	Fazenda A	Rivaldo P		729615	9385192					
DT424	1185		Assu	Faz Alto	Rivaldo P		729954	9385141					
DT430			Assu	Com Lagoa	Arivanald		731099	9385266					
DT431	1414		Assu	Com Lagoa	Sebastião	1998	730869	9385519	45		12*		
DT432	1954		Assu	Com Lagoa	Noildon P		731110	9385856	23		20		
DT433	1600		Assu	Com Lagoa	Noilson P		731129	9385850					
DT434			Assu	Com Lagoa	Noilson P		731165	9385847					

Poço Nº	CE	Cia Perf	Município	Localidade	Proprietário	DT/Perf	Lon	Lat	Prof (m)	Q (m ³ /h)	Ne (m)	Nd (m)	Q específica
DT435	891		Assu	Com Lagoa	Anto Alba		731328	9384577	75	5	12*		
DT436			Assu	Com Lagoa	Anto Alba		731294	9384528					
DT437	896		Assu	St Entre	Alfredo f		732392	9384103	45				
DT438	872		Assu	Faz Entre	DR. Afro		732171	9385247					
DT439			Assu	Faz Entre	DR. Afro		731985	9385079					
DT440			Assu	Rua Dr. L	Carlos Al		730823	9383783					
DN141A			Assu				714655	9381083					
DR973A			Assu				720276	9385853					
PS0085			Assu				729580	9388070					
DN141B			Assu				712413	9377518					
DN161			Assu				707591	9381047					
99			Assu				729900	9380900					
108			Assu				733700	9395600					
833			Assu				725100	9380800					
842			Assu				726000	9388000					
917			Assu				729800	9387800					
1070			Assu				730300	9395400					
1136			Assu				728500	9387600					
1292			Assu				724100	9381700					
1308			Assu				725200	9380600					
1347			Assu				724800	9384300					
1364			Assu				715200	9383400					
1431			Assu				731020	9385070					
1451			Assu				734200	9398800					
1476			Assu				729100	9385700					
1501			Assu				732000	9386060					
1506			Assu				726000	9391200					
1509			Assu				732000	9381000					

Poço Nº	CE	Cia Perf	Município	Localidade	Proprietário	DT/Perf	Lon	Lat	Prof (m)	Q (m ³ /h)	Ne (m)	Nd (m)	Q específica
1511			Assu				726200	9390900					
1534			Assu				730500	9383300					
1570			Assu				726000	9381900					
1746			Assu				708900	9383400					
1858			Assu				730300	9380000					
2018			Assu				724800	9384800					
2157			Assu				725000	9383500					
74			Assu				723200	9387300					
PS0042		SERHID	Assu	Assoc. No	SUDENE	29.5.98	733789	9375159	22				
PS0085		SERHID	Assu	Faz. Alto		27.7.98	729580	9388070	64	5,0	26	26	
*PS0149		PROSENG	Assu	Piató		12.9.98	729200	9385800	66	7,0	14	18	
PS0175		SERHID	Assu	Faz. São		12.9.98	732070	9383100	25	6,0	4	6	
PS0207		PROSENG	Assu	Faz. Curr		14.10.98	721090	9386790	72	6,0	12	19	
PS0254		SERHID	Assu	Sítio Apo		3.10.98	725200	9381800	116	3,0	99	101	
PS0278		PROSENG	Assu	Faz. Curr		14.10.98	721090	9386790	30				
*PS0358		AR	Assu	Assentame	SUDENE	6.1.99	709690	9384380	73	9,0	39	41	
PS0362		PROPOÇO	Assu	Sítio Sim	SUDENE	15.1.99	715950	9383160	96	5,0	60	66	
PS0401		AR	Assu	Campo de	SUDENE	17.5.99	725117	9381680	104				
PS0439		SERHID	Assu	Sítio Bom	Fer. Abre	24.11.99	715318	9387488	40	2,0	15	19	
PS0453		SERHID	Assu	Adutora J		12.3.00	732900	9378600	20	16,0	6	7	
PS0465		SERHID	Assu	Canto do	João Beze	6.4.00	719863	9387852	50	6,0	16	18	
PS0479		SERHID	Assu	Lagoa da	Asterlâni	9.6.00	717487	9386304	59	6,0	32	36	
PS0480		SERHID	Assu	Lagoa da	Sinval Be	22.6.00	716972	9385657	52	6,0	10	16	
PS0488		SERHID	Assu	Baviera	José Amor	7.7.00	731720	9388600	50	15,0	19	20	
PS0544		SERHID	Assu	Entre Rio	Expedito	16.11.00	732500	9384200	29	5,0	4	5	
*PS0592		SERHID	Assu	Viveiro d	Nilson Pi	26.5.01	727350	9381760	88	4,0	67	69	
*PS0599		SERHID	Assu	Sítio Des	Aluizio A	11.5.01	725220	9381300	106				
PS0626		PROSENG	Assu	Palheiro	Francisco	17.8.01	716500	9386700	100	3,0	72	78	

Poço Nº	CE	Cia Perf	Município	Localidade	Proprietário	DT/Perf	Lon	Lat	Prof (m)	Q (m ³ /h)	Ne (m)	Nd (m)	Q específica
PS0634		PROPOÇO	Assu	Novo Hori	Antônio A	24.8.01	716870	9377970	60				
PS0666		SERHID	Assu	Sítio Cas	Raimundo	23.11.01	732630	9385620	36	6,0	13	13	
*PS0674		SERHID	Assu	Olho d'ág	Vicente L	12.2.02	716420	9384260	89	13,0	41	43	
*PS0677		SERHID	Assu	Olho D'ág	Vicente L	21.3.02	716420	9384260	90	5,0	52	55	
*PS0680		SERHID	Assu	Olho D'ág	José Duar	13.4.02	714180	9384152	87	3,0	45	51	
PS0686		SERHID	Assu	Sítio Pre	Hermenegi	10.5.02	718390	9387560	63	15,0	16	27	
*PS0689		SERHID	Assu	Olho D'Ág	Fco. Oliv	25.5.02	714360	9384560	89	5,0	44	49	
*PS0693		SERHID	Assu	Sítio Cur	Zé do Egi	24.6.02	721600	9382700	118	10,0	79	83	
PS0701		SERHID	Assu	Canto do	João Bati	14.9.02	718390	9388030	52	16,0	13	24	
*PS0704		SERHID	Assu	Bela Vist	Manoel Ru	21.9.02	721600	9388800	54	17,0	15	18	
PS2BV		SAAB	Assu	Baviera I	Governo d	26.12.01	731600	9380982	96	10,0	25	28	
PSA023		SAAB	Assu	Campo de	SUDENE	30.11.96	725830	9381440					
PSA032		SAAB	Assu	Bela Vist	Cleudon d	6.2.97	721390	9389240	58	12,0	16	20	
PS0083			Assu				727210	9387030					
S3414		CDM	Assu	Panon 2		22/5/1993	730000	9390000	40				
S3415		CDM	Assu	Faz Sta G		3/5/1993	725500	9382500	82				
S3416		CDM	Assu	Faz Sta G		8/3/1993	729582	9382725	70				
S3417		CDM	Assu	São Lucas			730000	9388000	72				
S3421		CDM	Assu	Paulista		27/5/1992	708900	9383400	90				
S3422		CDM	Assu	Frunorte		8/7/1992	723200	9387300	80				
S3423		CDM	Assu	Faz Bangu			726500	9380000	25				
S3424		CDM	Assu	Faz São J			723500	9376000	22				
S3426		CDM	Assu	Barro Bra		4/10/1992	730500	9390500	105				
S3427		CDM	Assu	Agro Knol		3/7/1991	724000	9375500	67				
S3428		CDM	Assu	Agro Knol		12/8/1991	726500	9383500	72				
S3429		CDM	Assu	Faz São J			723000	9375500	16				
S3430		CDM	Assu	Jandui			722700	9388500	118				
S3437		SONGEO	Assu	Linda Flo	Fund Sesp		732100	9392100	50				

Poço N°	CE	Cia Perf	Município	Localidade	Proprietário	DT/Perf	Lon	Lat	Prof (m)	Q (m ³ /h)	Ne (m)	Nd (m)	Q específica
S3438			Assu	Paulista	Fran Sera		708100	9383800	60				
S3439		DNOCS	Assu	Casinha	Irineu B.		710000	9383900	80				
S3440		CONESP	Assu	Linda Flo	Prefeitur		717300	9378000	62				
S3441			Assu	St Mangue	Justino d		713900	9375000					
S3442		DNOCS	Assu	Lagoa do	Prefeitur		717000	9386200	80				
S3443		COCESA	Assu	Piata Bel	Prefeitur		721300	9389200					
S3444		F. SESP	Assu	Matadouro	Prefeitur		730300	9383500	120				
S3445			Assu	Horto Flo	IBDF		729500	9383400	74				
S3446		DNOCS	Assu	Horto Flo	IBDF		729200	9383900	76				
S3447		DNOCS	Assu	Posto At.	Org Bargo		727000	9382400					
S3448		DNOCS	Assu	Olho d'ág	Prefeitur		730200	9391000	54				
S3449		DNOCS	Assu	St Cantei	Sandoval		725000	9382100	114				
S3450		CONESP	Assu	Lagoa do	CAERN		732500	9385000	37				
S3451		CONESP	Assu	Lagoa do	CAERN		732200	9385000	45				
S3452		CONESP	Assu	Lagoa do	CAERN		732000	9385000	40				
S3453		CONESP	Assu	Lagoa do	CAERN		731800	9384900	34				
S3454		DNOCS	Assu	B. Ver Jo	Mercantil		731900	9383800	50				
S3455		DNOCS	Assu	R. Dr Lui	DNOCS		731900	9383000	65				
S3456		DNOCS	Assu	R. Dr Lui	Loja Maço		732100	9383500	58				
S3457		DNOCS	Assu				731900	9383500	78				
S3458		DNOCS	Assu	R 24 de J			731400	9382700	42				
S3459		F. SESP	Assu	Lavanderi	Prefeitur		732300	9382000					
S3460		CDM	Assu	Av. João	Merc Prod		731800	9380300	45,2				
S3461		DNOCS	Assu	R. Dr. Lu	Hosp Reb		731600	9383200	43				
S3462		DNOCS	Assu	St. Belo	Lair F Co		731200	9383600					
S3463		SESP	Assu	R Aspiran	Cibrazem		731600	9383000	55				
S3464		DNOCS	Assu	Posto Jói	Comerc Ol		732000	9382800	42				
S3465		DNOCS	Assu	Col. N.S.	Col N S V		731700	9382600	36,5				

Poço Nº	CE	Cia Perf	Município	Localidade	Proprietário	DT/Perf	Lon	Lat	Prof (m)	Q (m ³ /h)	Ne (m)	Nd (m)	Q específica
S3466		CONESP	Assu	Av. João	CHESF		731800	9381400	35				
S3467		DNOCS	Assu	Sinwal S/	SINWAL S/		732700	9381300	13,5				
S3468		CASOL	Assu	Ceramica	Ceramica		732000	9378500	58				
S3469		CASOL	Assu	Ceramica	Ceramica		732200	9378300	60				
S3487		CASOL	Assu	Linda Flo	Prefeitur		731700	9392500	84				
S3488			Assu	Linda Flo			731600	9392200					
S3489		CONESP	Assu	Linda Flo	DNOCS		733600	9392500					
S3490		CONESP	Assu	Sto Anto	CONESP		734600	9395300	185				
S3491		CONESP	Assu	Sto Anto	DNOCS		734600	9395200	91				
S3492		CONESP	Assu	Sto Anto	DNOCS		734700	9395200	108				
S3493		CONESP	Assu	Sto Anto	DNOCS		734700	9394900	105				
S3495		CONESP	Assu	Nova Espe	Manuel Da		732800	9397500					
S3496		DNOCS	Assu	Nova Espe	F.S.E.S.P		733700	9397900	60				
S6910		PROPOCO	Assu	Palheiros		15/1/1999	705986	9383069	96				
S6911		PROPOCO	Assu	Assent Pa		6/1/1999	709704	9384352	73				
S7175		PROPOCO	Assu	Caatinga			717854	9379033	107				
S7180		HIDROPOCO	Assu	Cumbe	Sebastião	25/2/1999	731923	9376511	15,5				
S8907		CONESP	Assu	Faz Pingo		27/7/1987	715000	9382000	125				
S8908		CONESP	Assu	Faz Malad		14/7/1987	732000	9383000	140				
S8994		CONESP	Assu	Linda Flo		1/7/1971	732000	9392500	62				
S9013		CONESP	Assu	Linda Flo		5/12/1968	731878	9381695	50				
S9460		CONESP	Assu	Açu(P-12)			731890	9381780	80				
S9461		CONESP	Assu	Açu(P-13)			731780	9381750	376				
S9464		CONESP	Assu	Açu-I		7/11/1975	731850	9381950	46				
S9465		CONESP	Assu	Açu-II			731700	9381700	50				
S9466		CONESP	Assu	Açu-III			732100	9382150	61				
S9467		CONESP	Assu	Açu-IV		15/1/1976	731720	9381700	40				
S9475		CONESP	Assu	CHESF		27/7/1976	732000	9382000	35				

* Poços com perfil litológico

Poço Nº	CE	Cia Perf	Município	Localidade	Proprietário	DT/Perf	Lon	Lat	Prof (m)	Q (m³/h)	Ne (m)	Nd (m)	Q específica
CL582	357		Ipanguaçu	Tira Fogo	Assen Olho D'água		749977	9392889	120				
CL583			Ipanguaçu	Tira Fogo	Assen Olho d'água	1995	750475	9392746					
CL584	316		Ipanguaçu	Tira Fogo	Assen Tabuleiro Alto	1997	747749	9393370	87				
CL585	292	PROSENG	Ipanguaçu	Tira Fogo	Assen Tabuleiro Alto	1997	746503	9393796	104				
CL586	232	EXERCITO	Ipanguaçu	Juazeiro	Henrique de Siqueira Sousa	23/02/1992	748097	9394279	92				
CL587	466		Ipanguaçu	Serra do Gado	Francisco Felix da Silva	1993	746820	9395420	110				
CL589	724		Ipanguaçu	Canto Claro	Prefeitura		743842	9395388	60				
CL590	482		Ipanguaçu	Lingua de Vaca	Prefeitura	1980	742338	9394954	80				
CL591	706		Ipanguaçu	Capivara	Prefeitura	23/09/1983	739738	9395545	60				
CL592	244		Ipanguaçu	Ibarana	Prefeitura	2002	737850	9392091	62				
CL593	217		Ipanguaçu	Ipanguassu	Prefeitura		737568	9391401					
CL594	225		Ipanguaçu	Ipanguassu	Prefeitura	28/02/1997	737237	9391706					
CL895	349		Ipanguaçu	Pedrinhas	João Tadeu de Araújo		734528	9382323	14.6				
CL896	286		Ipanguaçu	Pedrinhas	João Medeiros Filho		734495	9381933	5.52				
CL897	942		Ipanguaçu	Pedrinhas	João Medeiros Filho		734502	9382022	5.1				
CL898	1900		Ipanguaçu	Baldun	Prefeitura		735515	9384661	60				
CL899	322		Ipanguaçu	Base Física	Gov do Estado		735803	9387702	30				
CL900	273		Ipanguaçu	Olho d'água	José Fonseca		736782	9389410	60				
CL901	360		Ipanguaçu	Bairro Maria Romana	Prefeitura		737587	9390790					
CL902	1320		Ipanguaçu	Com Porto- Faz Itu	Mazza Monteiro Agropastoral		747150	9389704	62				
CL903			Ipanguaçu	Picado	Mazza Monteiro Agropastoral		747153	9389710					
CL904			Ipanguaçu	Sacramentinho	Eduardo Ribeiro		738406	9389653	62				
CL905	753		Ipanguaçu	Sacramento	Fran Irineu Sobrinho		739257	9389370	10				
CL906	1240		Ipanguaçu	Sacramentinho]	Prefeitura		739535	9390300	60				
CL907	540		Ipanguaçu	St Sacramentinho	Manuel Nascimento		739730	9390597	10				
CL902A			Ipanguaçu	Comunidade Porto	Público	2004	747174	9389767	65	25	5		
CL902B			Ipanguaçu	Sítio Picada	Manuel de Melo Montenegro	1982	743662	9388288	70	20	12.6		
CL902C			Ipanguaçu	St Deus nos Guie	Fco Carneiro da Cunha	2002	747850	9385800	140	1.9	60*		

Poço Nº	CE	Cia Perf	Município	Localidade	Proprietário	DT/Perf	Lon	Lat	Prof (m)	Q (m³/h)	Ne (m)	Nd (m)	Q específica
CL902D			Ipanguaçu	Sítio Lagoa de Pedra	Abdon Soares	1982	743408	9386012	78	1.8			
CL902E			Ipanguaçu	Sítio Lagoa de Pedra	Manuel Fco dos Santos	1982	739338	9387491	60				
*CL581			Ipanguaçu				750708	9394237					
CL901A			Ipanguaçu				739745	9395548					
CL901A			Ipanguaçu				737018	9390764					
CL895A			Ipanguaçu				737801	9394124					
313			Ipanguaçu				737300	9394800					
569			Ipanguaçu				738800	9383100					
619			Ipanguaçu				738800	9383100					
673			Ipanguaçu				737900	9396200					
777			Ipanguaçu				740300	9396300					
792			Ipanguaçu				737300	9384300					
894			Ipanguaçu				743400	9392500					
895			Ipanguaçu				737200	9393100					
915			Ipanguaçu				736200	9387200					
921			Ipanguaçu				735400	9391300					
922			Ipanguaçu				734300	9386800					
928			Ipanguaçu				740700	9391900					
939			Ipanguaçu				741300	9392400					
990			Ipanguaçu				743500	9395400					
1200			Ipanguaçu				736700	9389000					
1203			Ipanguaçu				741500	9383900					
1790			Ipanguaçu				737900	9389000					
1798			Ipanguaçu				737200	9389300					
*PS0066		PROSENG	Ipanguaçu	Baldum	SUDENE	01/06/98	735540	9385200	20				
*PS0352		AR	Ipanguaçu	Tira Fogo	SUDENE	30/11/98	750650	9394100	88	3,28	49.5	50.25	4.3733333
*PS937		SAAB	Ipanguaçu	Arapuá I	Prefeitura	28/10/01	737510	9397130	77	7,65	21.5	23.48	3.8636364
*PSA030		SAAB	Ipanguaçu	Itú	Manoel de Melo Montenegro	07/02/97	740480	9388970	52	17,217	6.03	8.165	8.0641686
*PSA047		SAAB	Ipanguaçu	Bairro Manoel Bonifácio	SUDENE	27/02/97	737210	9392600	54	16,744	5.995	6.315	52.325
PS0395		AR	Ipanguaçu	Sítio Pal	SUDENE	8.3.99	750627	9390636	62	2	24	44	

Poço Nº	CE	Cia Perf	Município	Localidade	Proprietário	DT/Perf	Lon	Lat	Prof (m)	Q (m³/h)	Ne (m)	Nd (m)	Q específica
S6788		PROPOCO	Ipanguaçu	Tira Fogo	Poço publico	30/11/1998	750714	9394201	88				
S8727			Ipanguaçu	Ipanguaçu		16/11/1974	738900	9392900	40				
S8728		CONESP	Ipanguaçu	Ipanguaçu	DNOCS	18/10/1974	738800	9392600	45				
S8729		CONESP	Ipanguaçu	Ipanguaçu	DNOCS	23/10/1974	738820	9392600	96				
S8730		CONESP	Ipanguaçu	Ipanguaçu	DNOCS	25/10/1974	737100	9392200	67				
S8731		CONESP	Ipanguaçu	Ipanguaçu	DNOCS	1/11/1974	737900	9392000	65				
S8732		CONESP	Ipanguaçu	Ipanguaçu	DNOCS	23/11/1974	737000	9391000	50				
S8733		CONESP	Ipanguaçu	Ipanguaçu	DNOCS	24/11/1974	737700	9391800	192				
S8982		CONESP	Ipanguaçu	Serra do Gado		2/10/1971	745000	9398000	90				
S8986		CONESP	Ipanguaçu	Mulungu		5/8/1971	737650	9391850	60				
S8988		CONESP	Ipanguaçu	Ipanguaçu 2		17/8/1971	737650	9392000	51				
S9015		CONESP	Ipanguaçu	Ipanguaçu-Sede			737600	9391700	79				
S9457		CONESP	Ipanguaçu	Ipanguaçu P-8		7/9/1975	737410	9391680	164				
S9458		CONESP	Ipanguaçu	Ipanguaçu P-9		12/12/1974	737595	9391570	109				
S9459		CONESP	Ipanguaçu	Ipanguaçu P-11		20/12/1974	737690	9391680	191				
S9462		CONESP	Ipanguaçu	Ipanguaçu P-15		20/9/1975	737560	9391900	122				
S9463		CONESP	Ipanguaçu	Ipanguaçu P-16		3/10/1975	737410	9391845	98				
S3425		CDM	Ipanguaçu	Faz Baixa		27/9/1992	736000	9391500	105				
S3418		CDM	Ipanguaçu	Baixa do		14/9/1992	736000	9389000	96				
S3413		CDM	Ipanguaçu	Agro Knol	Agro Knol	17/7/1991	733500	9388500	74				
S3412		CDM	Ipanguaçu	Agro Knol	Agro Knol	8/2/1991	733250	9388250	70				
S3411		CDM	Ipanguaçu	Agro Knol	Agro Knol	23/1/1991	733000	9388000	70				

* Poços com perfil litológico

ANEXO II

Dados dos testes de Bombeamento e Recuperação

POÇO 120
Município de Assu/ Sítio Boa Vista

Teste de bombeamento	
T(min)	ND (m)
1	37.340
2	37.405
3	37.448
4	37.461
5	37.475
8	37.492
10	37.514
15	37.552
20	37.580
25	37.608
30	37.610
40	37.616
50	37.605
60	37.611
90	37.620
120	37.618
150	37.615
180	37.621
210	37.625
240	37.625
270	37.621
300	37.618
330	37.620
360	37.623
390	37.628
420	37.625
540	37.630
570	37.633
600	37.635

POÇO 185

Município de Ipanguaçu/ Tira Fogo

Teste de bombeamento	
T(min)	ND (m)
1	50.09
2	50.10
3	50.12
4	50.12
5	50.13
6	50.13
8	50.13
10	50.13
12	50.13
15	50.14
20	50.15
25	50.15
30	50.16
40	50.17
50	50.17
60	50.17
70	50.19
80	50.20
100	50.20
120	50.20
150	50.20
180	50.20
240	50.20
300	50.21
360	50.21
420	50.22
480	50.22
540	50.24
600	50.24
660	50.25
720	50.26

Teste de recuperação	
T(min)	ND(m)
1	49.800
2	49.760
3	49.745
4	49.730
5	49.720
6	49.715
8	49.700
10	49.690
12	49.685
15	49.675
20	49.665
25	49.655
30	49.650
40	49.640
50	49.630
60	49.625
70	49.620
80	49.616
100	49.612
120	49.605

POÇO 323

Município de Upanema/ Assentamento Baixa do Dutra

Teste de bombeamento		Teste de recuperação	
T(min)	ND(m)	T(min)	ND(m)
2	34.600	2	34.820
3	34.615	3	34.706
5	34.620	5	34.610
7	34.626	7	34.534
10	34.631	10	34.476
15	34.636	15	34.405
20	34.640	20	34.358
30	34.645	30	34.446
40	34.649	40	34.331
50	34.653	50	34.218
60	34.657	60	34.175
90	34.669		
120	34.682		
150	34.696		
180	34.708		
210	34.723		
240	34.737		
270	34.750		
300	34.764		
330	34.777		
360	34.791		
390	34.805		
420	34.819		
450	34.833		
480	34.846		
510	34.860		
540	34.874		
570	34.888		
600	34.901		
660	34.926		
720	34.944		

POÇO 400

Município de Ipanguaçu/ Povoado Arapuá

Teste de bombeamento		Teste de Recuperação	
T(min)	ND(m)	T(min)	ND(m)
1	29.660	1	28.140
2	29.783	2	28.005
3	29.855	3	27.916
5	29.908	4	27.853
7	30.035	5	27.792
10	30.076	7	27.714
12	30.107	10	27.635
15	30.161	12	27.597
20	30.200	15	27.549
25	30.261	20	27.481
30	30.274	25	27.453
40	30.295	30	27.434
50	30.306	35	27.416
60	30.324	40	27.395
70	30.345	50	27.387
80	30.355	60	27.370
100	30.371	70	27.360
120	30.389	80	27.355
150	30.416	100	27.350
180	30.431	120	27.346
210	30.445	150	37.340
240	30.459		
270	30.473		
300	30.485		
330	30.495		
360	30.507		
390	30.519		
420	30.531		
450	30.543		
480	30.555		
540	30.570		
600	30.585		
660	30.600		
720	30.621		

POÇO 564
Município de Ipanguaçu/ Sede

Teste de bombeamento		Teste de recuperação	
T(min)	ND (m)	T(min)	ND (m)
1	5.405	1	5.246
2	5.426	2	5.190
3	5.443	3	5.161
5	5.475	4	5.146
7	5.496	5	5.140
10	5.508		
15	5.524		
20	5.538		
30	5.552		
40	5.562		
50	5.571		
60	5.579		
90	5.590		
120	5.602		
150	5.611		
180	5.620		
210	5.631		
240	5.640		
270	5.648		
300	5.660		
330	5.671		
360	5.682		
390	5.692		
420	5.705		
450	5.714		
480	5.725		
510	5.734		
540	5.745		
570	5.756		
600	5.764		
630	5.773		
660	5.782		
690	5.791		
720	5.800		

POÇO 583

Município de Upanema/Baixa do Dutra

Teste de Bombeamento	
T(min)	ND (m)
1	65.21
2	66.39
3	66.83
5	67.23
7	67.38
10	67.35
15	67.40
20	67.42
25	67.42
30	67.43
40	67.40
50	67.44
60	67.43
70	67.46
80	67.47
100	67.45
120	67.44
150	67.50
180	67.50
210	67.48
240	67.51
270	67.48
300	67.47
330	67.41
360	67.41
390	67.46
420	67.44
450	67.40
480	67.44
510	67.47
540	67.43
570	67.41
600	67.40
660	67.42
720	67.43

Teste recuperação	
T(min)	ND (m)
1	63.300
2	62.800
3	62.300
5	62.290
7	62.270
10	62.250
15	62.220
20	62.200
25	62.190
30	62.180
40	62.150
50	62.140
60	62.120
70	62.110
80	62.090
100	62.080
120	62.070
150	62.060

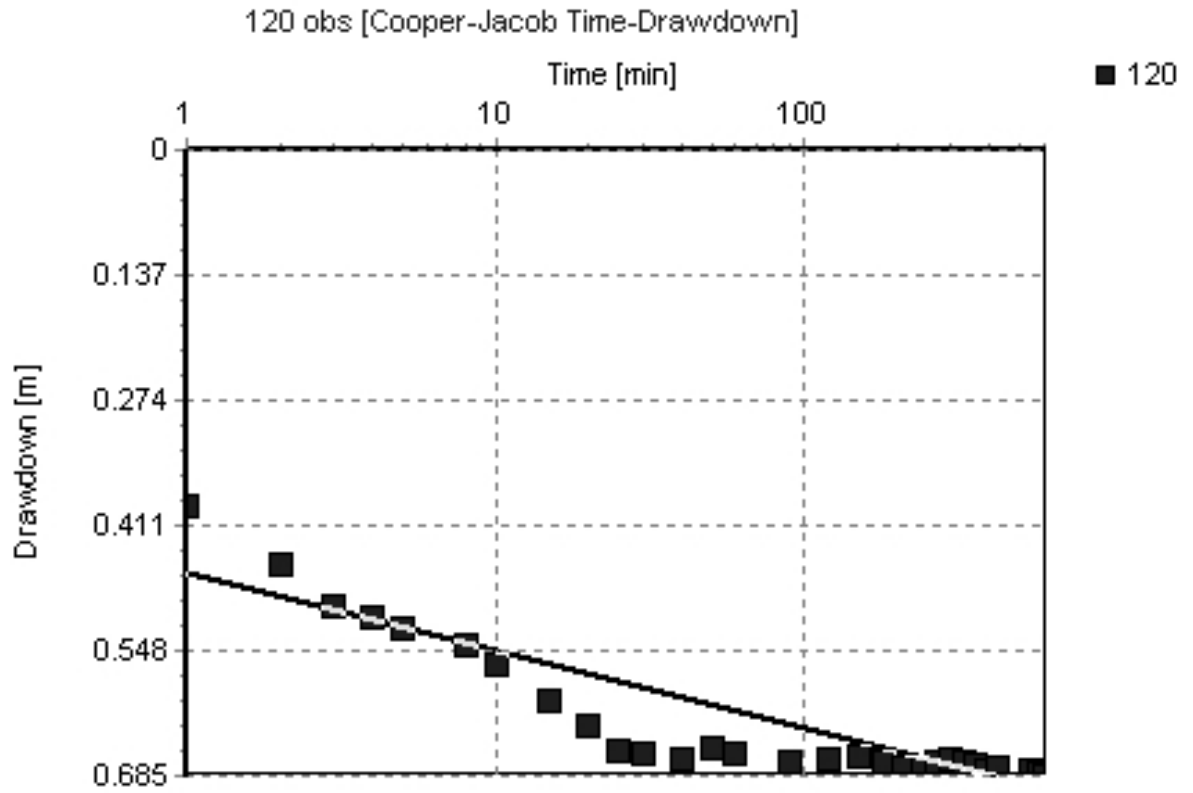
POÇO AFB

Município de Afonso Bezerra/ Assentamento Santa Maria

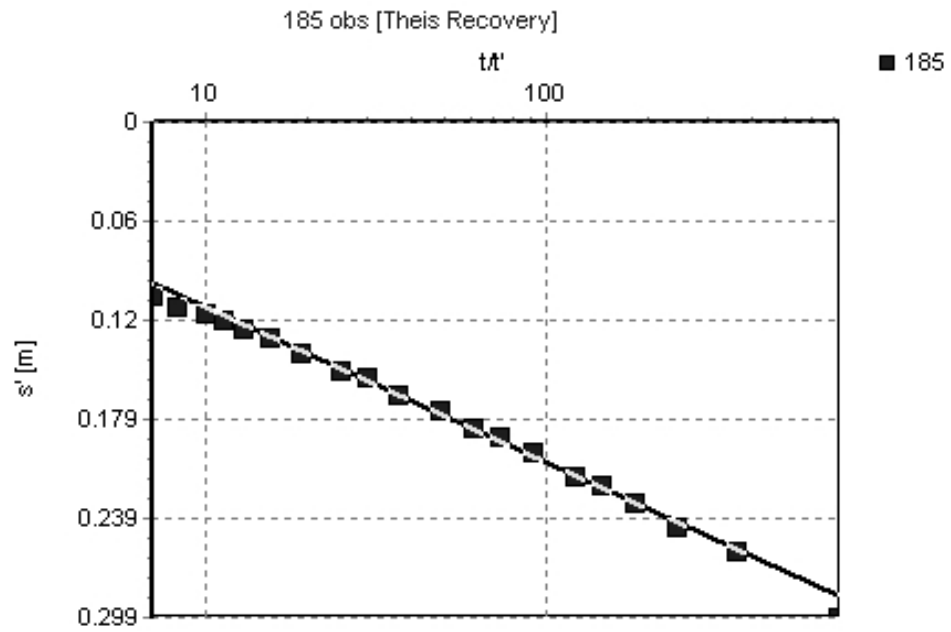
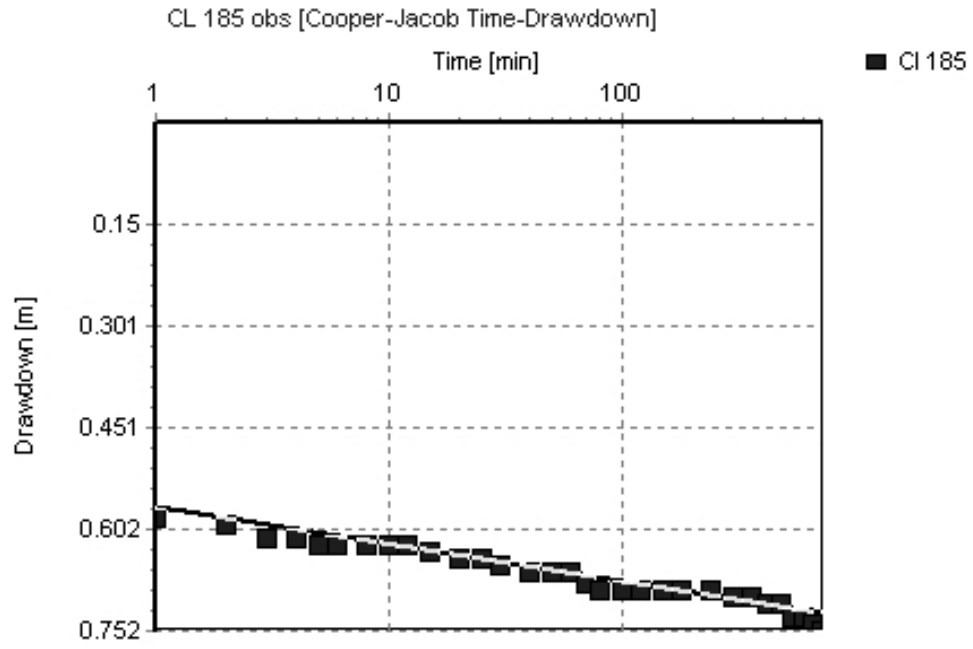
Teste de bombeamento		Teste de recuperação	
T(min)	ND (m)	T(min)	ND (m)
0	22.080	1	23.284
1	26.045	2	23.143
2	26.214	3	23.068
3	26.315	4	23.023
4	26.388	5	22.998
5	26.427	6	22.976
6	26.474	8	22.950
8	26.526	10	22.905
10	26.568	12	22.870
12	26.612	15	22.826
15	26.652	20	22.772
20	26.724	25	22.732
25	26.760	30	22.690
30	26.806	40	22.633
40	26.873	50	22.552
50	26.936	60	22.552
60	26.974	70	22.522
70	27.000	80	22.496
80	27.028	100	22.452
100	27.082	120	22.410
120	27.130	150	22.372
150	27.194	180	22.335
180	27.220		
240	27.300		
300	27.337		
360	27.371		
420	27.413		
480	27.444		
540	27.480		
600	27.504		
660	27.526		
720	27.537		

ANEXO III
Gráfico dos Testes de Bombeamento e Recuperação

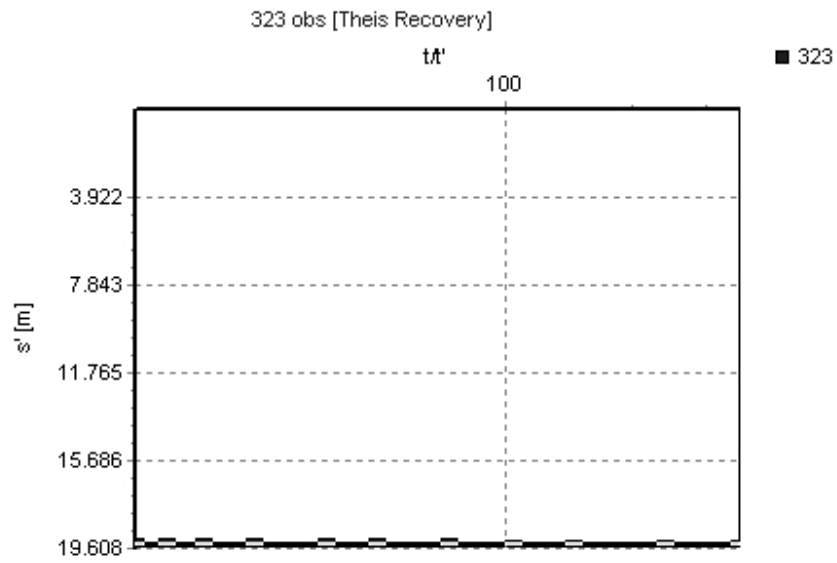
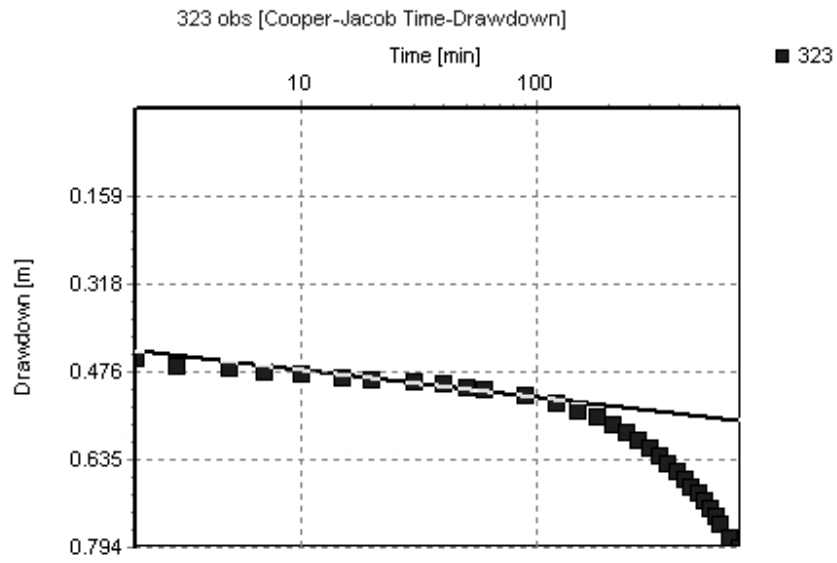
POÇO 120



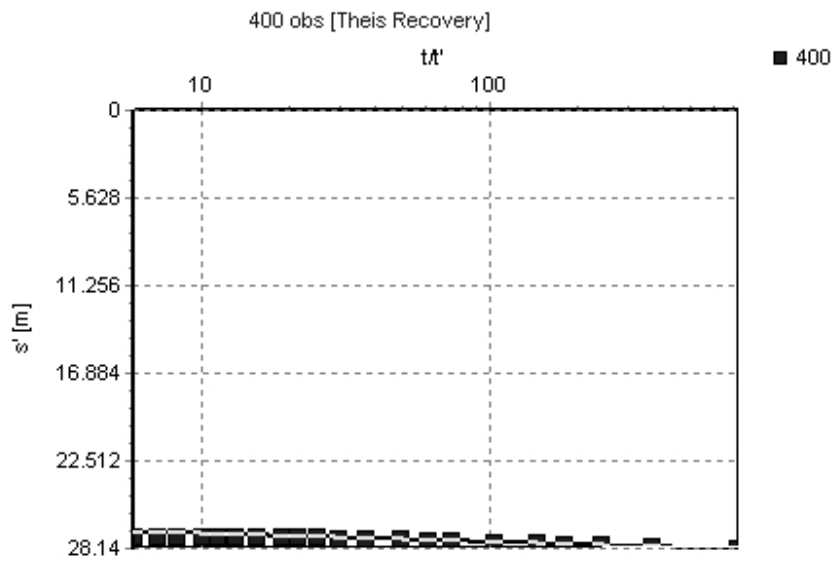
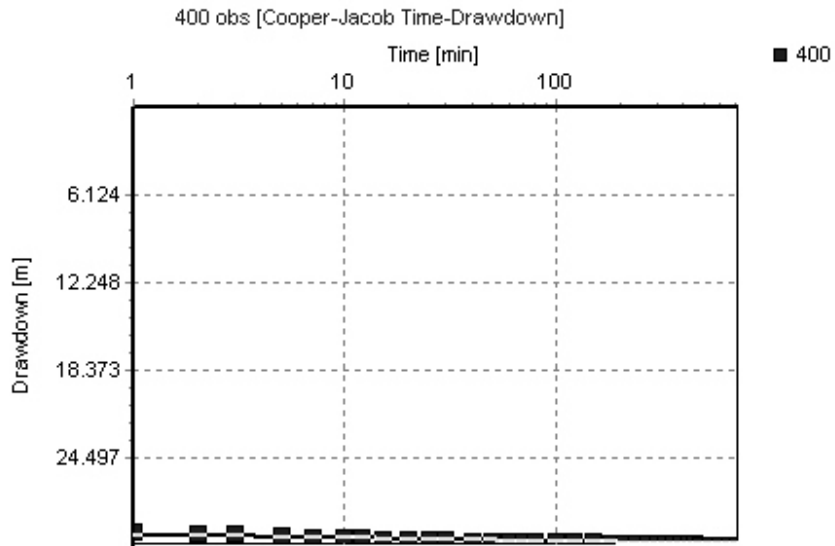
POÇO 185



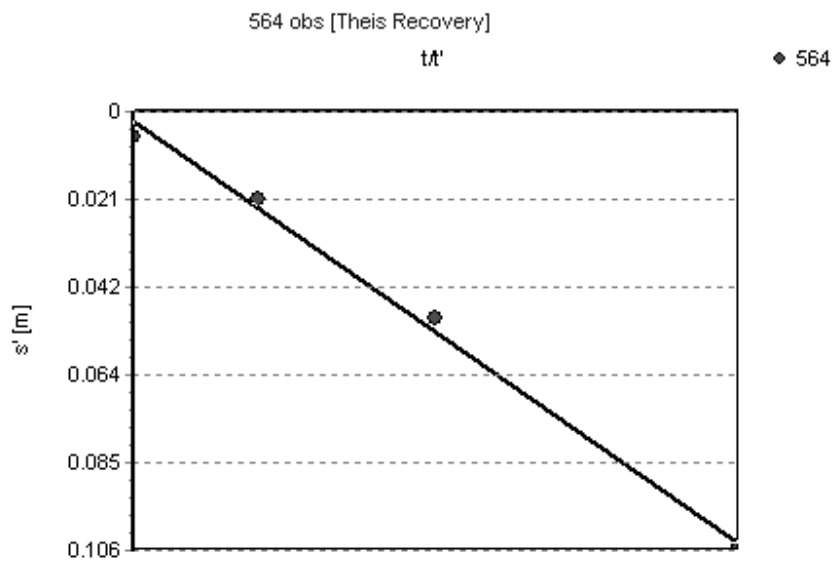
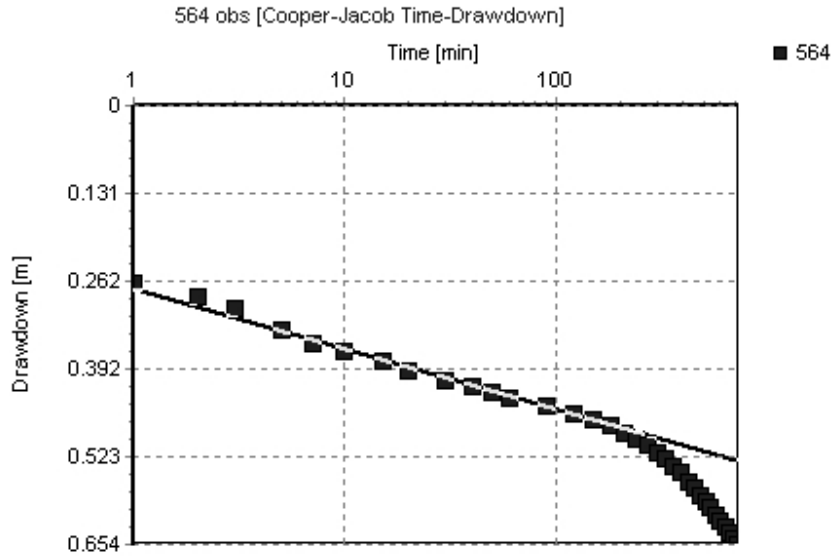
POÇO 323



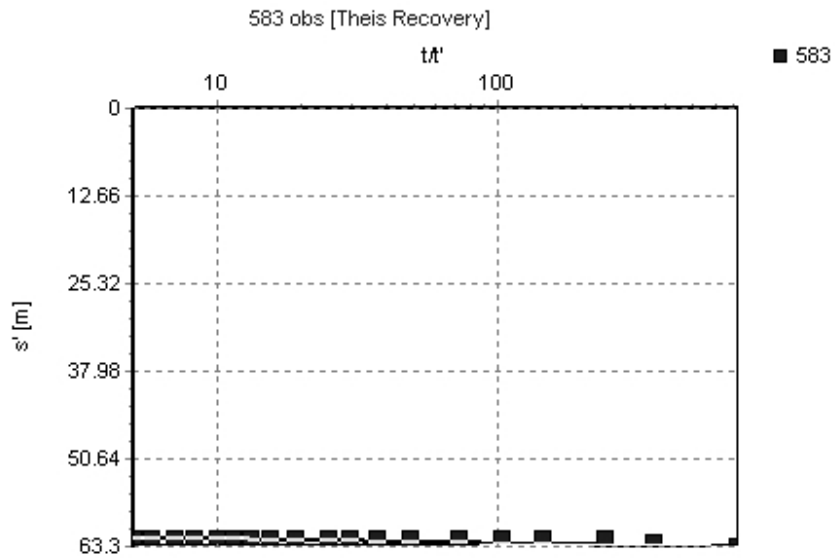
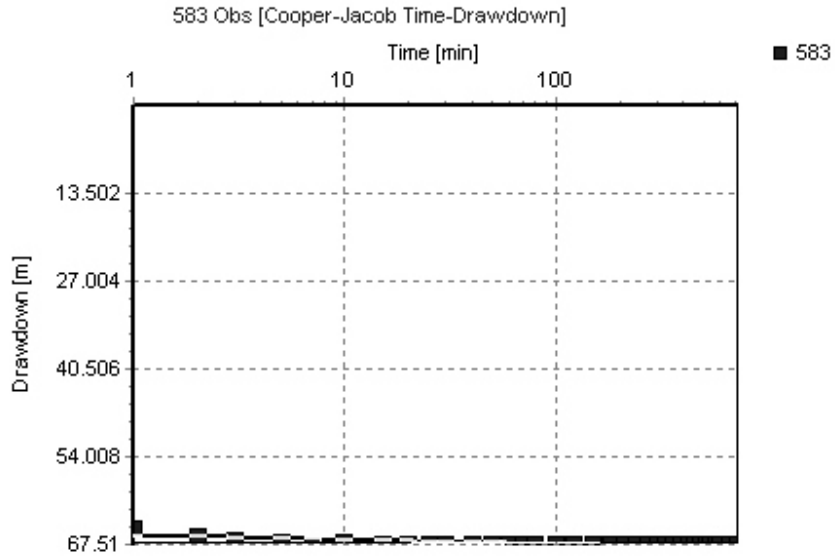
POÇO 400



POÇO 564



POÇO 583



POÇO AFB

