CPRM
BIBLIOTECA
REL
2112
ex. 2

PHL 016 513

IMPERATRIZ

FOLHA SB.23-V-C

ESCALA 1:250.000

PROGRAMA LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS BÁSICOS DO BRASIL
ESCALAS – 1:250.000 – 1:100.000 – 1:50.000
(PERÍODO 1985 -1990)

DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL

COORDENAÇÃO NACIONAL DO PROGRAMA

Carlos Oití Berbert

SUPERVISÃO TÉCNICA NACIONAL

Carlos Schobbenhaus
Emanuel T. de Queiroz

COLABORAÇÃO
Gilberto Ruy Derze
Cláudio Hecht

SUPERVISÃO TÉCNICA REGIONAL

Ronaldo Mossmann
(1º Distrito – Porto Alegre)

Ricardo Motta Strieder
(2º Distrito – São Paulo)

Antonio da Silva Wirz Leite
(3º Distrito – Belo Horizonte)

Alarico Antonio F. Mont'Alverne
(4º Distrito – Recife)

Taylor Araújo Collier
(5º Distrito – Belém)

Armando da Silva Neiva
(6º Distrito – Goiânia)

Hélio Pinto da Silva
(7º Distrito – Salvador)

José R. de Magalhães Franco
(8º Distrito – Manaus)

Aladar Bernabé de Molnar
(9º Distrito – Rio de Janeiro)

Vanessa Maria Mamede Cavalcanti
(10º Distrito – Fortaleza)

João Awdziej
(11º Distrito – Florianópolis)

Jair de Freitas
(12º Distrito – Cuiabá)

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS

COORDENAÇÃO NACIONAL DO PROGRAMA

Hermes Augusto Verner Inda

COORDENAÇÃO GERAL: Valter José Marques

COORDENAÇÃO ESPECIAL: Odair Olivatti

ASSESSORIAS ESPECIALIZADAS
Léo Schapoval e Mario Osvaldo Fraenkel
(Controle e Acompanhamento)
Carlos A. Guimarães Da Vinha (Informática)

COORDENAÇÕES TEMÁTICAS:

– NACIONAL

Metalogenia
Inácio de Medeiros Delgado
Geoquímica
Raymundo J. Portella Brim
Geofísica
Ricardo M. de Vasconcellos
Petrologia
Emiliano Cornélio de Souza
Treinamento
Eduardo Camozzato
Cartografia Digital
João B. de Vasconcellos
Processamento de Dados
Gilberto Da Vinha
Bases de Dados
Ernesto von Sperling
Cartografia
Regina Célia G. Armesto
Célio Lima de Macedo
Milton Brand Baptista
Editoração
Jurema Ferreira da Silva
Sensoriamento Remoto
Sérgio M. S. Guerra
Estratigrafia
Amadeu Paiva Santos
Geologia Estrutural
Atahualpa V. Padilha
Análises Minerais
Vania N. de Araujo Mello
Biblioteca
Tânia R. B. de M. Freire

– SUPERINTENDÊNCIA DE RECIFE

Coordenador
Marinho Alves da Silva Filho
Petrologia
Edilton José dos Santos
Geologia Estrutural
Helton Heleri Falcão Torres
Metalogenia
Judson da Cunha e Silva
Geoquímica
Carlos Alberto Cavalcante Lins
Geofísica
Roberto Gusmão de Oliveira
Cartografia
Marina Nóbrega
Biblioteca e Cartografia
Dalvanize Bezerril
Informática
Aroldo Alves de Mello

– RESIDÊNCIA DE FORTALEZA

Coordenador
José Carvalho Cavalcante
Petrografia
Iponira de Oliveira Paiva
Geologia Estrutural
Francisco Edson M. Gomes
Metalogenia
Antônio Maurilio Vasconcelos
Geoquímica
Sérgio João Frizzo
Geofísica
José Carlos Rodrigues
Petrologia
José Alberto Ribeiro
Biblioteca e Cartografia
Rosário de F. G. C. Gomes
Informática
Homero Coelho Benevides

MINISTÉRIO DA INFRA-ESTRUTURA
SECRETARIA NACIONAL DE MINAS E METALURGIA
DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL

PROGRAMA LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS BÁSICOS DO BRASIL

PROJETO ESPECIAL MAPAS DE RECURSOS MINERAIS, DE SOLOS E DE VEGETAÇÃO PARA A ÁREA DO PROGRAMA GRANDE CARAJÁS

SUBPROJETO RECURSOS MINERAIS

Execução pela Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais – CPRM
Superintendência Regional de Recife, Residência de Fortaleza, em
Convênio com o Departamento Nacional da Produção Mineral – DNPM

IMPERATRIZ
FOLHA SB.23-V-C
– ESTADOS DO MARANHÃO E TOCANTINS –

TEXTO EXPLICATIVO

ORGANIZADO POR

Ailton Salviano de Souza
Liano Silva Veríssimo
Clodinor Carvalho de Araújo

BRASÍLIA – 1990

CRÉDITO DE AUTORIA DO TEXTO

PARTE I

1.1 a 1.4 Ailton Salviano de Souza e Liano Silva Veríssim
1.5 a 1.7 Jaime Quintas dos Santos Colares e Ailton Salviano de Souza

PARTE II

Capítulo 1 Ailton Salviano de Souza e Jaime Quintas dos Santos Colares
Capítulo 2
2.1 a 2.5 Ailton Salviano de Souza
2.6 Liano Silva Veríssimo e Ailton Salviano de Souza
2.7 a 2.8 Ailton Salviano de Souza

Capítulo 3 Ailton Salviano de Souza

Capítulo 4 Clodionor Carvalho de Araújo
Capítulo 5 Ailton Salviano de Souza
Capítulo 6 Ailton Salviano de Souza
Capítulo 7 Liano Silva Veríssimo e Ailton Salviano de Souza

PARTE III

Capítulo 1 Ailton Salviano de Souza e Clodionor Carvalho de Araújo
Capítulo 2 Ailton Salviano de Souza e Clodionor Carvalho de Araújo

Cartas Geológica, Metalogenético-Previsional, de Previsão de Recursos Minerais e de Previsão para Planejamento de Ações Governamentais
Ailton Salviano de Souza e Liano Silva Veríssimo

Cartas de Zoneamento Hidrogeológico e de Pontos de Água
Clodionor Carvalho de Araújo

ACOMPANHAMENTO TÉCNICO
Carlos Fernando Lopes
DNPM – 10º Distrito – Fortaleza

Coordenação Editorial a cargo do
Serviço de Edições Técnicas – SETEC
Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM

Publicação do Departamento Nacional
da Produção Mineral – DNPM
Setor de Autarquias Norte, Quadra 1,
Bloco B
70040 - Brasília, DF - Brasil
Telex 0611116 DNPM BR

Copyright© 1990 – DNPM
Reservados todos os direitos.
Permitida a reprodução parcial,
desde que mencionada a fonte.

Depósito legal:
Biblioteca Nacional do Rio de Janeiro
Instituto Nacional do Livro
Biblioteca do Ministério da Infra-Estrutura
Coordenadoria de Documentação e
Biblioteca - Esplanada dos Ministérios
Bloco R, Térreo
70.044 - Brasília, DF - Brasil

SOUZA, Ailton S. de; ARAÚJO, Clodionor C. de; VERÍSSIMO, Liano S.
Projeto Especial Mapas de Recursos Minerais, de Solos e de Vegetação para a Área do Programa Grande Carajás – Subprojeto Recursos Minerais: carta geológica, carta metalogenético-previsional, carta de zoneamento hidrogeológico e pontos de água, – Escala 1:250.000; cartas de previsão de recursos minerais e de previsão para planejamento de ações governamentais - Escala 1:500.000 (folha SB.23-V-C – Imperatriz) Estados do Maranhão e Tocantins. Org. por Ailton Salviano de Souza, Liano Silva Veríssimo e Clodionor Carvalho de Araújo, Brasília, DNPM/CPRM, 1990
75p. il., 4 anexos (in bolso). 29,5cm
"Trabalho executado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais através de Convênio com o Departamento Nacional da Produção Mineral."
1. Geologia, Hidrogeologia – Mapas – Maranhão – Tocantins. I. Departamento Nacional da Produção Mineral. II. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. III. Título

CDD:558.12
CDU:55(812)

Apresentação

Implantado oficialmente em 9 de setembro de 1985, o *PROGRAMA LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS BÁSICOS (SISTEMÁTICOS) DO BRASIL – PLGB* constitui-se num dos mais significativos programas promovidos pelo Departamento Nacional da Produção Mineral – DNPM.

Seu planejamento, pela primeira vez, realizou-se junto com a comunidade do setor, através de inúmeras reuniões e debates conduzidos pelo DNPM em todo o País. A mesma comunidade promove o seu acompanhamento, convocada que foi, a cada fase regional de execução, para encontros onde o avanço da atividade e os produtos oferecidos eram analisados em conjunto.

O Relatório Final de cada folha é, além disso, submetido em minuta à análise do DNPM e de consultores externos ao Sistema DNPM/CPRM, que emitem pareceres visando à melhoria da qualidade do produto, antes de ser processada a sua respectiva impressão.

Com essa metodologia procura-se seguir, à risca, dois pontos fundamentais incorporados à filosofia do trabalho: Participação e Qualidade dos Produtos.

Ao primeiro ponto, além das comunidades regionais, deve-se acrescentar a participação efetiva de eminentes professores universitários no Programa, treinando e acompanhando no campo as equipes técnicas, bem como o entrosamento destas com profissionais experimentados de outros centros de pesquisa e empresas, particularmente a PETROBRÁS, a Cia. Vale do Rio Doce e sua subsidiária DOCEGEO.

Com relação ao segundo ponto vale mencionar dois grandes avanços estabelecidos no Programa e que se têm mostrado de capital importância:

a) o treinamento intensivo dos geólogos da CPRM e do DNPM, principalmente em cursos de especialização de longa duração ministrados nos Centros Integrados de Estudos Geológicos (CIEGs) de Morro do Chapéu (BA), Caçapava do SUL (RS) e Cachoeira do Campo (MG);

b) a implantação do SIGA – Sistema de Informações Geológicas do Brasil, hoje com mais de 400.000 registros armazenados magneticamente, distribuídos em 10 bancos de dados: bibliográficos, de análises petrográficas, de análises químicas, de afloramentos, paleontológicos, geológico-geofísico-geoquímicos, de sondagens, de acervo de documentação técnica, de ocorrências minerais e de projetos específicos.

O primeiro conjunto de folhas produzido pelo PLGB, lançado em julho de 1988 (folhas Altamira, Jeremoabo, Santa Filomena, Santa Brígida, Carira, Piranhas, Heliodora e São Gonçalo do Sapucaí), já mostrara substanciais avanços quanto à qualidade e apresentação. As publicações que agora são lançadas, nesta segunda fase do Programa, atestam por sua qualidade que o caminho seguido nesses últimos cinco anos é fecundo, apesar das dificuldades orçamentárias que esperamos ver superadas daqui para a frente.

Expressamos os melhores agradecimentos aos consultores, à comunidade geológica e a todos aqueles que participaram, ao lado do DNPM e da CPRM, do grande esforço que vem sendo feito para realizar os levantamentos básicos de que o Brasil necessita.

Brasília, 03 setembro de 1990

ELMER PRATA SALOMÃO
Diretor/DNPM

Sumário

Resumo i
Abstract iii

PARTE I - INTRODUÇÃO

1 – ASPECTOS GERAIS DA REGIÃO 3

1.1 - Localização e Acesso 3
1.2 - Aspectos Sócioeconômicos 3
1.3 - Aspectos Fisiográficos 3
1.4 - Geomorfologia 6
1.5 - Análise do Conhecimento Anterior 6
1.6 - Histórico do Projeto 8
1.7 - Método de Trabalho 8

PARTE II - GEOLOGIA DE PARTE DAS REGIÕES OESTE DO MARANHÃO E NORTE DO TOCANTINS

1 – GEOLOGIA REGIONAL 13

1.1 - Comentários Gerais 13
1.2 - Contexto Geotectônico 13

2 – ESTRATIGRAFIA 17

2.1 - Formação Sambaíba 17
2.1.1 - Histórico 17
2.1.2 - Modo de ocorrência, distribuição e espessura 17
2.1.3 - Relações de contato 17
2.1.4 - Litofacies e mineralogia 17
2.1.5 - Ambiente de sedimentação e sistema deposicional 17
2.1.6 - Idade 19
2.2 - Formação Mosquito 19
2.2.1 - Histórico 19
2.2.2 - Modo de ocorrência, distribuição e espessura 19
2.2.3 - Relações de contato 19
2.2.4 - Mineralogia 19
2.2.5 - Idade 19
2.3 - Formação Corda 19
2.3.1 - Histórico 19

2.3.2 - Modo de ocorrência, distribuição e espessura 19
2.3.3 - Relações de contato 19
2.3.4 - Litofacies e mineralogia 19
2.3.5 - Ambiente de sedimentação e sistema deposicional 20
2.3.6 - Idade 20
2.4 - Formação Grajaú 20
2.4.1 - Histórico 20
2.4.2 - Modo de ocorrência, distribuição e espessura 20
2.4.3 - Relações de contato 20
2.4.4 - Litofacies e mineralogia 20
2.4.5 - Ambiente de sedimentação e sistema deposicional 21
2.4.6 - Idade 21
2.5 - Formação Codó 21
2.5.1 - Histórico 21
2.5.2 - Modo de ocorrência, distribuição e espessura 21
2.5.3 - Relações de contato 21
2.5.4 - Litofacies e mineralogia 21
2.5.5 - Ambiente de sedimentação e sistema deposicional 22
2.5.6 - Idade 22
2.6 - Formação Itapecuru 23
2.6.1 - Histórico 23
2.6.2 - Modo de ocorrência, distribuição e espessura 23
2.6.3 - Relações de contato 23
2.6.4 - Litofacies e mineralogia 23
2.6.5 - Ambiente de sedimentação e sistema deposicional 23
2.6.6 - Idade 24
2.7 - Coberturas Tércio-Quaternárias 24
2.7.1 - Histórico 24
2.7.2 - Modo de ocorrência, distribuição e espessura 24
2.7.3 - Relações de contato e posicionamento estratigráfico 24
2.7.4 - Litofacies e mineralogia 24
2.7.5 - Ambiente de sedimentação e sistema deposicional 24
2.8 - Aluviões 25

3 – TECTÔNICA E ESTRUTURAS 27

4 – HIDROGEOLOGIA 29

4.1 - Introdução 29
4.2 - Caracterização dos Dados 29
4.3 - Características Climáticas 29
4.3.1 - Clima 29
4.3.2 - Temperatura 29
4.3.3 - Umidade relativa, insolação e vento 35
4.3.4 - Pluviometria 35
4.3.5 - Evaporação e evapotranspiração 35
4.4 - Características Hidrogeológicas 38
4.4.1 - Sistema Aqüífero Poti-Piauí 39
4.4.2 - Aquífero Sambaíba 42
4.4.3 - Aqüífero Corda 42
4.4.4 - Aqüífero Grajaú 44
4.4.5 - Aqüífero Itapecuru 44
4.4.6 - Aluviões 44
4.4.7 - Poços manuais 45
4.5 - Características Químicas das Águas 45
4.5.1 - Determinação das facies químicas 46
4.5.1.1 - Aqüífero Sambaíba 46

4.5.1.2 - Aqüífero Corda 46
4.5.1.3 - Aqüífero Itapecuru 46
4.5.1.4 - Poços manuais 46
4.5.2 - Potabilidade das águas 46
4.5.2.1 - Aqüífero Sambaíba 51
4.5.2.2 - Aqüífero Corda 51
4.5.2.3 - Aqüífero Itapecuru 51
4.5.2.4 - Poços manuais 51
4.6 - Classificação das Águas para Irrigação 51
4.6.1 - Aqüífero Sambaíba 52
4.6.2 - Aqüífero Corda 52
4.6.3 - Aqüífero Itapecuru 52
4.7 - Qualidade das Á1guas para o Consumo Animal 52

5 – GEOFÍSICA 59

6 – METALOGENIA, PREVISÃO DE RECURSOS MINERAIS E PLANEJAMENTO PARA AÇÕES GOVERNAMENTAIS 61

6.1 - Formações Codó/Grajaú 61
6.2 - Coberturas Tércio-Quaternárias 62
6.3 - Aluviões 62

7 – GEOLOGIA ECONÔMICA 63

7.1 - Panorama Mineral da Área 63
7.2 - Materiais de Utilização na Construção Civil 63
7.3 - Calcário 64

PARTE III – CONSIDERAÇÕES FINAIS

1 – CONCLUSÕES 69

2 – RECOMENDAÇÕES 71

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 73

APÊNDICES:

I - Dados de Produção
II - Ilustrações Fotográficas

ANEXOS:

Carta Geológica - Escala 1:250.000

Carta Metalogenético-Previsional - Escala 1:250.000

Cartas de Previsão de Recursos Minerais e de Previsão para Planejamento de Ações Governamentais - Escala 1:500.000

Carta de Zoneamento Hidrogeológico e Pontos de Água - Escala 1:250.000

Resumo

O Programa Grande Carajás – PGC – tem o objetivo precípuo de fornecer informações básicas, orientando o processo de ocupação da terra e o aproveitamento racional dos seus recursos minerais.

Abrangendo uma área aproximada de 865.000km^2, cobrindo quase todo o estado do Maranhão, além de partes dos estados do Pará e do Tocantins, o programa atende às diretrizes do governo federal para a retomada dos levantamentos geológicos básicos no Brasil.

No escopo dessa programação estão vários subprojetos sob a responsabilidade do Departamento Nacional da Produção Mineral – DNPM, com execução pela Companhia de Pesquisa de Recursos Mineais – CPRM.

O trabalho em epígrafe é parte integrante desses levantamentos e se constitui do mapeamento geológico sistemático (1:250.000) e avaliação do potencial mineral da Folha Imperatriz (SB.23-V-C), limitada pelos meridianos 46°30' e 48°00' de longitude oeste de Greenwich e pelos paralelos 5°00' e 6°00' de latitude sul.

Utilizando-se métodos padronizados pela CPRM estabelecidos após duas décadas de experiência nessa atividade, alternando-se etapas de campo e escritório, apresenta-se como resultado, as cartas geológica, metalogenético-previsional, de pontos de água e de zoneamento hidrogeológico.

Para tanto, foram empregadas técnicas de interpretação de aerofotos convencionais (escalas 1:60.000 e 1:100.000), imagens TM-Landsat-4 e mosaico de radar.

A Folha Imperatriz está integralmente contida na Bacia Intracratônica do Maranhão, congregando terrenos a partir do Triássico Superior. Foram identificadas e definidas, durante os trabalhos de mapeamento, 8 unidades estratigráficas.

Litologicamente predominam arenitos e siltitos vermelhos (*red beds*) e ocasionalmente manifestações vulcânicas básicas, além de folhelhos e calcários. Os ambientes deposicionais são continentais, de clima árido, com representação marinha restrita.

Na área propriamente dita estão as formações Sambaíba, Mosquito, Corda, Grajaú, Codó e Itapecuru. Complementam a coluna os sedimentos das Coberturas Tércio-Quaternárias e as Aluviões recentes. As unidades estratigráficas são praticamente horizontais, embora possam ocorrer indícios de pequenos basculamentos, resultado de esforços distensionais que afetaram os suaves mergulhos. Evidências de reativações de fallhas associadas aos lineamentos Transbrasiliano (NE-SW) e Picos-Santa Inês (NW-SE) estão presentes nos sedimentos da Formação Itapecuru, onde os fraturamentos têm idênticas direções preferenciais.

Os estudos hidrogeológicos estabeleceram que os aqüíferos Itapecuru, Grajaú, Corda, Sambaíba e as aluviões, embora de condições limitadas, representam para essa área as principais fontes de captação imediata de água subterrânea.

Os aqüíferos Itapecuru, Grajaú e Corda, de profundidades médias, respectivamente da ordem de 145, 35 e 84m, vêm sendo explotados para vazões inferiores a 30m^3/h, enquanto o aqüífero Sambaíba a profundidades superiores a 350m, está fornecendo vazão que atinge 225m^3/h.

As análises dessas águas determinaram presenças exclusivas das classes carbonatadas e cloretadas, com os tipos sódico, cálcico, magnesiano e misto, denotando predominância absoluta dos ânions carbonato e cloro e dos cátions sódio, cálcio e magnésio. Para o consumo humano, enquadram-se como de potabilidade permanentemente boa.

A maioria absoluta dessas águas é de baixa a média salinidade e fracamente sódica, podendo ser utilizada para a irrigação, sem que haja riscos nocivos de troca iônica em todos os solos e culturas.

A análise metalogenético-previsional sugere as formações Codó, Grajaú, Itapecuru, Coberturas Tércio-Quaternárias e Aluviões como unidades prioritárias para prospecção.

Atualmente, as fontes de divisas provenientes de bens minerais limitam-se à produção de água mineral e de material para a construção civil (cascalho, areia e argila).

Abstract

The *Program Grande Carajás – PGC* (Grande Carajás Programme) has as its main objective the gathering of basic information with a view to land occupation and the rational development of mineral resources.

The project covers an area of about 865,000 km^2, that includes nearly all the State of Maranhão, in addition to parts of the states of Pará and Tocantins. The programme complies with Federal Government policy relating to basic geological surveys of Brazil.

In the scope of this programme there are a number of sub-projects under the responsability of the *Departamento Nacional da Produção Mineral – DNPM* (Federal Mines Departement) that are carried out by the *Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM*.

The Imperatriz map-sheet (SB.23-V-C) at 1:250,000 scale is an integral part of the systematic geological mapping survey and evaluation of mineral potential. The Imperatriz sheet is delimited by the parallels 5°00'S to 6°00'S and the meridians 46°30'W to 48°00'W.

The geological and metallogenetic previsional (forecast) maps that also show hydrological data, including zoning, here presented, are based on standard methods developed by the CPRM on the experience of two decades in which field work and office work alternate.

This study made use of conventional photogrametry (1:60,000 and 1:100,000 scale) as well as the interpretation of TM-Landsat-IV and radar images.

The Imperatriz sheet lies entirely within the Maranhão Intracratonic Basin on rocks formed since the Upper Triassic. Eight stratigraphic units occur.

Red sandstone and siltstone (red beds) predominate, but locally there also occur basic volcanics besides shale and limestone. These rocks were deposited under arid continental conditions, locally with marine incursions.

In the area there occur the Sambaíba, Mosquito, Corda, Grajaú, Codó and Itapecuru formations.

Overlying the sedimentary sequence there occurs Tertiary-Quaternary cover and Recent alluvium. The sediments are almost horizontal although gentle folds, the result of distention, may have affected the low dips.

There is also evidence for re-activation along faults associated with the Transbrasiliano (NE-SW) and Picos-Santa Inês (NW-SE) lineaments in the sediments of the Itapecuru Formation, where the fractures have an identical preferred strike.

The hydrogeological studies showed that Itapecuru, Grajaú, Corda, and Sambaíba aquifers and, to a limited extent, the alluvial deposits offer the best potential for groundwater.

The average depth to the Itapecuru, Grajaú and Corda aquifers is about 145m, 35m and 85m, respectively, and the flow-rates are less than 30m^3/h. By comparison the Sambaíba Formation, at depths over 350m, has a flow-rates reaching 225m^3/h.

Water analyses show the presence of the carbonate and chloride classes with sodic, calcic, magnesian and mixed types, indicating the predominance of carbonate and chlorine anions and sodium, calcium and magnesium cations. The water is of good quality for human consumption.

The absolute majority of these waters have a low to medium salinity and low sodium content. Thus they may be used for irrigation without risk of ion exchange in soil and crops.

The previsional (forecast) metallogenetic map shows that the Codó, Grajaú and Itapecuru formations, the Tertiary-Quaternary cover and the Recent alluvium offer the best potential for prospection.

At present, the mineral potential is limited to construction materials (gravel, sand and clay), besides groundwater.

PARTE I - Introdução

1 - ASPECTOS GERAIS DA REGIÃO

1.1 Localização e Acesso

A área mapeada localiza-se na porção oeste do estado do Maranhão (figura I.1.1). Situa-se entre os meridianos 46°30' e 48°00' de longitude oeste de Greenwich e os paralelos 5°00' e 6°00' de latitude sul, abrangendo uma superfície aproximada de 18.400km^2, correspondendo à Folha Imperatriz (SB.23-V-C).

Na folha encontram-se as sedes dos municípios maranhenses de Imperatriz, Sítio Novo, João Lisboa, Montes Altos e Amarante do Maranhão. Do novo estado do Tocantins temos as cidades de Itaguatins, Sítio Novo de Goiás e Augustinópolis.

O acesso pode ser feito a partir da cidade de Belém do Pará, através da BR-010 (Belém-Brasília), principal via de acesso à área, que atravessa toda a folha aproximadamente na sua parte central e segundo a direção norte-sul. A BR-230 (Transamazônica) numa extensão de apenas 25km corta a extremidade SW da folha.

A estrada de ferro Ponta da Madeira–Carajás corta a porção NW da área. Atualmente desenvolvem-se os trabalhos de terraplenagem para implantação da futura ferrovia Norte-Sul.

Um regime temporário, ou seja, condições de tráfego apenas durante a estação de estiagem, caracteriza a malha viária da folha. Cidades como Sítio Novo, Montes Altos e Amarante ficam praticamente isoladas durante a época de chuvas.

A maioria das sedes municipais possui improvisados campos de pouso para pequenos aviões; no entanto Imperatriz conta com aeroporto comportando linhas regulares de vôo da aviação comercial, do tipo Boeing 737.

1.2 Aspectos Socioeconômicos

A abertura da Rodovia BR-010 (Belém-Brasília) proporcionou um grande impulso no crescimento econômico regional. A comercialização dos produtos locais, que até então enfrentava enormes dificuldades para escoamento, passou a ter fácil ligação com os mercados do norte e do centro do país.

Malgrado a indústria madeireira ter sido uma das principais responsáveis pelo funesto desmatamento regional, é a atividade econômica de maior destaque no setor industrial da região (fotos 1 e 2). A indústria ceramista destaca-se também como uma atividade rentável, produzindo tijolos e telhas, atendendo a todo o mercado da região.

Na pecuária o destaque é para o rebanho bovino que tem no corte a sua principal finalidade. Outros rebanhos são em ordem decrescente de importância, os suínos, asininos, bufalinos, caprinos, muares e ovinos. Dentre as cidades regionais, Imperatriz aparece como grande reduto pecuarista tendo essa atividade caráter extensivo, utilizando, via de regra, pastagens artificiais. Em 1982 sua população bovina ultrapassava 120 mil cabeças.

Das culturas agrícolas apenas o arroz atinge uma produção comercial. As demais, como feijão, milho e mandioca, têm caráter de subsistência.

As atividades pesqueiras são desenvolvidas no rio Tocantins, com a produção dirigida apenas para o consumo das populações ribeirinhas.

Imperatriz, principal sede municipal da área, dispõe de escolas públicas de Primeiro e Segundo Graus, Universidade, hospitais, abastecimentos de água, energia elétrica (esta incorporada às redes de transmissões de Boa Esperança e Tucuruí), serviços telefônicos interurbanos, agências dos Correios e Telégrafos, agências bancárias e uma boa rede hoteleira. Os demais municípios dispõem de alguns desses benefícios, mas de maneira precária.

1.3 Aspectos Fisiográficos

O clima da área, conforme classificação de Gaussen, é o Termoxeroquimênico, de caráter atenuado, consistindo de uma estação seca de 3 a 4 meses, com temperatura de 20°C para o período mais frio. A precipitação total anual é de 1.600mm (estação de Imperatriz). Em termos regionais, o período de seca diminui de leste para oeste. O intervalo de estiagem de 90 dias e a amplitude térmica superior a 5°C entre os meses mais quente e mais frio caracterizam um ambiente pedoclimático.

Segundo o IBGE (1977), registram-se no nordeste do Brasil dois tipos climáticos importantes: o clima quente e o subquente. O regime térmico atuante na área é o clima quente, podendo esse quadro climático ser subdividido em duas categorias distintas: quente semi-úmido tropical Brasil central (qsutBc), com duração do período seco de 4 a 5 meses, dominante na porção oriental da folha; e quente-úmido tropical Brasil central (qutBc), com duração do período seco de 3 meses, compreendendo toda a parte central e ocidental da área (figura I.1.2).

Dois sistemas hidrográficos bem definidos drenam as águas superficiais da folha. A leste, o rio Pindaré e seus tributários pertencem ao Sistema Golfão Maranhense. Na parte oeste, o rio Tocantins faz parte do Sistema Tocantins–Araguaia.

O rio Pindaré, de caráter perene, tem as suas cabeceiras na Folha Imperatriz, em terrenos da Reserva Indígena dos Cricatis, entre as cidades de Montes Altos e Sítio Novo. Trata-se de rio conseqüente ou cataclinal com direção rigorosamente norte-sul na folha estudada. À margem direita, o seu principal afluente é o rio Casa Só, enquanto os córregos Açaizal e Brejão desaguam pela margem esquerda.

O Sistema Tocantins-Araguaia, representado na área pelo rio Tocantins e seus tributários, tem maior importância pela sua localização relativa aos maiores núcleos populacionais da folha. O rio Tocantins apresenta condições navegáveis a partir da cidade de Itaguatins e daí até o limite NW da folha. O seu curso, que tem aproximadamente direção norte-sul até a cidade de Imperatriz, sofre brusca mudança para NW, e nessa direção permanece até a cidade paraense de Marabá (fora da folha mapeada).

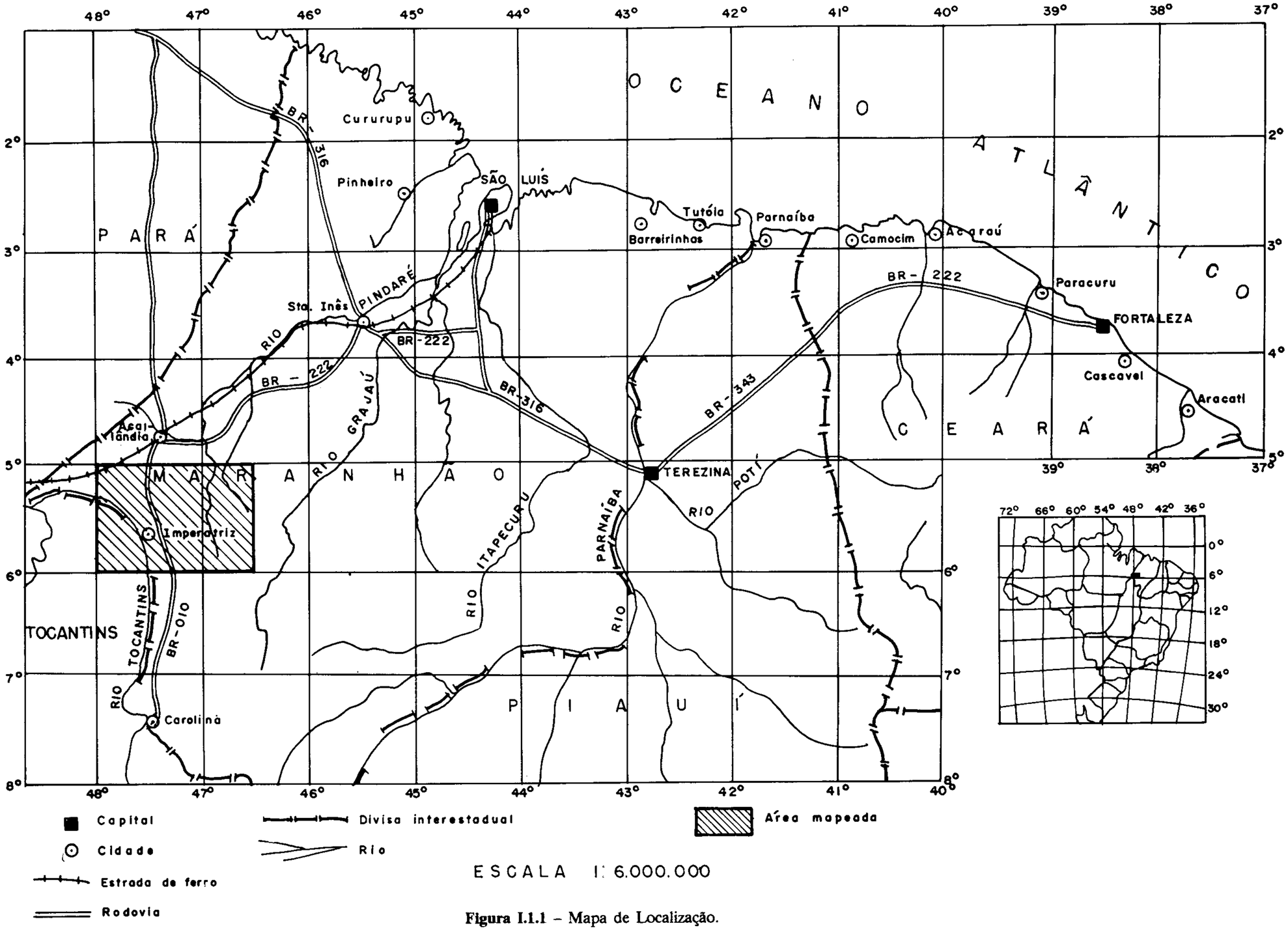


Figura I.1.1 – Mapa de Localização.

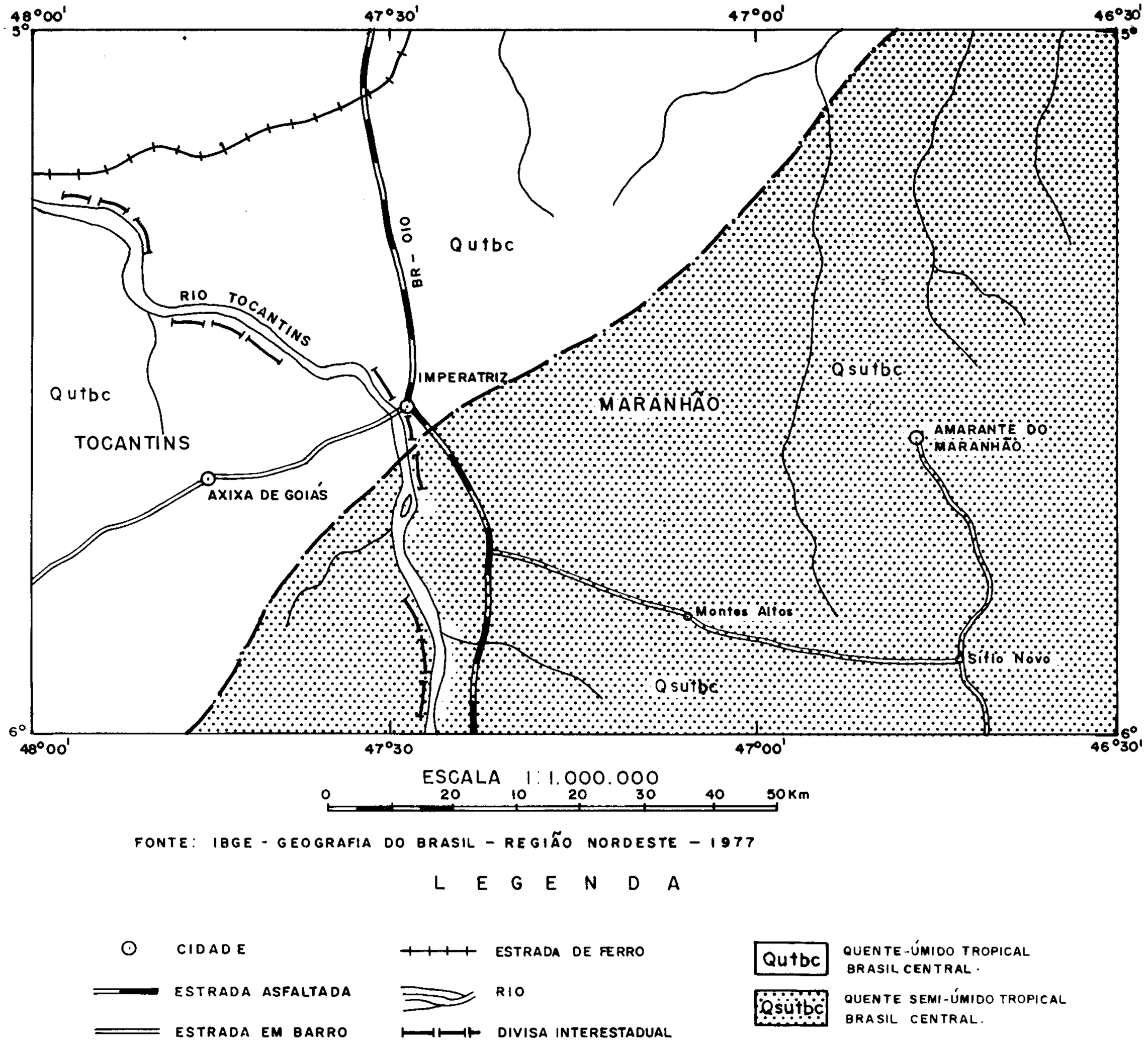


Figura I.1.2 – Tipos de clima, de acordo com o IBGE

Na área estudada os seus principais afluentes são os rios Campo Alegre, Bananal, Cacau, Barra Grande (pela margem direita); e o ribeirão Santo Antônio, rio São Domingos e os córregos Barreiro, Peso Duro, Jatobal, Camarão e Gorgulho (pela margem esquerda).

A vegetação da área pode ser dividida em dois grandes grupos ou regiões fitoecológicas: O Cerrado ou Savana e a Floresta. A região de Floresta constitui os subtipos Ombrófila, Aberta, Decidual e Secundária. Em todos os quadrantes da folha a paisagem tem sido funestamente modificada pela ação indiscriminada do homem, quer pelas grandes queimadas e derrubadas, quer pela degradação para a agricultura incipiente.

A Floresta Ombrófila ocorre às margens dos rios Tocantins, Pindaré e Buriticupu. Esse subtipo é característico das planícies aluviais. Constitui-se de árvores baixas e finas (rubiáceas) com áreas de gramíneas, alagadas periodicamente.

A Floresta Aberta está restrita à extremidade oeste da folha, na região de Axixá de Goiás e Augustinópolis. É representada por tipos de amplas folhas (latifoliados) com formação arbórea aberta e de baixa altura que podem se adensar nos vales estreitos. Os cipós misturam-se com os galhos da copa, daí a denominação cipoal ou mata de cipó.

O Cerrado ou Savana apresenta alguns subtipos, via de regra, associados ao relevo. Tem várias fisionomias indo desde tipos arbóreos de maior porte como sucupira, angico, piqui (cerrados), passando pelas palmeiras anãs, lixeira, murici, pindaíba (Campo Cerrado) e grandes extensões de gramíneas (Parque). O grupo Cerrado, com os seus subti-

pos, cobre aproximadamente 3.000km^2 com sua área de domínio na parte sul da folha.

De acordo com o Projeto Radambrasil (1973), na área em estudo ocorrem os seguintes grupos de solo (fig. I.1.3):

a) Latossolo Amarelo (LA) – Solos de textura argilosa, profundos, bem drenados, estrutura maciça e fertilidade natural baixa. Ocorrem na parte norte e quadrante nordeste da folha em área de domínio da Formação Itapecuru e das Coberturas Tércio-Quaternárias.

b) Latossolo Vermelho-Amarelo (LV) – Solos de textura média, às vezes argilosos, podendo também ser médio e arenoso; profundos, bem drenados, estrutura maciça e fertilidade natural baixa. Situa-se nas partes central, leste e noroeste da folha, margeando o rio Tocantins. Esse tipo de solo ocorre geralmente associado com areias quartzosas. Indiferentemente, está sobre terrenos das formações Codó, Grajaú e Itapecuru.

c) Brunizém Avermelhado (BA) – Solos de textura argilosa, profundos, bem drenados, estrutura em blocos subangulares e angulares e fertilidade natural alta. Ocorrem nos baixos platôs com relevo suavemente ondulado e ondulado, moderadamente dissecados ao norte da cidade de Imperatriz, área de transição Formação Codó/Itapecuru, como também na extremidade sudoeste da área, sobre as rochas básicas da Formação Mosquito.

d) Solos Concrecionários Lateríticos (CL) – Solos de textura argilosa, medianamente profundos, bem drenados, estruturas indiscriminadas e em blocos angulares, com fertilidade natural variando de baixa a média. Ocorre nos baixos platôs com relevo suavemente ondulado, situados nos quadrantes sudoeste e sul da folha, associados a terrenos da Formação Corda.

e) Areias Quartzosas (QA) – Solos de textura arenosa, profundos, excessivamente drenados, estrutura em grãos simples e maciça, e fertilidade natural baixa. Ocorre nos baixos platôs com relevo suave, nas partes sudoeste, sul e sudeste da área, em domínio das formações Corda e Codó.

f) Solos Hidromórficos Indiscriminados – Aluviais Eutróficos (HG) – Essa unidade está constituída de solos com textura indiscriminada, medianamente profundos, moderadamente a maldrenados, estrutura indiscriminada e maciça, e fertilidade natural variando de média a alta. Ocorre na baixada aluvial do rio Tocantins, que vai do sul até o noroeste da folha.

g) Solos Litólicos – Podzólico Vermelho-Amarelo – Areias Quartzosas (R) – Solos de textura indiscriminada, argilosos e arenosos, rasos e profundos, fortemente drenados, estrutura indiscriminada, em blocos subangulares e em grãos simples e fertilidade natural baixa. Ocorrem nas regiões sudoeste e sudeste da área, onde se situam as cotas mais elevadas da Formação Itapecuru.

1.4 Geomorfologia

A unidade morfoestrutural e morfoclimática denominada "Depressão Ortoclinal do Médio Tocantins" (DNPM, Projeto RADAM – Folha SB.23, Rio, 1973) abrange 70% da folha mapeada. O restante é dominado pelo prolongamento do "Pediplano Central do Maranhão". A altitude média varia de 400, na borda do pediplano, a 150m no vale do Tocantins.

Dentre as "Formas Estruturais" destacam-se os patamares estruturais que foram submetidos a processos de pedimentação, geralmente escalonados. Na folha, abrangem toda a sua borda oeste, a meia distância entre a cidade de Axixá de Goiás e a extremidade oeste da folha. Ocorrem ainda no extremo-sul, envolvendo a região da cidade de Montes Altos (metade da distância para Sítio Novo) e para o sul, até a extremidade da folha.

As "Formas Erosivas" são caracterizadas por superfícies de aplainamento talhadas em rochas sedimentares topograficamente elevadas. Na folha, as suas áreas de domínio são: oeste de Itaguatins, norte de Montes Altos, entre as cidades de Montes Altos e Sítio Novo, prolongando-se em corpos isolados para norte, no centro da folha em corpos isolados na serra do Gurupi e na extremidade noroeste nas cabeceiras do córrego dos Frades.

Outro tipo de forma erosiva são as superfícies estruturais pediplanadas com amplos vales interplanálticos pedimentados e algumas áreas muito dissecadas por retomada de erosão recente. Essa paisagem geomorfológica abrange toda a parte oeste e centro-norte da folha. Compreende a serra do Gurupi atingindo as cidades de Sítio Novo e Amarante do Maranhão.

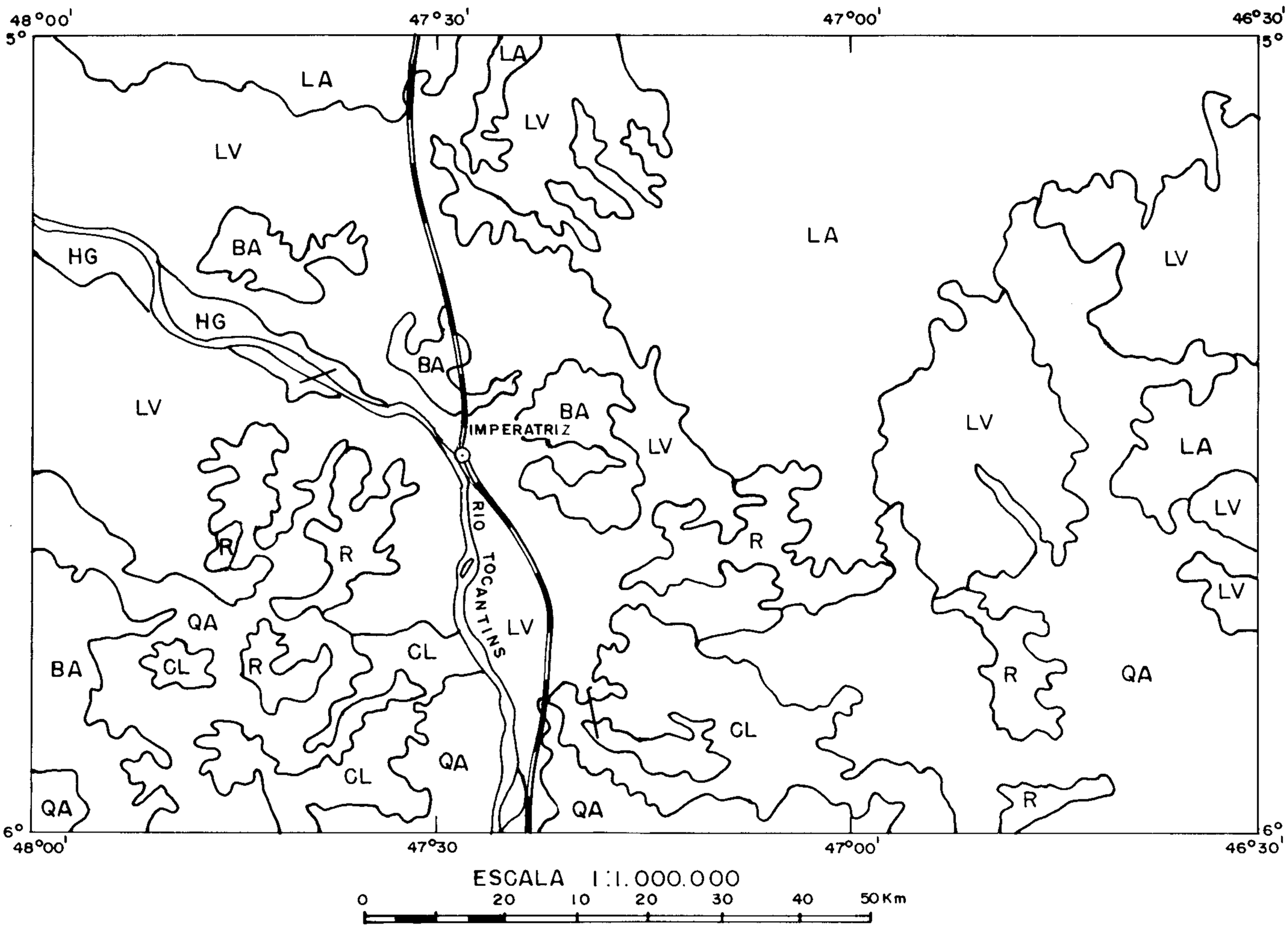
Três tipos de dissecação ocorrem na área mapeada. A dissecação em mesa, cujas formas são resultantes da atuação do processo em interflúvios tabulares, entre a localidade de Buritirana e Montes Altos, bordejando a serra do Gurupi, e a leste de Sítio Novo. A dissecação em ravinas, um tipo superficial resultante do entalhamento por drenagem incipiente, ocorre junto ao tipo dissecado em mesas; na folha situa-se ao norte de Buritirana, numa faixa paralela ao rio Pindaré e a leste de Sítio Novo. O último tipo é a dissecação em colinas, que forma superfícies aplainadas por vales pouco profundos e ravinas. Envolve grande área da Folha Imperatriz e bordeja todo o vale do Tocantins.

Como "Forma de Acumulação" destacam-se na folha os terraços aluviais, caracterizados por depósitos silte-arenosos inconsolidados no rio Tocantins e as planícies fluviais que são as faixas de aluviões recentes e baixadas inundáveis de fundo de vale no rio Pindaré.

1.5 Análise do Conhecimento Anterior

O acervo de trabalhos geológicos e hidrogeológicos que recobre a área em apreço tem enfoque nitidamente regional.

A primeira tentativa de descrição dos principais litótipos foi realizada por Moura (1936) em trabalho ao longo do rio Gurupi. Seguem-se, em 1946, os trabalhos de prospecção



FONTE: PROJETO RADAM - FOLHA SB-23/SB-24-1973

LEGENDA

LV	Latossolo vermelho-amarelo
LA	Latossolo amarelo com textura argilosa ou muito argilosa
BA	Brunizém avermelhado
R	Solos litólicos e podzólicos vermelho-amarelo
CL	Solos concrecionários lateríticos e areias quartzosas
QA	Areias quartzosas e latossolo vermelho-amarelo
HG	Solos hidromórficos e aluviais eutróficos

Figura I.1.3 – Tipos de Solos

do Conselho Nacional de Petróleo (CNP), quando se iniciou o conhecimento lito e cronostratigráfico das unidades da bacia sedimentar do Parnaíba.

Kegel (1955 a 1956) dirigiu os seus estudos para a definição dos estilos de dobramentos e as discordâncias dos estratos da bacia.

Os anos 60 aparecem como os mais férteis em variedades de trabalhos: Ab'Saber (1960), análises geomorfológicas; Mesner & Wooldridge (1962) dividem a bacia em três grandes seqüências, associadas a ciclos deposicionais diferenciados; Suszczynski (1961) apresenta o levantamento hidrogeológico realizado entre Pindaré-Mirim e Turiaçu; Em 1969, a PETROBRÁS elabora um mapa do levantamento geofísico gravimétrico; Aguiar realiza uma síntese da geologia da bacia e aborda as suas possibilidades para petróleo.

Na década de 70, Beurlen (1971) faz uma análise das bacias sedimentares do "bloco brasileiro".

Em 1973 o projeto RadambrasiL, abrangendo inclusive toda a área da Folha Imperatriz, executa estudos geofísicos, geomorfológicos, fitogeográficos e pedológicos.

Um convênio DNPM/CPRM, em 1978, possibilitou a execução de mapeamento geológico (Lima & Leite) e hidrogeológico (Soares Filho) na escala 1:500.000 no âmbito de toda a bacia.

Ainda em 1978, Caldasso comenta em trabalho interno da CPRM a evolução das seqüências mesozóicas e o relacionamento com os processos geomorfológicos.

Os trabalhos mais recentes são o de Góes (1981) que efetuou um estudo sedimentológico dos sedimentos Barreiras, Ipixuna e Itapecuru; Abreu et alii (1984), que interpretaram integradamente os dados geológicos e geofísicos do Brasil setentrional; Colares & Araújo (1987), no Programa Grande Carajás, realizaram levantamentos geológico e hidrogeológico, na escala 1:250.000, da Folha Santa Inês (SB.23-Y-D).

1.6 Histórico do Projeto

O Programa Grande Carajás – PGC – abrange uma área de aproximadamente 865.000km^2, limitada pelos rios Xingu – Amazonas a oeste, oceano Atlântico a norte, rio Parnaíba a leste e para sul o paralelo de 10^o.

Cobre quase todo o estado do Maranhão e partes dos estados do Pará, Goiás e Tocantins, e visa ao fornecimento de informações básicas que permitam orientar o processo de ocupação da terra e o aproveitamento racional de seus recursos naturais. Para atingir esses objetivos tem como componentes básicos os seguintes subprojetos:

- Mapas de Previsão de Recursos Minerais, escala 1:250.000;
- Levantamentos de Solos e Zoneamento Pedoclimático;
- Mapeamento da Vegetação, Inventário Florestal e Monitoramento;
- Sistema de Informação Geográfica; e
- Interpretação Automática de Imagens.

O primeiro subprojeto, de responsabilidade do Departamento Nacional da Produção Mineral – DNPM, está sendo executado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM, do qual a Folha Imperatriz (SB.23-V-C), objeto deste texto explicativo, é parte integrante. Os demais subprojetos ainda não foram implementados.

A execução dos trabalhos, com início em março/88 e término previsto para fevereiro/89, obedeceu à metodologia apresentada no documento denominado Projeto Especial Mapas de Recursos Minerais, de Solos e de Vegetação para a Área do Programa Grande Carajás e está baseada na Solicitação de Serviços DNPM/CPRM nº 012/88.

Este subprojeto, em termos do presente estudo, visa, fundamentalmente, ao levantamento e à avaliação do potencial mineral e hidrogeológico da Folha Imperatriz (SB.23-V-C), na escala 1:250.000. Tem como objetivo básico, conjuntamente com outros subprojetos, fornecer informações que permitam orientar o processo de ocupação da terra e o aproveitamento racional dos recursos naturais, de forma a minimizar os processos de degradação ambiental e os riscos de investimentos nas áreas de exploração mineral, agropecuária e florestal.

A concepção primordial da obra está calcada na elaboração de um documento técnico de fácil leitura por um universo maior de usuários, tanto privados como governamentais; ostentando a potencialidade mineral, bem como a previsão de recursos minerais e hidrogeológicos.

1.7 Método de Trabalho

As atividades desenvolvidas foram separadas em três etapas distintas: inicialmente uma etapa de escritório; posteriormente, levantamento geológico e hidrogeológico de campo; e finalizando, nova atividade de escritório, que culminou com a elaboração do texto explicativo da folha.

A seguir, descrevemos a metodologia e sistemática empregadas nas diversas etapas.

A primeira etapa de escritório consistiu no levantamento e na aquisição de documentação básica, análise e apreciação da bibliografia, fotointerpretação, confecção dos mapas-índice, geológico e de poços de água compilados, das cartas previsionais preliminares de recursos minerais e metalogenética preliminar, todas na escala 1:250.000, bem como a elaboração da programação de campo.

O levantamento e a aquisição da documentação partiram dos projetos Estudo Global dos Recursos Minerais da Bacia Sedimentar do Parnaíba, Prospecção de Turfa e Linhito no Nordeste Setentrional e Radambrasil – Folha São Luís (SA.23), para se chegar às referências bibliográficas de interesse da Folha Imperatriz.

Ao Mapa Geológico Compilado foram adicionados os dados obtidos de imagens TM – LANDSAT 4 – bandas 3 e 4 e mosaico de radar. Nos locais de dúvidas, assinalados através da análise e interpretação de dados, foram utilizadas fotografias aéreas, escalas 1:60.000 (USAF) e/ou 1:100.000 (FAB), e, a partir daí, elaborou-se o Mapa Geológico Preliminar.

Finalmente, a partir dos mapas referidos, elaborou-se a

programação de campo, indispensável para sanar dúvidas geológicas e hidrogeológicas e obter parâmetros metalogenéticos e hidrogeológicos necessários à elaboração das cartas finais. A programação de campo foi apresentada à comunidade geológica local (DNPM, CPRM, universidades, SBG, APGCE, NUCLEBRÁS, CEMINAS, empresas de mineração) e as sugestões recebidas incorporadas a essa programação.

Durante a segunda fase, denominada de Etapa de Campo, foram identificadas as unidades estratigráficas fotointerpretadas, bem como o seu comportamento faciológico e o reconhecimento de suas potencialidades minerais. Para tanto, foram descritos 150 pontos de afloramentos, dentre os quais 25 foram amostrados. As ocorrências foram cadastradas e dimensionadas quando possível. Acrescente-se a isso diversas observações de cunho estratigráfico, sedimentológico, hidrogeológico, geomorfológico, mineralógico e tectônico.

No que diz respeito à hidrogeologia, em cada ponto d'água verificou-se:

- Identificação: local, município, proprietário, coordenadas, órgão executor e data de perfuração.
- Características: profundidade, nível estático, nível dinâmico, vazão e diâmetro.
- Instalação: unidade de captação, potência do motor, tipo de bomba etc.
- Manuseio: uso, vazão de explotação, tempo de funcionamento, sistema de abastecimento, quantidade de ligações e reservatório.
- Qualidade da água: odor, turbidez, temperatura, pH, condutividade elétrica.
- Geologia local e topografia.

A terceira etapa, restrita a trabalhos de escritório, consistiu na elaboração dos mapas geológico e de poços de água, e das cartas de recursos minerais, metalogenética, de previsão de recursos minerais, de planejamento de ações governamentais e de zoneamento hidrogeológico.

Na elaboração das cartas Geológica, de Recursos Minerais e de Pontos de Água, foram integrados os dados da compilação bibliográfica com os resultados obtidos em campo, constituindo-se, a partir das informações aí contidas, as cartas Metalogenética, de Previsão de Recursos Minerais, de Planejamento de Ações Governamentais e de Zoneamento Hidrogeológico.

Concluindo as atividades da folha, redigiu-se o texto explicativo, que, juntamente com os mapas e cartas finais, foram elaborados segundo instruções do Manual Técnico de Geologia do DNPM. A digitação e processamento do texto foi desenvolvido no Centro Distribuído de Informática – CDI da Residência de Fortaleza.

PARTE II - Geologia de Parte das Regiões Oeste do Maranhão e Norte do Tocantins

1. GEOLOGIA REGIONAL

1.1 Comentários Gerais

A área mapeada posiciona-se na porção oeste da bacia intracratônica do Parnaíba, na região nordeste ocidental brasileira (figura II.1.1). Aproximando-se da forma de uma elipse, a bacia tem a sua maior extensão segundo a direção NE-SW e abrange terrenos dos estados do Piauí, Maranhão, Ceará, Bahia, Tocantins e Pará. Ocupa uma extensão territorial da ordem de 600.000km^2, limitando-se a norte com o arco Férrer–Urbano Santos, que a separa das bacias de São Luís e de Barreirinhas; a noroeste, o arco de Tocantins a separa da Fossa Marajó; e a sul e sudeste, o arco do médio São Francisco, o qual determina a sua separação de extensas coberturas pré-cambrianas (Cunha, 1986).

Os processos de preenchimento da bacia foram iniciados no Siluriano; e durante o longo período de deposição subseqüente, variadas condições climáticas e oscilações da crosta ensejaram profundas mudanças nos ambientes deposicionais.

Vários estudiosos da bacia partilham a idéia de que não houve deformações importantes no seu desenvolvimento deposicional, exceto as de caráter epirogenético e que o início da sedimentação deu-se através de clásticos grosseiros, em ambiente continental, seguidos por depósitos de uma grande transgressão marinha.

Segue-se uma seqüência de deposições, produtos de alternadas transgressões e regressões marinhas e que permanece até o Mississipiano.

Um rebaixamento relativo global do nível do mar, na passagem do Mississipiano para o Pensilvaniano alterou profundamente as condições climáticas, tornando o ambiente árido a desértico com ingressão marinha restrita. Finalmente, ocorreram manifestação vulcânica básica, deposição em ambiente continental sob clima árido e depósitos marinhos restritos.

1.2 Contexto Geotectônico

A bacia do Parnaíba constitui a Província Estrutural do Parnaíba, definida por Almeida et alii (1977) (figura II.1.2). A sua configuração remonta ao Pré-Cambriano e está associada a elementos tais como lineamentos estruturais e faixas de dobramentos que se formaram ou foram reativados durante o Ciclo Brasiliano.

Bordejando as suas porções NE, E e SW estão rochas do Proterozóico Inferior-Arqueano, as quais constituem os Maciços Medianos. Os metamorfitos de baixo a médio grau que compõem as faixas de dobramentos do Proterozóico Médio-Superior, limítrofes dos crátons de São Francisco, São Luís e Amazônico, completam os seus lindes nas demais direções (figura II.1.3).

Todas as direções dos estratos estão subordinadas às principais linhas de fraturamento NE-SW, NW-SE e N-S (Lima & Leite, 1978). A suavidade dos seus mergulhos, geralmente inferiores a uma dezena de metros por quilômetro, obscurece dobras de grande porte em escala de afloramento.

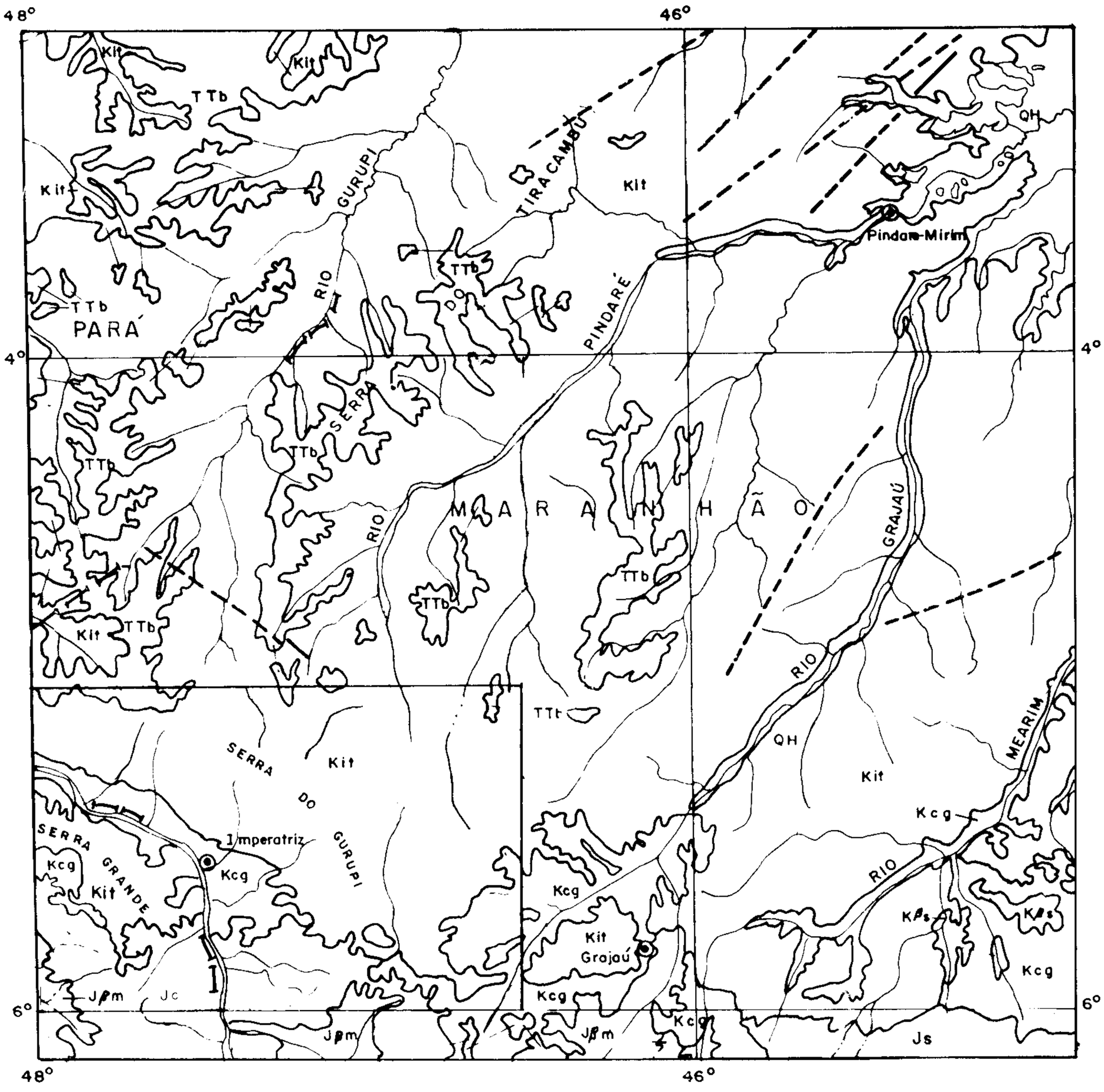
Constituída por sedimentos essencialmente terrígenos, a bacia tem nos seus depósitos paleozóicos a sua maior espessura (2.700m) enquanto as deposições mesozóicas atingem 500m (Cunha, 1986).

Mesner & Wooldridge (1964) consideram três megaciclos para a sedimentação da bacia, com duas grandes discordâncias erosivas separando-os. A primeira teve lugar entre o Mississipiano e o Pensilvaniano; a outra, durante o Jurássico.

O primeiro ciclo desenvolveu-se sob condições de clima temperado e úmido. É representado, na base, por folhelhos escuros e arenitos cinza, marinhos, de idade siluro-devoniana. No topo, estão os arenitos cinza, marinhos, deltaicos e continentais do Mississipiano. Tais sedimentos constituem os grupos Serra Grande (formações Ipu, Tianguá e Jaicós) e Canindé (formações Itaim, Pimenteiras, Cabeças e Longá).

Condições de clima semi-árido e quente prevaleceram durante o segundo ciclo, cujos sedimentos repousam sobre as litologias do ciclo anterior em suave discordância angular. São delgadas camadas de calcário marinho, dolomitos vermelhos, anidritas, arenitos eólicos e *red beds* do Pensilvaniano. Seguem-se, ainda no segundo ciclo, arenitos eólicos, dolomitos, *cherts* e *red beds* do Permiano. Finalmente, encerram o ciclo os arenitos eólicos e fluviais do Triássico. Essas litologias estão divididas nas formações Poti, Piauí, Pedra de Fogo, Motuca, Pastos Bons e Sambaíba.

O terceiro e último ciclo, mesmo iniciando-se após a discordância do Jurássico, tem no Cretáceo o seu maior desenvolvimento. Inicia-se com folhelhos pretos, lacustrinos, contendo delgadas camadas de calcário marinho e anidritas, passando a folhelhos cinza e arenitos marinhos e, por fim, clásticos continentais que constituem as formações Corda, Codó, Grajaú e Itapecuru.



ESCALA 1:2.500.000

Fonte: Mapa geológico do Brasil e da área adjacente incluindo depósitos minerais, 1981 (modificado).

QUATERNÁRIO

QH	Aluviões fluviais: depósitos marinhos, eólicos e fluvimarinhos.

TERCIÁRIO

TTb	Sedimentos detríticos e lateritos: arenitos, argilitos e conglomerados.

CRETÁCEO

Kit	Arenitos, argilitos e calcários (Fm. Itapecuru).
Kcg	Arenitos, conglomerados, folhelhos, siltitos e calcários (Fm. Codó/Fm. Grajaú).
Kβs	Basaltos (Fm. Sardinha).

JURÁSSICO

Jc	Arenitos, folhelhos e siltitos (Fm. Corda).
Jβm	Basaltos (Fm. Mosquito).
Js	Folhelhos e arenitos (Fm. Sambaíba).

Figura II.1.1 – Geologia Regional

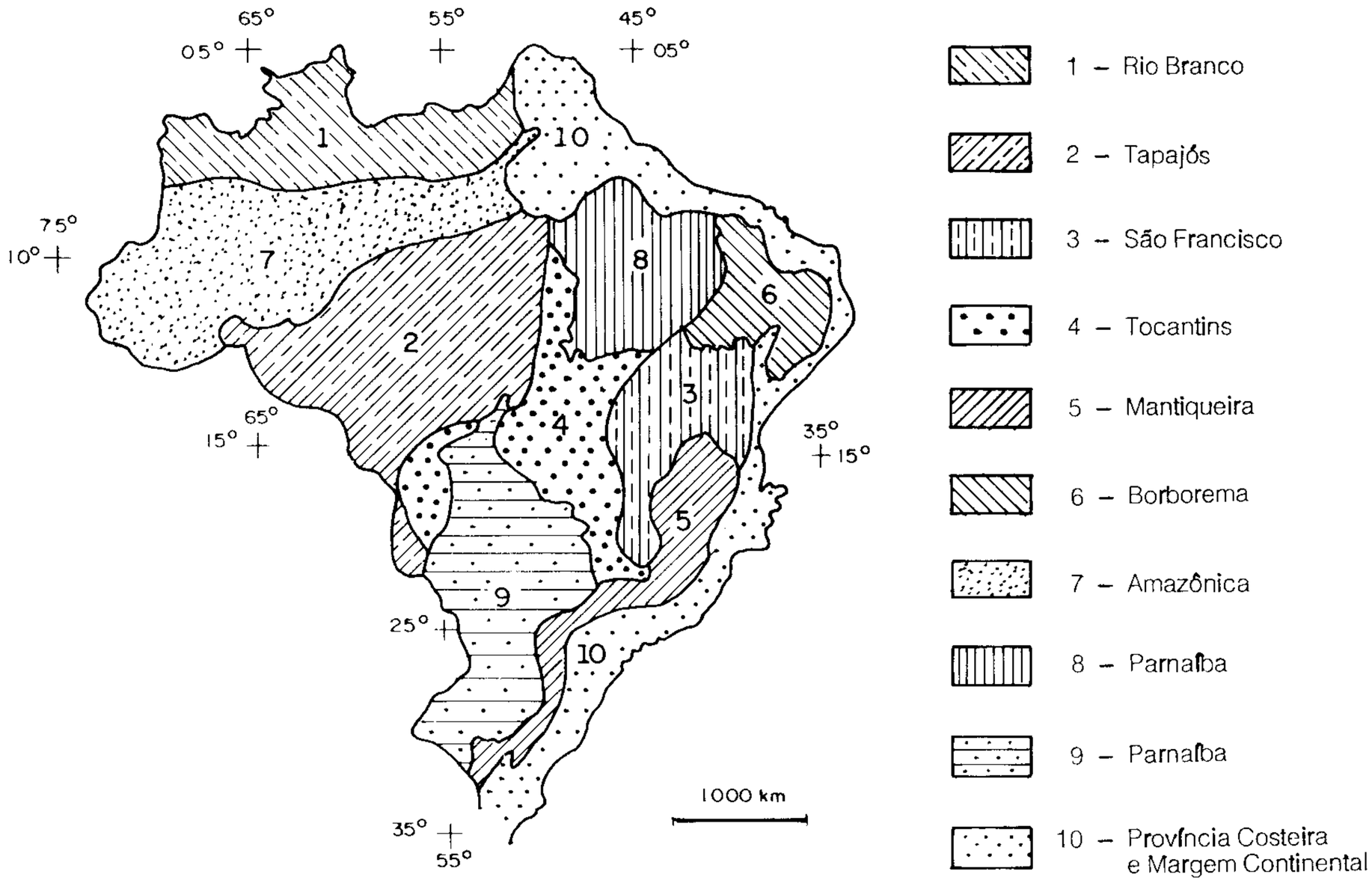


Figura II.1.2 – Províncias estruturais do Brasil (segundo Almeida et alli, 1977)

A espessura média do pacote sedimentar da bacia, em torno de 3.000m, é insignificante se comparada com a sua enorme extensão territorial. Todas as características descritas situam-na no tipo cratônico interior, simples e platiforme.

Cunha (1986) admite a existência de dois lineamentos que condicionaram o desenvolvimento da bacia do Parnaíba: um de direção NE-SW, denominado de Transbrasiliano, com 2.700km de extensão, cruzando o território brasileiro do Ceará ao Mato Grosso do Sul, prosseguindo até o Paraguai e Argentina; e outro seccionando a bacia na direção NW-SE, disposto transversalmente em relação ao Lineamento Transbrasiliano, denominado de Picos–Santa Inês, ocorrendo também sobre a cobertura fanerozóica.

Descreve também cinco grandes ciclos tectonosedimentares no desenvolvimento da bacia, sem considerar a sedimentação cambro-ordoviciana do *graben* do Jaibaras, uma vez que os clásticos desses períodos ficaram restritos ao preenchimento de fossas:

a) Ciclo Siluriano – marcando o inicio do preenchimento da bacia, com deposição dos clastos do Grupo Serra Grande, por sistemas fluviais anastomosados em ambiente continental (formações Ipu e Jaicós), com ocorrência de transgressão marinha procedente de nordeste (Formação Tianguá), em clima frio, evidenciando após a sedimentação do grupo, uma discordância erosiva ocasionada pelo soerguimento da região, provavelmente, entre o Siluriano e o Devoniano;

b) Ciclo Devoniano-Mississipiano – marca a deposição do Grupo Canindé (formações Itaim, Pimenteiras, Cabeças e Longá) e da Formação Poti, denotando, dessa forma, nova subsidência da bacia, com domínio talassocrático e sedimentação refletindo oscilações do nível do mar (transessões e regressões), em clima temperado e presença de geleiras no Devoniano Médio. Na transição do Devoniano para o Mississipiano a região passou por novo soerguimento epirogenético, que atingiu seu clímax no final do Mississipiano, coincidindo com mudanças climáticas profundas para climas quentes e úmidos, sendo a bacia totalmente exposta e submetida à erosão, originando uma ampla superfície de discordância;

c) Ciclo Pensilvaniano-Triássico – ocorreram as deposições das formações Piauí, Pedra de Fogo e Motuca em condições severas de aridez, em ambiente predominantemente continental, com ocasionais incursões marinhas; as restrições de comunicações com o mar estão relacionadas ao soerguimento do Arco de Tocantins;

d) Ciclo Juro-Triássico-Eocretáceo – ocorreram manifestações vulcânicas com derrames basálticos e intrusões de diques e soleiras de diabásio, e sedimentação incipiente sob condições de aridez em ambientes continentais, com depo-

sição das formações Sambaíba, Mosquito, Pastos Bons, Corda e Sardinha;

e) Ciclo Cretáceo – encerrando a sedimentação da bacia do Parnaíba, com deposição de siliciclásticos e carbonatos, em ambientes marinhos restritos, lagunares e continentais, deu-se a deposição das formações Grajaú–Codó e Itapecuru–Urucuia.

Depois da sedimentação cretácea, a região passou por um período de estabilidade tectônica em clima quente e úmido, possibilitando o desenvolvimento de perfis lateríticos sobre as unidades aflorantes.

No fim do Cretáceo e início do Terciário, deve ter ocorrido nova manifestação tectônica, ocasionando movimentação do relevo, a qual, associada à mudança para um clima árido, favoreceu a perda da cobertura vegetal, o desmantelamento das crostas lateríticas e a erosão das unidades aflorantes.

No fim do Terciário e início do Quaternário, a região passou por novo soerguimento, tornando a área novamente palco de erosão resultando na destruição da superfície aplainada no ciclo anterior (Ciclo Sul-Americano), a fixação da atual rede de drenagem, a implantação de uma nova superfície aplainada em cotas mais baixas, e a deposição de terraços aluviais.

Finalmente, manifestações tectônicas recentes (neotectônica) ocasionaram nova retomada erosiva, com os principais rios esculpindo os seus vales nas aluviões até então depositadas.

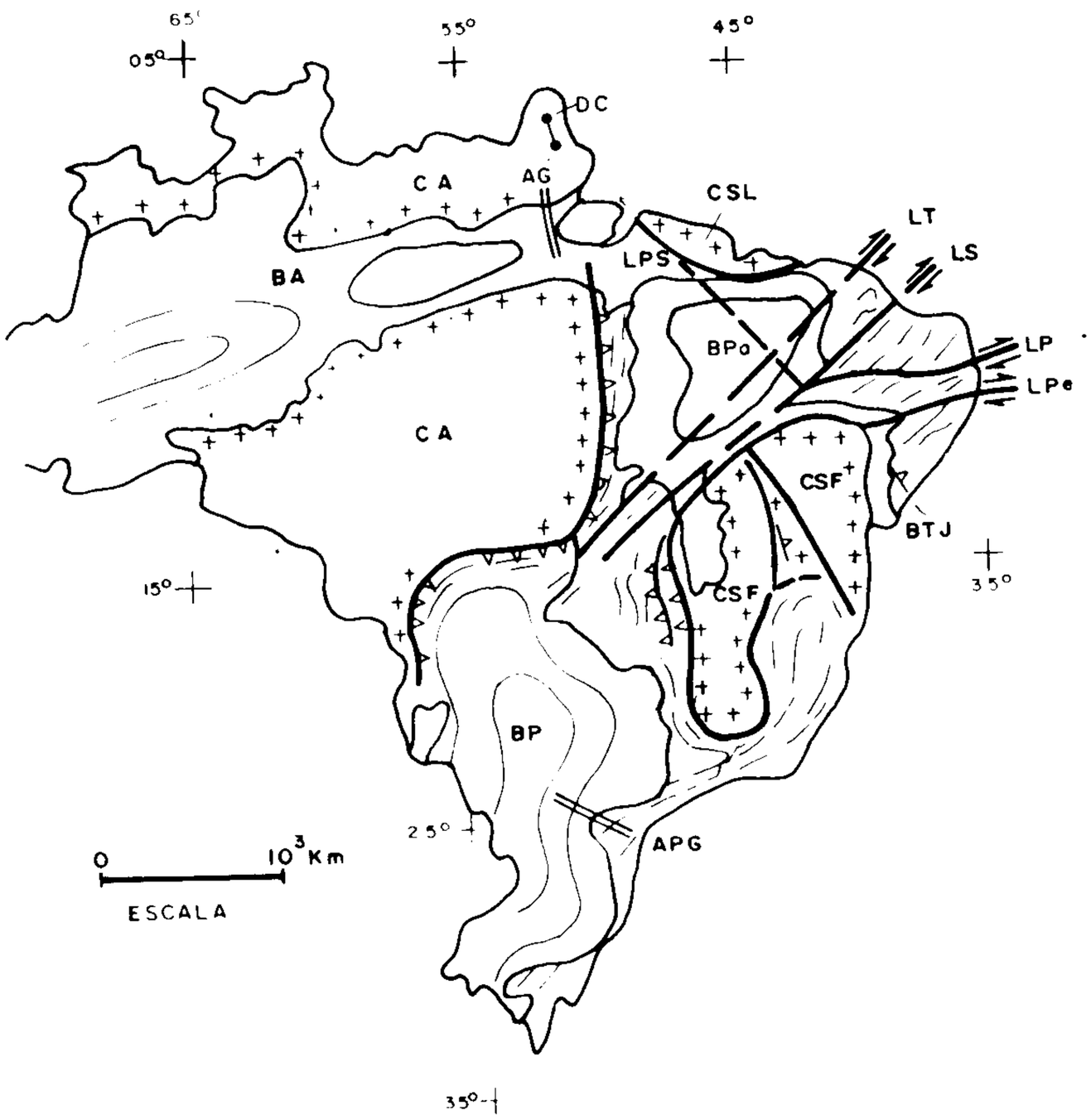


Figura II.1.3 – Localização da Bacia do Parnaíba (BPa) em relação às principais bacias paleozóicas do Brasil (BA - Bacia do Amazonas; BP - Bacia do Paraná), os crátons eoproterozóicos (Amazônico - CA; São Luiz - CSL; e São Francisco - CSF) e as faixas de dobramentos geradas ou maiormente envolvidas na tectônica proterozóica média-superior (▱▱▱).

DC - Sistema de diques básicos Cassiporé (Triássico-Jurássico).
AG - Arco de Gurupá.
LT - Lineamento (zona de cizalhamento) Transbrasiliano.
LS - Lineamento Senador Pompeu/cinturão de cizalhamento Mombaça).
LPe - Lineamento Pernambuco
LP - Lineamento Patos
BTJ - Bacia Tucano - Jatobá
AGP - Arco de Ponta Grossa
LPS - Lineamento Picos / Santa Inês

2. ESTRATIGRAFIA

As unidades estratigráficas aflorantes e reconhecidas na Folha Imperatriz (quadro II.2.1) são todas pertencentes à bacia do Parnaíba.

O termo unidade estratigráfica aqui está sendo utilizado conforme preceitua o Léxico Estratigráfico do Brasil, ou seja, uma assembléia de estratos adjacentes distinguidos das rochas vizinhas com base em uma ou mais propriedades estabelecidas.

A mais antiga, de idade mesozóica (Triássico Superior), é a Formação Sambaíba. Dessa forma, os depósitos da área mapeada são produtos dos últimos ciclos de sedimentação da bacia, concebidos por alguns autores.

Os ambientes deposicionais são continentais, de clima árido, com alguma representação marinha restrita. Litologicamente predominam *red beds*, ou seja, arenitos e siltitos vermelhos, e ocasionalmente manifestações vulcânicas, além de folhelhos e calcários.

A aleatoriedade da distribuição dos centros deposicionais dominantes no Mesozóico pode ser, segundo Cunha (1986), devida a diferentes mecanismos de subsidência.

2.1 Formação Sambaíba

2.1.1 Histórico

Denominação citada originalmente por Plummer (1948) para designar os arenitos constituintes das mesetas que ocorrem nas cercanias de Sambaíba–MA, onde está a sua seção-tipo.

2.1.2 Modo de ocorrência, distribuição e espessura

Na área mapeada o único local de ocorrência está restrito à extremidade sudoeste da folha, em terrenos de reserva indígena.

O prolongamento da área de ocorrência foi observado na BR-230 (Transamazônica) após o limite da folha no sentido de Porto das Balsas. Caracteriza-se por extensos chapadões em destaque topográfico.

Existem várias citações sobre a espessura da Formação Sambaíba. A maior foi constatada por Lima & Leite (1978), de aproximadamente 200m, na cidade de Sambaíba.

2.1.3 Relações de contato

A descontinuidade da Formação Motuca, que estratigraficamente lhe é sotoposta, permite que o seu contato inferior, na região de Lizarda–GO, seja feito de forma discordante com as formações Piauí e Pedra de Fogo (Lima & Leite, 1978). Cunha & Carneiro (1972) descreveram o contato inferior com a Formação Motuca como de forma discordante, enquanto Lima & Leite (1978) admitem que essa discordância seja apenas local e que, na maioria das vezes, há concordância nos contatos sem haver gradação.

O contato superior é feito com os basaltos da Formação Mosquito. Barbosa et alii (1966) admitem uma contemporaneidade do último ciclo de deposição dos arenitos com as manifestações básicas da Formação Mosquito, o que explica as intercalações basálticas na porção superior da Formação Sambaíba, idéia também admitida por Lima & Leite (1978).

Na folha mapeada a restrita área de ocorrência dessa formação, não permitiu a observação de detalhes de suas superfícies de contato.

2.1.4 Litofacies e mineralogia

Com uma seqüência monótona sem apresentar expressivas variações faciológicas, os extensos chapadões que caracterizam morfologicamente a Formação Sambaíba são constituídos por arenitos finos a médios, de cores vermelha, rósea e creme-esbranquiçada, normalmente friáveis, bem selecionados, com grãos subangulosos a subarredondados e localmente com estratificação planar cruzada acanalada de grande porte. A rigor poder-se-ia identificar duas litofacies:

a) arenitos finos bem selecionados com acanaladas de grande porte (foto 3);

b) arenitos médios em delgados depósitos suborizontais.

2.1.5 Ambiente de sedimentação e sistema deposicional

Os arenitos finos bem selecionados, com acanaladas de grande porte, são interpretados como eólicos de alto ângulo,

Quadro II.2.1 – Coluna estratigráfica.

Unidades Cronostratigráficas			Unidade Estratigráfica	Litologia	Ambiência Geológica	Potencial Mineral
Eon	Era	Período				
FANEROZÓICO	CENOZÓICO	Quaternário	Qal Aluviões	Areias, silte e cascalhos.	Continental – fluvial meandrante.	Argilas, areias e cascalho.
		Terciário	TQc Coberturas	Sedimentos semiconsolidados, malselecionados, matriz areno-argilosa, c/seixo de quartzo, de cor amarelo-avermelhada. São, por vezes, lateríticas, esbranquiçadas e arroxeadas.	Continental – fluvial, eluvial e coluvial.	Cascalhos, bauxita.
	BACIA SEDIMENTAR DO PARNAÍBA					
	MESOZÓICO	Cretáceo	Ki Fm. Itapecuru	Arenitos finos a médios, localmente grossos; níveis argilosos. Apresentam estratificações cruzadas acanaladas, às vezes, festonadas.	Continental – sistema fluvial *braided*.	Areia e argila.
			Kg Kc Fm. Grajaú Fm. Codó	Arenitos finos a médios com leitos conglomeráticos, creme, micáceos. Estratificações cruzadas acanaladas e tangenciais. Calcários, gipsita, folhelhos negros, laminados betuminosos, margas com ostrácodes, gastrópodes e lamelibrânquios. Arenitos e siltitos	Continental – Leques deltaicos em ambientes lagunares.	Areia, arenito silicificado para brita.
		Jurássico	Jc Fm. Corda	Arenito fino a médio, de cor marrom-arroxeada, pintalgado de caulim. Contém estratificações cruzada plano-paralela e acanalada. Seqüência de ritmitos areno-pelíticos, laminados, arroxeados com *climbing-riplles*.	Ambiente continental, associado a processos fluvial, eólico e lacustrino.	Areia, arenito para brita.
		Triássico	TrJm Fm. Mosquito	Basalto amigdaloidal, verde-escuro, semi-alterado, maciço, afanítico, constituído de diopsídio, augita, labradorite e minerais opacos.	Ambiente continental – extravasamento de lavas básicas através de fissuras em condições subaéreas.	Material para brita.
			Trs Fm. Sambaíba	Arenitos finos a médios, bem selecionados, cores vermelha a rósea, normalmente friáveis, silicificação no topo.	Sistema continental – eólico – dunas e interdunas.	Areia.

enquanto os de granulação média depositados suborizontalmente, são eólicos de baixo ângulo, em ambiente de interduna. O sistema deposicional é eólico.

2.1.6 Idade

Considerados inicialmente de idade cretácea estes arenitos foram distinguidos pela primeira vez como formação geológica por Mesner & Wooldridge (1964). Afossilífera, a idade triássico superior atribuída a essa formação baseia-se na sua posição estratigráfica.

2.2. Formação Mosquito

2.2.1 Histórico

A denominação foi introduzida por Aguiar (1969) para distinguir os derrames basálticos com intercalações de arenitos que afloram no leito do rio Mosquito, a sul de Fortaleza dos Nogueiras–MA.

2.2.2 Modo de ocorrência, distribuição e espessura

Regionalmente, os derrames basálticos ocorrem com mais frequência na porção centro-oeste da bacia, embora possam aflorar localmente sob a forma de faixas descontínuas segundo direções E-W e NE-SW (Lima & Leite, 1978). Na Folha Imperatriz, a Formação Mosquito restringe-se à uma delgada faixa na sua extremidade sudoeste. A espessura máxima é de 175m, encontrada no furo Izst-1-MA (Petrobrás – Mesner & Woodridge, 1964).

2.2.3 Relação de contato

Alguns autores admitem a contemporaneidade dos derrames basálticos com a faixa superior da Formação Sambaíba, não considerando discordância no contato basal.

O contato superior com a Formação Corda é discordante, caracterizado por superfície erosiva com clastos desorganizados de basalto e arenito, típico depósito por fluxo de detritos (*debris flow*).

2.2.4 Mineralogia

Na Folha Imperatriz o basalto, que se constitui na Formação Mosquito, é amigdaloidal, verde-escuro, semi-alterado, maciço, afanítico. As amígdalas normalmente estão revestidas por calcita recristalizada.

Em seção delgada apresenta-se com textura ofítica a subofítica, constituído essencialmente de diopsídio, augita e plagioclásio, tipo labradorita. Ocorrem ainda clorita e uralita, produto de alteração dos piroxênios, opacos e raros grãos de carbonato.

2.2.5 Idade

Caputo (1985) identifica três diferentes estágios de formação desses basaltos. A manifestação mais antiga tem 215 m.a. e corresponde ao Triássico Médio. O mesmo autor correlaciona os basaltos desta idade com os diques de diabásio que ocorrem na área costeira do Amapá.

2.3 Formação Corda

2.3.1 Histórico

Lisboa (1914) utilizou pela primeira vez a expressão Arenito Corda referindo-se aos sedimentos arenosos e vermelhos que ocorriam em contato ou próximo às eruptivas básicas do alto Mearim e dos seus tributários.

Campbell (1949) racionalmente admitiu ser a Formação Corda os arenitos acima dos derrames básicos e abaixo dos folhelhos Codó. Mesner & Wooldridge (1964) consideraram um segundo derrame situado entre as formações Corda e Codó, atribuindo ao conjunto idade jurássica.

Lima & Leite (1978) denominam Formação Corda, os arenitos creme, róseos, amarronzados e cinza-arroxeados com estratificação cruzada laminar, grãos de alta esfericidade, alguns níveis de sílex e que se sobrepõem discordantemente sobre os arenitos da Formação Pastos Bons. Observaram, ainda, uma seqüência basal constituída por conglomerados e arenitos conglomeráticos com os fragmentos de várias naturezas, angulosos e arredondados, tendo a matriz areno-argilosa.

2.3.2 Modo de ocorrência, distribuição e espessura

Na Folha Imperatriz, a Formação Corda ocorre nas partes sul e sudoeste, abrangendo aproximadamente 20% da folha. Dependendo da facies os afloramentos podem ocorrer em destaque topográfico com a superfície superior aplainada. Trabalhos da Petrobrás, na região de Imperatriz encontraram, em sub-solo, espessuras em torno de 30m, embora a nível regional esta formação possa atingir até 100m (Lima & Leite, 1978).

2.3.3 Relações de contato

A Formação Corda, em termos regionais, repousa sobre várias unidades estratigráficas de diferentes idades. Na Folha Imperatriz está sobreposta discordantemente sobre os basaltos da Formação Mosquito.

2.3.4 Litofácies e mineralogia

A litofacies conglomerática basal (Lima & Leite, 1978) não foi observada na área; no entanto, foram identificadas outras três litofacies bem distintas:

a) arenito fino a médio, cor marrom-escura, localmente arroxeado e pintalgado de branco com estratificação laminar planoparalela e cruzada acanalada. A estratificação planoparalela pode apresentar níveis ondulados, descontínuos e endurecidos de pelito. Foram também percebidas *ripples* em blocos deslocados (região do rio Clementino). A mesma litofacies, na estrada estadual MA-280 para a cidade de Montes Altos, tem características litológicas e texturais idênticas, diferenciando-se apenas na porção superficial onde tem coloração creme-amarelada e forma crosta laterítica;

b) arenito fino a médio, amarronzado, com geometria lenticular, bem classificado e apresentando estratificação cruzada acanalada de alto porte. As direções de paleocorrentes medidas nos eixos das acanaladas forneceram valores de 180 e 270°Az;

c) seqüência de ritmitos arenopelíticos, laminados, cor arroxeada e microestruturas do tipo laminação cruzada cavalgante (*climbing-ripples*). A litofacies está mal preservada em corte da BR-010, no vale do rio Campo Alegre (sul de Imperatriz), todavia apresenta boas exposições ao sul da cidade de Montes Altos (foto 4).

2.3.5 Ambiente de sedimentação e sistema deposicional

A porção basal, com os seus clastos desorganizados, suportados por matriz arenopelítica constitui, certamente, depósitos por fluxo de detritos (*debris flow*), sendo o material transportado num meio de baixa viscosidade e de altíssima competência. Enfatizam essa assertiva características ambientais de deposição como áreas de alto relevo (paleorelevo ondulado da Formação Mosquito; Lima & Leite, 1978), condicionando abundante suprimento de sedimentos. Lateral e verticalmente, os seus componentes vão se organizando, passando de uma estratificação incipiente para uma planoparalela, isto provocado pelo decréscimo do diâmetro dos clastos do arcabouço.

Depositados sob regime de fluxo superior, os arenitos finos a médios, com estratificações planoparalela, cruzada acanalada, esporádicos níveis conglomeráticos e superfície de contato basal erosiva, caracterizam depósitos de correntes ou rios entrelaçados *braided* (Miall, 1977) (foto 5).

As cruzadas de grande porte com variadas direções de paleocorrentes, observadas nos arenitos bem classificados do córrego Faveira, podem estar associadas a processos eólicos (foto 6). Os ritmitos, encontrados ao sul da cidade de Montes Altos e mal preservados na BR-010, próximo ao rio Campo Alegre, com laminações planoparalela e cruzada cavalgante (*climbing*), estão vinculados com correntes de turbidez, tendo tais estruturas relações com fluxo desacelerante em ambiente lacustre (foto 4).

Analisando-se todo o contexto deposicional da Formação Corda tem-se uma seqüência cujos componentes textural e estrutural relacionam-se com ambiente continental, predominando deposições fluviais (rios entrelaçados) com participações subsidiárias eólica e lacustre.

2.3.6 Idade

Estratigraficamente a formação recebeu várias denominações e divisões pela presença de rocha básica em contato com seus sedimentos. No entanto, a idade jurássica é admitida por Mesner & Wooldridge (1964) e Aguiar (1969).

2.4 Formação Grajaú

2.4.1 Histórico

Os arenitos amarelos e friáveis, capeados por arenitos silicificados, que constituem o platô do Grajaú, foram originalmente citados por Lisboa (1914) e denomidados Série Grajaú.

Posteriormente, Lisboa (1955) estabeleceu a posição desses arenitos abaixo da Formação Codó, atribuindo-lhes idade cretácea e introduzindo a denominação Arenito Grajaú.

Campbell et alii (1948) e Mesner & Wooldridge (1964) não reconheceram a individualidade desse arenito e consideraram-no como parte integrante da Formação Corda.

Aguiar (1969) utilizou pela primeira vez a expressão Formação Grajaú posicionando-a sobre os basaltos Sardinha e a Formação Corda.

2.4.2 Modo de ocorrência, distribuição e espessura

Na Folha Imperatriz, a Formação Grajaú foi identificada na sua porção centro-sul e na extremidade sudeste abrangendo apenas 4% da área mapeada. As suas melhores exposições estão em bancos à margem direita do rio Tocantins, nas cercanias da foz do rio Bananal.

Além da pouca representação superficial, essa unidade tem pequena espessura. Lima & Leite (1978) citam espessura de 7 a 10m na região de Imperatriz, enquanto na de Presidente Dutra tem a sua possança máxima, de 40m.

2.4.3 Relações de contato

A contemporaneidade deposicional entre as formações Grajaú e Codó é advogada por autores como Cunha & Carneiro (1972) e Lima & Leite (1978), que admitem a interdigitação dos seus sedimentos.

Os contatos inferiores com as formações Mosquito, Sambaíba e Corda são discordantes, enquanto o contato superior se faz de modo concordante com a Formação Itapecuru.

2.4.4 Litofacies e mineralogia

Para Lima & Leite (1978), na região de Grajaú a formação homônima consta de arenitos esbranquiçados, creme, róseos e raramente arroxeados, granulação normalmente fina a média, bimodais, podendo conter grãos grosseiros. Apresenta ainda estratificações planoparalela e cruzada de

baixo ângulo em bancos homogêneos, friáveis e pintalgados de branco (caulim). Às vezes, argilitos vermelhos e arroxeados estão intercalados. Também ocorrem níveis endurecidos, parcialmente silicificados.

Nas melhores exposições da Formação Grajaú, à margem direita do rio Tocantins, os arenitos são finos a médios com leitos conglomeráticos, coloração creme, localmente micáceos, apresentando estratificação cruzada acanalada de médio porte (foto 7).

A sul da aldeia indígena São José (índios Cricatis), os arenitos da Formação Grajaú têm granulação fina a média, cor creme, localmente brancos pela presença de caulim e apresentam estratificação cruzada tangencial. Ocorrem ainda delgados níveis de silexitos e siltitos creme-amarelados.

A sul de Imperatriz, a Formação Grajaú consiste na sua maior parte de arenitos friáveis, não constituindo formas topográficas de destaque. Sua cobertura arenosa impede um maior desenvolvimento da rede de drenagem superficial e torna os afloramentos escassos.

2.4.5 Ambiente de sedimentação e sistema deposicional

Com deposições síncronas e sedimentos interdigitados as formações Grajaú e Codó têm os seus ambientes deposicionais próximos e/ou relacionados. Lima & Leite (1978) admitem uma ambiência fluvideltaica enquanto Caputo (1985) advoga uma deposição deltaica (*fan delta* e *fan delta front*) nas circunvizinhanças de lagunas e lagos, sob condições climáticas idênticas às da Formação Codó.

2.4.6 Idade

Afossilífera, a Formação Grajaú tem idade do Neo-Aptiano ao Eo-Albiano atribuída pela sua relação estratigráfica com a Formação Codó.

2.5 Formação Codó

2.5.1 Histórico

Embora Lisboa (1914) tenha feito a primeira descrição dos folhelhos betuminosos associados a calcários na região de Codó-MA (Lima & Leite, 1978),o Léxico Estratigráfico do Brasil (1984) atribui a Campbell et alii (1949) a primeira citação da Formação Codó.

2.5.2 Modo de ocorrência, distribuição e espessura

Na Folha Imperatriz, a Formação Codó ocorre em três áreas com características litológicas distintas: a norte da cidade de Sítio Novo-MA, estendendo-se até o limite oriental da folha; nas circunvizinhanças da cidade de Montes Altos-MA e nas cercanias da cidade de Imperatriz, nas suas partes leste e sudoeste, prolongando-se ao longo das margens do rio Tocantins.

Os trabalhos de mapeamento têm encontrado dificuldades para realizar medidas da espessura dessa formação em seções de superfície, haja vista a má preservação dos seus afloramentos. No entanto, o mapa de isópacas da Formação Codó (Caputo,1984) registra espessuras superiores a 400m.

2.5.3 Relações de contato

Lima & Leite (1978) admitem a interdigitação e equivalência cronostratigráfica das formações Codó e Grajaú. Exceto pequenas discordâncias locais, os contatos com as formações inferior e superior são concordantes.

2.5.4 Litofacies e mineralogia

Na área a norte de Sítio Novo, a Formação Codó é representada por arenitos finos, argilosos, ora amarronzados com leitos esverdeados, carbonáticos, localmente com níveis de siltito e com fragmentos de fósseis. Ocorrem também níveis argilosos como no vale do rio Batalha. A análise por difração de raios X de amostra desse nível revelou 55% de esmectita, 23% de caulinita e 22% de illita.

Na entrada oeste da cidade de Sítio Novo os arenitos e pelitos da Formação Codó estão capeados discordantemente por sedimentos atribuídos à Formação Itapecuru. Estes arenitos são finos a médios, creme com tons avermelhados e apresentam-se com formas sigmoidais, envolvidas e sobrepostas por pelito creme-avermelhado. O contato é marcado por superfície erosiva que trunca os *sets* do arenito da base, iniciando o novo ciclo com pavimento seixoso, granodecrescente ascendente, seguindo-se arenito com estratificação planoparalela, contendo ainda cruzadas acanaladas e lentes conglomeráticas evidenciando deposição sob regime de fluxo superior (foto 10).

Na região de Imperatriz boas exposições da Formação Codó são encontradas nos bancos marginais do rio Tocantins. Perfis ao longo do rio forneceram informações que possibilitam estabelecer-se a seqüência seguinte:

- Parte inferior (basal), constituída por arenito fino, esbranquiçado, bem selecionado, com estratificação cruzada tangencial e tipo "espinha-de-peixe" (*herring bone*). Intercalam-se níveis pelíticos de cor cinza com material carbonoso.

- Parte média, formada por uma seqüência onde se alternam níveis com espessura máxima de 1,50m de arenitos finos, esbranquiçados, carbonáticos e siltitos argilosos esverdeados, cinza, arroxeados, fossilíferos e concreções de pirita (fotos 8 e 9). Os macrofósseis são moluscos, os quais não puderam ser classificados devido ao mal estado de preservação. O conteúdo palinológico revelou formas cretáceas (Eocretácco-Aptiano), provenientes da flora terrestre. Fato interessante na análise paleontológica foi a presença de formas retrabalhadas do Devoniano, representadas

por elementos do plâncton marinho (algas e acritarcas).

- Parte superior, constituída de siltitos argilosos, cinza-esverdeados com lentes de areia tipo *wave-linsen* e laminação cruzada cavalgante (*climbing ripples*). No topo, arenito fino, sigmoidal, envolvido por sedimento fino.

Essas três partes, bem individualizadas localmente, correspondem às duas seções superiores das divisões de Rezende & Pamplona (1970) e Leite et alii (1975).

A leste e sudeste da cidade de Imperatriz, a maioria dos afloramentos é mal preservada, devido à própria natureza amena das litologias que compõem a formação e restringem-se aos talvegues dos pequenos vales dos tributários do rio Tocantins. Não obstante, a recente abertura da ferrovia Norte-Sul tem fornecido algumas seções interessantes da Formação Codó a sul de Imperatriz.

Em cortes da ferrovia Norte-Sul, nas cercanias da sede da fazenda Casa Branca, a Formação Codó está representada por lentes de calcário com espessura máxima de 1m, com coloração creme-amarelada a esverdeada e contendo extraclastos e fragmentos fósseis. Observam-se, ainda, planos de partição, níveis arenosos escuros, com presença de matéria orgânica e estratificação cruzada festonada de pequeno porte.

No cruzamento da BR-010 com a ferrovia Norte-Sul (3km a sul de Imperatriz) ocorre a seqüência seguinte:

- arenito fino, cinza, sem microestruturas visíveis;
- pelito cinza-esverdeado, afossilífero;
- arenito fino a muito fino, cinza, com *drapes* de lama;
- lentes descontínuas de calcarenitos com espessura máxima de 0,30m, tendo coloração cinza-esverdeada e extensão de aproximadamente 10m;
- arenito fino, cinza, sem estruturas visíveis.

2.5.5 Ambiente de sedimentação e sistema deposicional

A contemporaneidade deposicional das formações Codó e Grajaú, admitida pela maioria dos autores, e evidenciada pela interdigitação dos seus sedimentos, justifica uma análise conjunta dos fatores dominantes nos seus ambientes deposicionais. Parâmetros como presenças de carbonatos e gipsita, interacamadamento de sedimentos arenosos e lamosos, sedimentos carbonosos e betuminosos, concreções de pirita, níveis com restos de plantas, ostrácodes e gastrópodes, são registros muito importantes na tentativa de interpretação dos ambientes de deposição dessas formações.

A seção inferior de Rezende & Pamplona (1970) e Leite et alii (1975), contendo folhelhos escuros betuminosos, calcário e gipsita foi provavelmente depositada em ambiente lagunar raso e costeiro. Embora os depósitos de evaporitos possam desenvolver-se com corpos de água salina em quaisquer profundidades, a sua acumulação é típica de águas rasas, onde a evaporação e conseqüentemente a concentração dos íons disponíveis é maior (Reading, 1986). Por algum tempo, os fluxos marinhos ou terrestres que chegaram à laguna não existiram ou foram inferiores à evaporação, ensejando dessa forma a precipitação de evaporitos.

A característica dominante na segunda seção é o conspícuo conteúdo fossilífero. Logicamente, houve uma alteração nas condições de salinidade e de oxi-redução no novo ambiente. Lima & Leite (1978) encontraram ostrácodes lacustrinos e moluscos e equinóides que evidenciam influências marinhas.

As formas palinológicas das amostras da Formação Codó dos bancos marginais do rio Tocantins indicam procedência da flora terrestre.

Essa seqüência intermediária depositou-se após alterações das condições hidrológicas e salinas que sofreu o ambiente propício à acumulação de evaporitos. Caputo (1985) associa essa mudança a uma transgressão marinha que se antecipou ao novo ambiente.

As litologias e os fósseis evidenciam deposição em ambiente lacustre, de águas salobras, onde ainda prevalecia alguma condição redutora, evidenciada pela presença das concreções piritosas.

A seção superior difere das anteriores pela maior presença de sedimentos da fração areia. Os arenitos finos sigmoidais envolvidos por pelitos e as estruturas tipo laminações cruzadas cavalgantes observados em afloramentos nos bancos marginais do rio Tocantins, na região de Imperatriz, são indicativos de subfacies de deltas lacustrinos (Galloway, 1983).

A presença dessas estruturas (sigmóides e *climbing ripples)* evidencia a formação dos clássicos deltas tipo Gilbert (Galloway, 1983), produto de fluxo homopicnal (Bates, 1953). A alternância de arenitos finos e pelitos com cruzadas cavalgantes encontradas nos mesmos afloramentos reflete condições de transporte por tração e suspensão.

Os calcários finos, micritos e lenticulares aflorantes e subaflorantes ao sul de Imperatriz, são carbonatos evaporíticos típicos de zona marginal de bacia, onde os influxos de água não marinha são mais acentuados, ambiência também evidenciada pela ocorrência em muitos locais de folhas de plantas. São assembléias que caracterizam e reforçam a idéia de facies de água rasa (Reading, 1986).

Para a Formação Grajaú, cuja deposição é sínerona com a Formação Codó, a interdigitação dos seus sedimentos (Cunha & Carneiro, 1972; Lima & Leite, 1978) induz a considerar-se ambientes próximos e/ou relacionados.

2.5.6 Idade

Com base no conteúdo fóssil, Lima (1981, apud: Caputo, 1984) coloca a Formação Codó no Neo-Aptiano a Eo-Albiano. Os registros palinológicos a correlacionam com as formações Barro Duro e Arpoador, da bacia de Barreirinha, a Formação Santana, do platô do Araripe; e a Formação Riachuelo, da bacia Alagoas-Sergipe.

2.6 Formação Itapecuru

2.6.1 Histórico

O primeiro registro bibliográfico sobre a Formação Itapecuru é de Lisboa (1914), que chamou de "Camadas Itapecuru" os sedimentos aflorantes nos vales dos rios Itapecuru e Alpargatas, a norte da cidade maranhense de Pastos Bons, atribuindo-lhes, sem muita segurança, idade permiana.

Price (1947) descreveu fósseis de dinossauros nas rochas que ocorrem na ilha de Livramento, que indicam idade posterior ao Triássico e anterior ao Terciário, e atribui idade cretácea para esses sedimentos fluvilacustres.

O Léxico Estratigráfico do Brasil (1984) considera Campbell (1950) como autor da citação original quando em reconhecimento geológico denominou as "camadas" citadas por Lisboa de formação e dividiu-a em três membros: Arenitos Serra Negra, Camadas Indivisas e Camadas Boa Vista. Esse mesmo autor ainda atribuiu à Formação Itapecuru idade cretácea, colocando-a discordantemente sobre a Formação Codó. Na época, o termo definia um conjunto litológico essencialmente arenoso, de coloração cinza-esverdeada a vermelho-acastanhada, com folhelhos cinza-esverdeados, marrons ou vermelhos, subordinados.

Mesner & Wooldridge (1962) consideram a Formação Itapecuru como de idade albiana, por correlação com a Formação Tutóia, da bacia de Barreirinha. Molnar & Urdininéa (1966) mapearam sedimentos datados como eqüivalentes à Formação Itapecuru, repousando diretamente sobre o embasamento. Aguiar (1969) manteve a equivalência estabelecida por Northfleet & Melo (1966) e Barbosa et alii (1966, in: Aguiar, 1969), os quais consideraram a equivalência Itapecuru–Urucuia. Costa (1977) adotou a designação de Formação Itapecuru, como descrita por Molnar & Urdininéa (1966). Lima & Leite (1978) adotaram o exposto por Campbell (1950) para designar um conjunto de arenitos variegados com intercalações de siltitos e folhelhos avermelhados, que recobre concordantemente a Formação Codó.

2.6.2 Modo de ocorrência, distribuição e espessura

Na folha mapeada, os sedimentos da Formação Itapecuru ocupam 65% da área. Distribuem-se em extensas e contínuas áreas, notadamente nas porções norte, nordeste e centro-oeste. Formam altos platôs com característicos destaques topográficos em forma de mesetas com superfícies tabulares, como as serras da Conceição, do Gurupi, da Desordem e da Barriga.

Os melhores afloramentos expõem-se ao longo de cortes de estradas: BR-010, MA-122 e ferrovia Norte-Sul.

Furos estratigráficos encontraram espessuras de até 600m para esta formação no âmbito da bacia do Parnaíba (Lima & Leite, 1978). Caputo (1985), no entanto, baseado em mapa de isópacas, estima uma espessura máxima de 2.000m, na bacia de São Luís, atribuído tal valor como conseqüência do afundamento por falha, da bacia, durante a deposição da Formação Itapecuru.

2.6.3 Relações de Contato

Embora as informações da bibliografia considerem concordante o contato inferior dessa formação com as formações Codó e Grajaú, nas proximidades de Sítio Novo, esse contato é marcado por pequena discordância local representada por superfície erosiva e delgado pavimento de seixos (fotos 10 e 11).

Os seus contatos superiores com os depósitos constituintes da cobertura tércio-quaternária são notadamente discordantes.

2.6.4 Litofacies e mineralogia

A norte da cidade de Imperatriz (BR-010), os arenitos são creme-avermelhados, finos a médios, localmente grosseiros, às vezes com níveis conglomeráticos e geometria predominantemente tabular com *sets* suborizontalizados. Apresentam notáveis estratificações cruzadas acanaladas, por vezes festonadas, variando de pequeno a médio porte. Ocorrem ainda finas intercalações argilosas, avermelhadas (foto 12).

Na porção centro-oeste da folha os arenitos são creme-avermelhados e variam de finos a argilosos. Na área encontram-se grandes blocos de silexitos, provavelmente rolados do topo dos platôs.

Na parte nordeste, os arenitos são predominantemente finos com vários níveis argilosos que atingem até 0,50m de espessura. A cor geralmente é avermelhada, embora ocorram bancos de coloração rósea ou creme. Os contatos entre os níveis arenosos e argilosos são superfícies onduladas com esparso pavimento de seixos de quartzo subarredondados (localidade de Tanque).

Nas localidades de Mucuíba e Jenipapo ocorrem bancos de arenitos com bioturbações e com pontuações esbranquiçadas de caulim. Estratificações cruzada acanalada de pequeno porte e tabular planar estão quase sempre presentes.

Nas imediações da cidade de Amarante do Maranhão ocorrem arenitos finos, avermelhados, com pontuações de caulim, geometria lenticular e estratificação cruzada acanalada na base. Segue-se siltito argiloso, avermelhado, com delgados níveis ondulados de caulim. No topo ocorre arenito fino, avermelhado, com superfície de erosão ondulada e constituído por sedimento fino, endurecido.

2.6.5 Ambiente de sedimentação e sistema deposicional

Na área mapeada há predomínio da fração areia. Os componentes finos são restritos a algumas localidades e ocorrem sob a forma de níveis de até 0,50m, os quais podem ser considerados delgados se comparados com toda a espessura da formação.

Tal fato caracteriza deposições de fluxo com certo grau de energia, o que também é reforçado pelas presenças de estruturas de corte e enchimento como cruzadas acanaladas e festonadas. Portanto, os sedimentos da Formação Itapecuru registram deposições associadas a fluxos fluviais de

baixa sinuosidade com carga de leito arenosa (sistema *braided* Schumm, 1971).

O domínio das granulações fina a média pode significar deposições nas porções média e distal do sistema, enquanto a fração argilosa está associada à contribuição provavelmente lacustrina (foto 13).

2.6.6 Idade

As únicas descobertas de fósseis nessa formação são citadas por Colares & Araújo (1987) e trata-se de raros moldes internos de foraminíferos e crustáceos(?), dentes e escamas de peixe mal preservadas e supostamente colocados no Eocretáceo.

Na atual área costeira do Maranhão os calcários fossilíferos da Formação Alcântara capeiam os sedimentos da Formação Itapecuru, sendo-lhes atribuída idade entre o Coniaciano ao Maestrichtiano (Aguiar, 1971). É possível que nesa área a Formação Itapecuru tenha-se depositado do final do Albiano ao Turoniano, correlacionando-se com as formações Preguiça e Bonfim, da bacia de Barreirinha, e formações Alter do Chão, da bacia do Amazonas (Caputo, 1985).

2.7 Coberturas Tércio-Quaternárias

2.7.1 Histórico

Em 1970, Jupiassú, estudando madeira fóssil nos sedimentos caulínicos no estado do Pará, identificou fósseis de angiospermae com idade do Terciário Inferior. Esses sedimentos constituem parte do que consideramos Coberturas Tércio-Quaternárias.

Posteriormente, em 1971, Francisco et alii introduziram o termo Formação Ipixuna para designar tais sedimentos caulínicos, que se associam ainda a arenitos de origem fluvilacustre com granulação variada e estratificações cruzadas.

Ainda em 1971, Braun chamou de "depósitos neógenos indiferenciados" as coberturas arenosas, argilosas e lateríticas que mascaram o substrato e capeiam os remanescentes das superfícies de aplainamento do Ciclo Sul-Americano (King, 1956). Em 1953, o Projeto Radam as considerou como pertencentes à Formação Barreiras. Góes, em 1981, admitiu ser a Formação Ipixuna uma facies da Formação Itapecuru.

Neste texto explicativo, são consideradas Coberturas Tércio-Quaternárias os sedimentos imaturos de natureza arenosa, argilosa e laterítica que capeiam discordantemente os depósitos da Formação Itapecuru. Em âmbito regional, essas coberturas recobrem indistintamente todas as unidades estratigráficas da bacia do Parnaíba (Lima & Leite, 1978).

Estão incluídos ainda nessa unidade os níveis antigos de terraço do rio Tocantins. Sem representatividade cartográfica na escala de trabalho, esses depósitos são constituídos essencialmente por cascalhos, via de regra fracamente consolidados por areias com alguma argila. Os seixos são arredondados, predominantemente de quartzo, embora possam ser encontrados de silexito e quartzito.

2.7.2 Modo de ocorrência, distribuição e espessura

Na Folha Imperatriz, a principal área de ocorrência de coberturas está situada ao longo de uma faixa com direção aproximada NW-SE, ocupando os topos dos platôs, os quais se constituem nas partes mais elevadas da área com cotas superiores a 300m.

Subsidiariamente, a leste do vale do Pindaré, no quadrante NE da folha, outra faixa com orientação N-S contém sedimentos pertencentes às coberturas.

A espessura da seqüência é bastante variável e depende da sua posição relativa à bacia. Lima & Leite (1978) citam uma possança máxima de 30m na região de Paragominas–PA.

2.7.3 Relações de contatos e posicionamento estratigráfico

Em todos os locais de ocorrência, os sedimentos das Coberturas Tércio-Quaternárias sobrepõem-se à Formação Itapecuru. Nas poucas exposições acessíveis à observação direta os contatos estão mascarados. Colares et alii (1989) observaram, no entanto, discordâncias erosivas em afloramentos ao longo da rodovia BR-222, na Folha Vitorino Freire.

2.7.4 Litofacies e mineralogia

Foram reconhecidas três litofacies:

- conglomerados de seixos de quartzo e/ou silexito suportados por grãos de areia com alguma argila, apresentando geometria lenticular;

- arenitos finos a médios, coloração amarela a avermelhada, localmente com estratificação planoparalela;

- laterito predominantemente autóctone, constituído de petroplintitos e pseudopisólitos ferruginosos.

2.7.5 Ambiente de sedimentação e sistema deposicional

Os conglomerados provavelmente constituem barras longitudinais de sistema fluvial de alta energia (*braided*). Os arenitos finos a médios representam deposições de canais, material que foi transportado como carga de leito.

Os lateritos são produtos de alteração supergênica, cuja formação na área esteve subordinada principalmente às condições climáticas tendo nos sedimentos da Formação Itapecuru a sua principal fonte de suprimento.

2.8 Aluviões

Apenas dois rios – Tocantins e Pindaré – no âmbito da Folha Imperatriz, apresentam depósitos aluvionares com representação cartográfica na escala de trabalho. As aluviões são depósitos quaternários restritos às calhas dos rios e constituídos por argila, areia e cascalho.

A aluvião do rio Tocantins, pela própria expressão do rio é a mais importante da área. Além do material de granulação mais grossa constituinte do assoalho do canal, os ambientes de canais de alta sinuosidade ou meandrantes podem ser percebidos da seguinte maneira:

- **Barras Arenosas**: constituídas de areia média a grossa, podendo conter zonas de cascalhos. Alguns desses corpos são permanentes e foram fixados pela vegetação; outros têm caráter efêmero e se preservam apenas durante o período de estiagem;

- **Barras em Pontal**: corpos de areia que ocorrem nas porções internas dos meandros, no quadrante nordeste da folha. Grande parte do material é procedente dos bancos marginais a montante e acumulado por acresção lateral nas zonas de menor velocidade. No caso particular da área, percebe-se a notável curvatura do rio Tocantins, nas localidades de Praia Chata e do Frade. O sedimento fino da superfície da barra durante o período de cheia é levado para a planície de inundação.

Análises mineralógicas qualitativas de concentrados de bateia de amostras de sedimentos aluvionais na ferrovia Norte-Sul, a sul de Imperatriz (vale do Ribeirão Dantas), revelaram presenças de ilmenita, zircão, magnetita, monazita, rutilo, anatásio, turmalina e leucoxênio.

3. TECTÔNICA E ESTRUTURAS

Comportando unidades estratigráficas de idades pós-paleozóicas, numa área restrita da bacia, as observações dos aspectos estruturais da Folha Imperatriz foram complementadas com informações bibliográficas estabelecidas a partir de estudos realizados em toda a abrangência da bacia do Parnaíba.

Após a análise de mapas de isópacas das unidades litostratigráficas paleozóicas da bacia, Cunha (1986) concluiu que até o Pensilvaniano todo o preenchimento da bacia foi condicionado por dois eixos ortogonalmente dispostos, segundo as direções NE-SW e NW-SE. Essas direções coincidem com os lineamentos Transbrasiliano e Picos–Santa Inês, respectivamente.

As reativações de falhas associadas ao Lincamento Transbrasiliano estão refletidas indistintamente nas seqüências paleozóicas e mesozóicas. Tal fato é melhormente caracterizado em tratos do NE e SW da bacia.

Nos primeiros, em terrenos do noroeste do estado do Ceará, assinala-se camadas de arenitos e conglomerados da Formação Serra Grande exibindo posturas de até 70° NW, nas proximidades da zona de cisalhamento Sobral–Pedro II (Lineamento Transbrasiliano). Nos segundos, a atividade tectônica pós-Aptiana é materializada por intermédio das cristas silicificadas de arenitos da Formação Urucuia (Albiano), com estrias horizontais (Szatmari et alii, 1987) (figura II.3.1).

Por outro lado, o Lineamento Picos-Santa Inês, com evidências menos explícitas que o Lineamento Transbrasiliano, estaria refletido através de uma série de alinhamentos NW-SE associados à falha do rio Canindé, afluente do rio Parnaíba.

Na área mapeada, a Formação Itapecuru constitui a maior área aflorante; nos seus sedimentos estão evidenciados os efeitos dos dois grandes lineamentos referidos. Através de interpretações de imagens de satélite (1:100.000), mosaicos de radar (1:250.000) e aerofotos (1:100.000) foram estabelecidos os grandes traços de fraturamento que preferencialmente posicionam-se NE–SW e NW–SE.

Nos trabalhos de campo, as evidências estão por conta do estudo sistemático de fraturas, o qual revelou as mesmas direções preferenciais como demonstra o gráfico setorial (figura II.3.2)

No âmbito da bacia, as unidades são praticamente horizontais, embora possam ocorrer indícios de pequenos basculamentos, resultado de esforços tectônicos distensionais que acarretaram o aparecimento de falhas lístricas.

Caputo (1984) afirma que a Formação Codó mergulha suavemente em direção à costa, enquanto as formações que lhe são sotopostas têm o mergulho com sentido oposto.

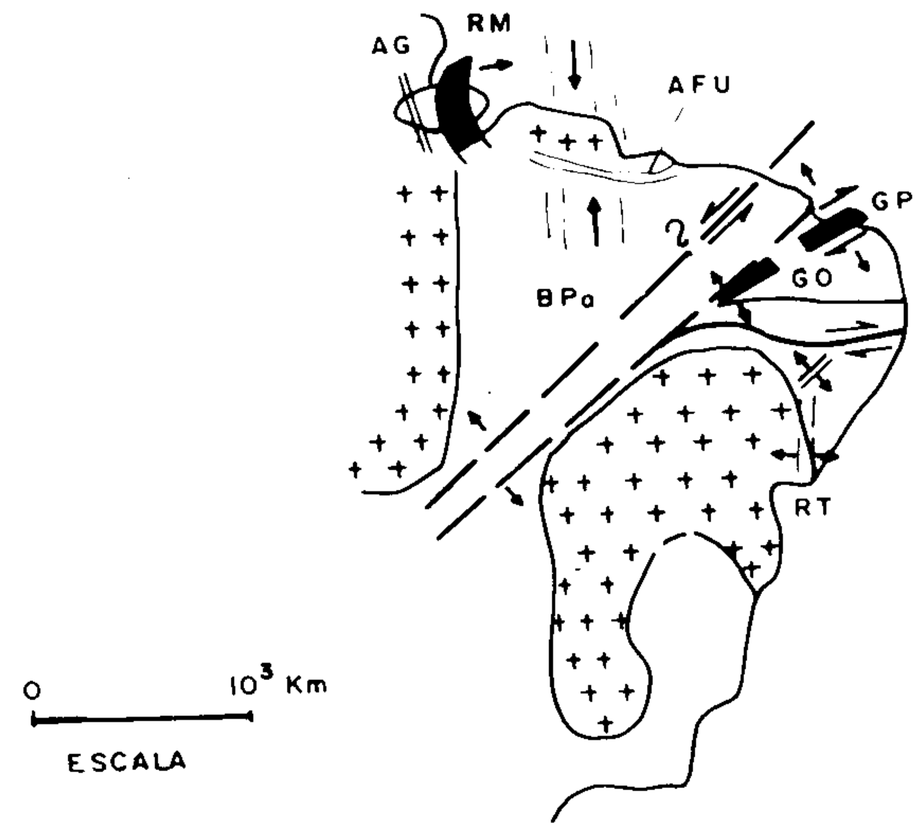
Colares et alii (1989) observaram nos sedimentos da Unidade Itapecuru evidências de falhas de pequena extensão "tipo dominó" com rejeitos máximos de 20cm, com direção predominante NW, e ainda falhas lístricas com direção NE, na localidade de Buriticupu.

Há concordância da maioria dos autores de que alternaram-se, após o Cretáceo, períodos de estabilidade e de manifestação tectônica. Essas alternâncias afetaram significativamente os processos de acumulação e degradação dos diversos terrenos.

O desenvolvimento das crostas lateríticas é admitido por Kotschoubey & Truckenbrodt (1981) como resultado de um clima quente e úmido que por sua vez implantou-se graças a um período de estabilidade tectônica pós-cretácea.

As evidências de clima árido no Terciário são associadas às novas atividades tectônicas. O então novo panorama climático foi responsável pelo desmantelamento das crostas lateríticas e pela deposição de clásticos via sistemas fluviais (Colares et alii, 1989).

O soerguimento dos depósitos terciários, com a conseqüente implantação de novo ciclo erosivo, provocou novo aplainamento, formação da trama atual de drenagem e a deposição dos terraços fluviais. Todos esses fenômenos são atribuídos à última manifestação tectônica ocorrida na transição Terciário/Quaternário.



Compressão NNW–SSE

Arqueamento (Gurupá – AG; Ferrer–Urbano Santos – AFU).

Rifte/*Graben:* RM – Marajó;
GP – Pendência;
GO – Sistema Iguatu–Rio do Peixe;
RT – Tucano.

Sistema de falhas distensionais.

Unidade cratônica.

Provável movimento sinistral da zona de falha Sobral–Pedro II (Lineamento Transbrasiliano) no Eocretáceo.

Zona tracional.

Figura II.3.1 – Alguns aspectos da tectônica eocretácea (baseada em Szatmari et allii, 1987).

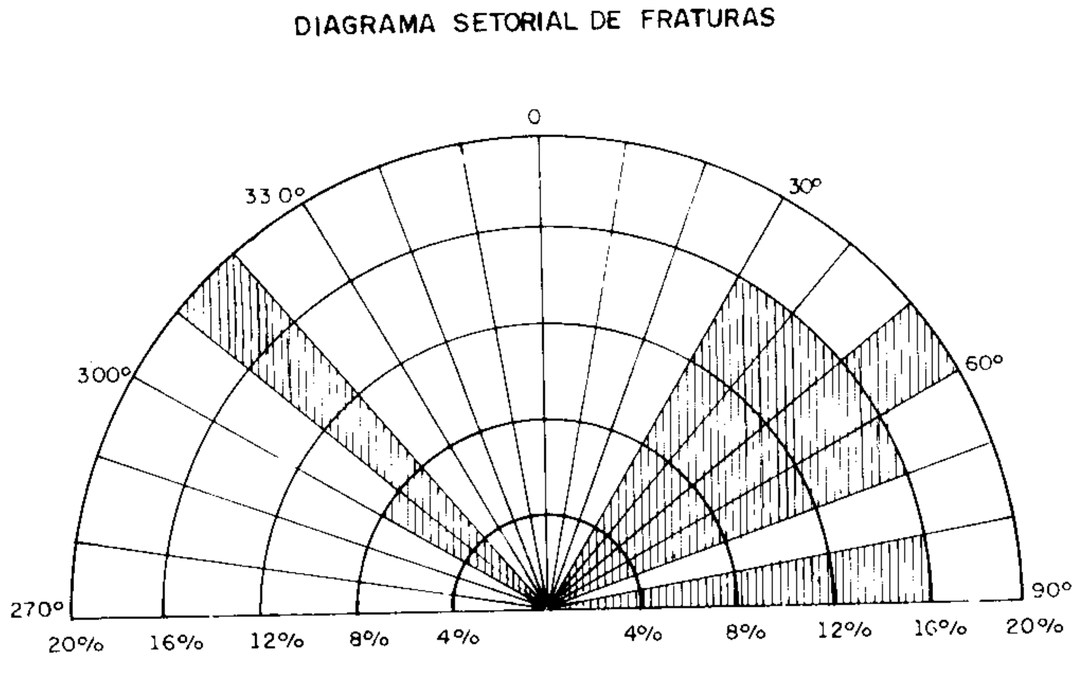


Figura II.3.2 – Diagrama setorial de fraturas da Formação Itapecuru.

4. HIDROGEOLOGIA

4.1 Introdução

Atendendo ao interesse do Programa Grande Carajás, foi introduzido no Projeto Especial Mapas de Recursos Minerais, de Solos e de Vegetação, para a Área do Programa Grande Carajás – Subprojeto Recursos Minerais, a partir da elaboração da Folha Santa Inês (SA.23-Y-D) em 1987, o levantamento das características dos poços de água visando ao zoneamento hidrogeológico, na escala de 1:250.000, objetivando fornecer melhores subsídios a projetos que venham a ser implantados nessa região, os quais obrigatoriamente farão uso desse precioso bem mineral.

Incluiu-se também a análise dos dados climáticos, em virtude desses fatores serem responsáveis diretos pelo ciclo hidrológico, assim também como controlam a alimentação e renovação das águas subterrâneas dos diferentes sistemas aqüíferos existentes. Neste trabalho serão tratados apenas dados climáticos/pluviométricos de estações da folha, objetivando informar a pluviosidade total da área, assim como os períodos de maior e menor intensidade de chuvas, além de sua contribuição para recarga dos sistemas aqüíferos.

4.2 Caracterização dos Dados

Para a caracterização da folha quanto aos aspectos hidrológicos partiu-se a princípio do conhecimento geológico da região, complementados com levantamento dos dados pluviométricos e informações colhidas através de perfurações de poços tubulares, manuais e fontes existentes na área.

A equipe de geologia identificou e cartografou para esta folha as seguintes unidades aflorantes: formações Sambaíba, Mosquito, Corda, Codó, Grajaú, Itapecuru, Coberturas Detríticas e/ou Lateríticas e Depósitos Aluviais.

Os dados complementares que serviram de base para um melhor conhecimento das características hidrológicas foram calcados no levantamento de:

- cinco estações pluviométricas, com dados de leituras efetuadas pela CPRM e SUDENE;

- inventário hidrogeológico, conforme Catálogo de Inventário Hidrogeológico Básico (tabela II.4.1) e Carta de Pontos d'Água, exibindo um cadastro de 184 pontos, distribuídos da seguinte forma:
  - 111 poços tubulares (60,33%);
  - 56 poços manuais (30,43%);
  - 17 fontes (9,24%);
  - 24 análises químicas, sendo:
  - 19 de poços tubulares;
  - 3 de poços manuais;
  - 2 de fontes.

O Catálogo de Inventário Hidrogeológico Básico teve como fonte inicial a coleta de dados junto a empresas de perfuração que atuam na área, apresentadas aqui como fontes, além do Projeto Estudo Global dos Recursos Minerais da Bacia Sedimentar do Parnaíba – Subprojeto Hidrogeologia – Folha - 07 (Soares Filho, 1979), complementado com trabalho de campo e análises físico-químicas realizadas pelo laboratório da Cia. de Agua e Esgoto do Ceará – CAGECE.

4.3 Características Climáticas

Os fatores climáticos são de grande importância para a recarga dos sistemas aqüíferos, seja quanto ao clima, pluviometria, fluviometria, temperatura, zoneamento árido, umidade relativa, insolação, ventos, evaporação ou evapotranspiração, visto que influem diretamente sobre as características dos diversos tipos litológicos e seus comportamentos como reservatório.

4.3.1 Clima

Como já definido no capítulo 1, subitem 1.3, a área se caracteriza por apresentar duas categorias distintas: quente semi-úmido tropical Brasil central (qsutBc), com um período seco de 4 a 5 meses, e quente úmido tropical Brasil central (qutBc), com um período seco de três meses.

4.3.2 Temperatura

De acordo com a classificação do IBGE (1977) para essa região as diferenciações do regime térmico para a área são marcados pela existência de um clima quente, essencialmente tropical, onde as temperaturas médias em todos

TABELA II.4.1 – CATÁLOGO DE INVENTÁRIO HIDROGEOLÓGICO BÁSICO

FONTE	Nº	LOCALIZAÇÃO			DATA		CARACTERÍSTICAS DO POÇO									EQUIPAMENTO		Resíduo Seco	Órgão Executor	Aqüífero Captado
		Local	Município/Estado	Proprietário	Coordenadas X (UTM-km)	Coordenadas Y (UTM-km)	Coordenadas Z (m)	Perfuração	Coleta	Prof. (m)	Prof. NE (m)	Cota NE (m)	BOCA Ø	BOCA h (m)	ND (m)	Rebaixamento (m)	Vazão (m^3/h)	Vazão Específica (m^3/h/m)	Unidade de Bombeamento	Reservatório (m^3)	(mg/l)		
PAIVA	001	Faz. Teimosa	Açailândia/MA	Faz. Teimosa	216200	9441200		1983		200,00	100,00		4	0,38	110,00	10,00	7,60	0,700	MB COMP			PAIVA	KI
180.07	002	Itabarana	Açailândia/MA	Nelson A. Oliveira	216000	9438000	329,1	1976		220,00	100,00	189,10	6	0,42	120.00	20,00	10,00	0,500	MB COMP	5.00		PETRUS	KI
PAIVA	003	Lazinho	Açailândia/MA	Lázaro Barbosa	218000	9439800		1987		200,00	90,00		6	0,44	110,00	20,00	10,00	0,500	MB COMP	5.00		PAIVA	KI
PAIVA	004	Monte Líbano	Açailândia/MA	Faz. Monte Líbano	213400	9444400		1980	27/07/88	220,00	100,00		6	0,48	120,00	20,00	12,00	0,600	MB COMP	60,00	CE–45	PAIVA	KI
PAIVA	005	Monte Líbano	Açailândia/MA	Faz. Monte Líbano	213400	9444400		1986	27/07/88	200,00	100,00		6	0,50	120,00	20,00	12,00	0,600	MB COMP	60,00	CE–45	PAIVA	KI
PAIVA	006	Monte Líbano	Açailândia/MA	Faz. Monte Líbano	213400	9444400		1986	27/07/88	150,00	30,00		6	0,54	45,00	15,00	23,00	1,533	MB COMP	60,00	CE–45	PAIVA	KI
CABORE	007	Posto Magnólia 11	Açailândia/MA	João Rolim				1984	28/07/88	106,00	25,00		4	0,60	40,00	15,00	15,00	1,000	MB COMP	10,50	CE–280	CABORE	KI
PAIVA	008	Trecho Seco	Açailândia/MA	Sultepa	218000	9435000		1980	27/07/88	200,00	100,00		6	0,52	120,00	20,00	12,00	0,600	MB COMP	40,00	CE–50	PAIVA	KI
PAIVA	009	Trecho Seco	Açailândia/MA	Prefeitura	218000	9435000		1982	28/07/88	185,00	80,00		6	0,44	130,00	50,00	5,00	0,100	MB COMP	10,00	CE–220	PAIVA	KI
PAIVA	010	Aldeia Borges	Amarante/MA	FUNAI	318400	9401200		1978	26/07/88	50,00	5,00		4	0,38	12,00	7,00	12,00	1,714	MB COMP	5,00	CE–35	PAIVA	Jc
PAIVA	011	Aldeia Funil	Amarante/MA	FUNAI	324400	9406400		1978	26/07/88	50,00	10,00		4	0,55	12,00	2,00	10,00	5,000	MB COMP	5,00	CE–40	PAIVA	Jc
PAIVA	012	Ald. Governador	Amarante/MA	FUNAI	315600	9385400		1977	26/07/88	50,00	6,00		4	0,46	15,00	9,00	8,00	0,888	MB COMP	5,00	CE–30	PAIVA	Jc
PAIVA	013	Aldeia Jussaral	Amarante/MA	FUNAI	318600	9409800		1977	26/07/88	50,00	6,00		4	0,42	10,00	4,00	10,00	2,500	MB COMP	5,00	CE–25	PAIVA	Jc
030.07	014	Campo Formoso	Amarante/MA	José P. de Oliveira	319200	9406600	265,7	1970	21/09/78	3,46	1,96	263,74	40	0,54					S/E		CE–1150		KI
031.07	015	Dianópolis	Amarante/MA	Teresa B. Conceição	291600	9392400	237,8	1974	22/09/77	5,82	4,82	232,98	40	0,18					SAR		CE–65		KI
032.07	016	Espírito Santo	Amarante/MA	Fabrício Dias Reis	329800	9373600	225,1		20/09/77	2,00	1,00	224,10	40						S/E		CE–25		Kc
PAIVA	017	Mundo Novo	Amarante/MA	GETAT	302000	9391400		1984	26/07/88	120,00	18,00		4	0,30	60,00	42,00	6,00	0,142	MB COMP	5,00		PAIVA	KI
034.07	018	Mundo Novo	Amarante/MA	Francisco Alves Fortes	302000	9391400	239,9	1976	22/09/77	9,50	8,00	231,90	80						SAR		CE–68		KI
035.07	019	Nova Colina	Amarante/MA	Manoel F. Lima	300600	9374800	245,4	1970	19/09/77	3,50	3,00	242,40									CE–49		KI
036.07	020	Pedra Ferrada	Amarante/MA	Miguel Viana	317800	9372600	250,8		19/09/77	4,90	3,60	247,20	60	0,60							CE–82		KI
PAIVA	021	Sede	Amarante/MA	Laminadora Paraná	307000	9384400		1982	26/07/88	60,00	10,00		64	0,58	25,00	15,00	7,00	0,466	MB COMP	16,00	CE–60	PAIVA	Jc
CAEMA	022	Sede P–I	Amarante/MA	CAEMA	307000	9384400		24/10/77	26/07/88	45,00	3,00		6	0,96	10,60	7,60	18,46	2,428	S/E	100,00		CAEMA	Jc
CAEMA	023	Sede P–IA	Amarante/MA	CAEMA	307000	9384400		1983	26/07/88	45,00	6,00		6	0,85	15,00	9,00	25,00	2,777	MB SUB	100,00	62	CAEMA	Jc
CAEMA	024	Sede P–II	Amarante/MA	CAEMA	307000	9384400		1985	26/07/88	49,00	11,00		6	0,62	18,00	7,00	24,00	3,428	MB SUB	100,00	CE–20	CAEMA	Jc
043.07	025	Três Passagem	Amarante/MA	Vinício Ramieiro	308000	9416800	229,2		21/09/77	8,30	7,10	222,10	40	0,70					CAT		CE–880		KI
161.07	026	Água Branca	Imperatriz/MA	Antonio Lucena	213200	9428800	204,4		27/09/77	0,90	0,60	203,80	40						S/E		CE–32		KI
162.07	027	Água Preta	Imperatriz/MA	Lázaro Rocha	231400	9381000	134,7		15/07/77			134,70									CE–20		Kc
163.07	028	Amaralinha	Imperatriz/MA	Fernando Vaz Sampaio	220200	9428000	233,6		20/07/77	12,00	9,46	224,14	40	0,70					CAT		CE–70		KI
164.07	029	Bacaba	Imperatriz/MA	Ricardo P. da Silva	217000	9401400	134,5		30/09/77	2,45	1,25	133,25							S/E		CE–37		KI
165.07	030	Bahia	Imperatriz/MA	Adelino P. de Souza	230400	9382600	135,04		19/07/77	7,00	4,00	131,40	26	0,53					MB		CE–430		Kc
PAIVA	031	Bananal	Imperatriz/MA	INDAIA P–I	235000	9376000		1982	27/07/88	50,00	4,00		6	0,50	15.00	11,00	8.00	0.727	MB SUB	60,00	124	PAIVA	Jc
PAIVA	032	Bananal	Imperatriz/MA	INDAIA P–II	235000	9376000		1984	27/07/88	50,00	4,00		6	0,43	15.00	11,00	8.00	0.727	MB INJETORA	60.00	CE–110	PAIVA	Jc
PAIVA	033	Bananal	Imperatriz/MA	Granja Pio	235000	9376000		1977	27/07/88	50,00	8.00		6	0,35	15.00	7.00	12.00	1.714	MB COMP	20,00	CE–210	PAIVA	Jc
PAIVA	034	Bananal	Imperatriz/MA	Granja Real	235000	9376000		1979	27/07/88	50,00	3.00		6	0,28	8.00	5.00	15.00	3.000	MB COMP	20.00	CE–180	PAIVA	Jc
166.07	035	Big Vally	Imperatriz/MA	Oscar do A. Brito	226800	9398000	139,8	1961	20/07/77	5.00	2.30	137.50	75	0.32					MB		CE–125		KI
SEC. IRR	036	Brejão	Imperatriz/MA	Sec. Irrigação	266200	9438000		01/82		180,00	28,20		6	0,10	61.70	33.50	19.31	0.576	MB SUB	100,00	124	CONESP	KI
PAIVA	037	Brejão	Imperatriz/MA	Parapanema	266200	9438000		1981		150,00	40.00		6	0,32	60.00	20.00	12.00	0.600	MB COMP			PAIVA	KI
171.07	038	Chaparral	Imperatriz/MA	Oscar do A. Brito	224400	9408600	179,9	1975		150,00	12.00	167.90	4	0.32	22.00	10.00	7,00	0,700	MB COMP	20,00	295	PETRUS	KI
SUD. 2180004	039	Cidelândia	Imperatriz/MA	Sudene–DRN 31.030/83	191800	9427400		08/83	28/07/88	165,00	18.70		6	0.10	53.00	34.30	10,00	0.291	MB COMP	5.00	83	CPRM	KI
172.07	040	Cidelândia	Imperatriz/MA	Ananias R. Pinto	191800	9427400	155.5	1974	27/07/77	3,50	2,80	152,70	40						S/E		CE–400		KI
PAIVA	041	Cidelândia P–4	Imperatriz/MA	CAEMA	191800	9427400		1988	28/07/88	41.30	1,80		6	0,54	4,80	3,00	16,00	5,333	MB SUB	100,00	CE-30	PAIVA	KI
SUD. 2460003	042	Cidelândia P–I	Imperatriz/MA	CAEMA	191800	9427400		1980	28/07/88	58,00	2,58		6	0,10	34.70	25,80	3,89	0,150	MB SUB	100,00	CE-500	CAEMA	KI
SUD. 2460004	043	Cidelândia P–II	Imperatriz/MA	CAEMA	191800	9427400		1980	28/07/88	33,00	6.50		6	0,80	12,00	5,50	10,28	1,869	MB SUB	100,00	CE-35	CAEMA	KI
CAEMA	044	Coquelândia I	Imperatriz/MA	CAEMA	205800	9411400		1976	19/09/88	105,00			6	0,45					S/E			CAEMA	KI
SUD. 2170001	045	Curvelândia	Imperatriz/MA	Sudene–DRN 31.030/83	174200	9423200		09/83	28/07/88	160,00	18,08		6	0,58	82,83	63,75	5,30	0,083	MB COMP	20,00	136	CPRM	KI

TABELA II.4.1 (continuação)

FONTE	Nº	LOCALIZAÇÃO						DATA		CARACTERÍSTICAS DO POÇO									EQUIPAMENTO		Resíduo Seco	Órgão Executor	Aqüífero Captado
		Local	Município/Estado	Proprietário	Coordenadas X (UTM-km)	Coordenadas Y (UTM-km)	Coordenadas Z (m)	Perfuração	Coleta	Prof. (m)	Prof. NE (m)	Cota NE (m)	BOCA Ø	BOCA h (m)	ND (m)	Rebaixamento (m)	Vazão (m³/h)	Vazão Específica (m³/h/m)	Unidade de Bombeamento	Reservatório (m³)	(mg/l)		
PAIVA	046	Eletronorte	Imperatriz/MA	ELETRONORTE	230000	9381600		1987	27/07/88	195,00	20,00		6	0,30	35,00	15,00	15,00	1,000	MB COMP	16,00	155	PAIVA	Jc
PAIVA	047	Faz. Pedro Galleti	Imperatriz/MA	Pedro Galleti	192200	9443200		1986		150,00	50,00		6	0,42	70,00	20,00	8,00	0,400	MB COMP	5,00		PAIVA	Kl
CAEMA	048	Faz. Mineira I	Imperatriz/MA	Faz. Mineira				1983	01/07/88	360,00	8,00		6	0,23	18,00	10,00	40,00	4,000	MB COMP	5,00		PAIVA	TRs
178.07	049	Fazendinha	Imperatriz/MA	Anesio M. Macedo	259000	9375200	269,6		14/07/77			269,60									5		Kl
PAIVA	050	Lagoa Verde	Imperatriz/MA	Eletronorte	226800	9400000			27/07/88	360,00	40,00		6	0,28	70,00	30,00	9,00	0,300	MB COMP		CE-315	PAIVA	TRs
PAIVA	051	Lagoa Verde	Imperatriz/MA	Sebastião Regis	226800	9400000		1986	27/07/88	360,00	8,00		6	0,42	40,00	32,00	120,00	3,750	MB COMP		CE-350	PAIVA	TRs
PAIVA	052	Lagoa Verde (Povoado)	Imperatriz/MA	Prefeitura	226800	9400000		1981	27/07/88	360,00	10,00		8	0,18	30,00	20,00	100,00	5,000	MB COMP	20,00	CE-320	PAIVA	TRs
PAIVA	053	Marrecos	Imperatriz/MA	Odebrecht	168600	9425000		1984	28/07/88	126,00	36,00		6	0,82	45,00	9,00	6,00	0,666	MB SUB	30,00	CE-105	PAIVA	Kl
PAIVA	054	Motel Stilo	Imperatriz/MA	Motel Stilo	230000	9384000		1986	27/07/88	90,00	15,00		4	0,45	25,00	10,00	8,00	0,800	MB COMP	20,00	CE-270	PAIVA	Jc
185.07	055	Novo Mundo	Imperatriz/MA	Djalma Guimarães	236400	9374000	159,6	05/77	19/07/77	13,00	9,70	149,90	28	0,60					SAR		39		Jc
FSESP	056	Palmeirândia	Imperatriz/MA	FSESP	183800	9428000		09/84	28/07/88	140,00	14,00		6	0,80	60,00	46,00	2,00	0,043	MB SUB	57,00		FSESP	Kl
PAIVA	057	Parque Exposição	Imperatriz/MA	Sindicato Rural	230000	9381600		1986	27/07/88	114,00	10,00		6	0,53	20,00	10,00	12,00	1,200	MB COMP	25,00	CE-310	PAIVA	Jc
186.07	058	Ponderosa	Imperatriz/MA	Jaime Rego Passo	226800	9402800	151,4	1965	20/07/77	8,00	4,85	146,55	36	0,45					SAR		CE-160		Kl
187.07	059	Ribeirão da Roca	Imperatriz/MA	Aderbal Soares	238400	9359000	187,3		13/07/77	4,30	2,45	184,85	40						SAR		CE-40		Kg
SUD. 2180003	060	Ribeirãozinho	Imperatriz/MA	Sudene–DRN 31.030/83	238000	9364200		1983	25/07/88	82,00	9,50		6	0,67	59,20	49,70	2,00	0,020	MB SUB	65,00	43	CPRM	Kl
188.07	061	Ribeirãozinho	Imperatriz/MA	Francisco G. Macedo	238000	9364200	187,7	1976	13/07/77	3,00	0,80	186,90		0,20					MB		CE-10		Kg
189.07	062	Santa Inês	Imperatriz/MA	Carlos G. de Amorim	216800	9423600	172,1	1976	27/09/77	4,73	4,24	167,86	40	0,27					MB		CE-280		Kl
191.07	063	Santa Maria	Imperatriz/MA	José Vilela	223400	9417000	185,5	1974	20/07/77	8,00	7,62	177,88	24	0,80					CAT		CE-360		Kl
CAEMA	064	São Félix I	Imperatriz/MA	CAEMA	206400	9417400		1975	19/09/88	84,00	4,80		6	0,05					S/E		256	CAEMA	Kl
PAIVA	065	S. João Andirobal	Imperatriz/MA	GETAT	193200	9439800		1984	28/07/88	80,00	10,00		4	0,50	15,00	5,00	12,00	2,400	MB COMP	5,00	35	PAIVA	Kl
195.07	066	São Sebastião	Imperatriz/MA	Manoel R. Sobrinho	250200	9377000			14/07/77												CE-90		Kl
CAEMA	067	Sede	Imperatriz/MA	Posto Santa Teresa	225600	9389800		1985	01/07/88	360,00	15,00		6	0,37	18,00	3,00	45,00	15,000	MB COMP	20,00		PAIVA	TRs
CAEMA	068	Sede	Imperatriz/MA	Mad. Carreteira	225600	9389800		1984	01/07/88	234,00	40,00		6	0,48	45,00	5,00	21,00	4,200	MB COMP	10,00		PAIVA	TRs
CAEMA	069	Sede	Imperatriz/MA	Frig. Vale Tocantins	225600	9389800		1986	01/07/88	410,00	00,00		6	0,25	5,00	5,00	150,00	30,000	MB SUB	20,00		PAIVA	TRs
CAEMA	070	Sede	Imperatriz/MA	Coop. do Leite	225600	9389800		1986	01/07/88	361,00	30,00		6	0,30	96,00	66,00	19,00	0,287	MB SUB	10,00		PAIVA	TRs
CAEMA	071	Sede	Imperatriz/MA	Loteamento J. Europa	225600	9389800		1985	01/07/88	361,00	18,00		6	0,45	29,00	11,00	32,00	2,902	MB COMP			PAIVA	TRs
CAEMA	072	Sede	Imperatriz/MA	Laminad. Imperatriz	225600	9389800		1987	01/07/88	354,00	15,00		6	0,50	28,00	13,00	23,00	1,769	MB SUB			PAIVA	TRs
CAEMA	073	Sede	Imperatriz/MA	Centro Comunitário	225600	9389800		1973		40,00			6									CAEMA	Jc
PAIVA	074	Sede	Imperatriz/MA	Clube Recreat. Telma	225600	9389800		1985	27/07/88	384,00	21,00		6	0,35	34,00	13,00	15,00	1,153	MB COMP	20,00	CE-115	PAIVA	TRs
200.07	075	Sede	Imperatriz/MA	João S. Nogueira	225600	9389800	121,7		28/09/77	6,05	4,95	116,75	32	0,45					SAR		CE-495		Kc
201.07	076	Sede	Imperatriz/MA	Olímpio Miranda	225600	9389800	127,1	1966	28/09/77	2,85	1,85	125,25	40	0,65					S/E		CE-520		Kc
202.07	077	Sede	Imperatriz/MA	Santiago Vicente	225600	9389800	130,2	07/1973	28/09/77	12,87	11,37	124,83	40	0,43					MB		CE-85		Kc
CAEMA	078	Sede (SUDENE–I)	Imperatriz/MA	CAEMA	225600	9389800		1973	26/07/88	67,00	18,00		6		41,20	22,40	40,20	1,794	S/E			CONESP	Kl
CAEMA	079	Sede (SUDENE-II)	Imperatriz/MA	CAEMA	225600	9389800		1973	26/07/88	70,00	16,00		6		36,00	20,00	20,00	1,000	S/E		282	CONESP	Kl
CAEMA	080	Sede (SUDENE–III)	Imperatriz/MA	CAEMA	225600	9389800		1973	26/07/88	78,00			6						S/E			CAEMA	Kl
CAEMA	081	Sede – CEMAR	Imperatriz/MA	CEMAR	225600	9389800		1973	26/07/88	114,00	26,95		6		49,20	22,25	8,00	0,359	S/E		206	CAEMA	Kl
CAEMA	082	Sede – Vila Lobão	Imperatriz/MA	CAEMA (Prefeitura)	225600	9389800		10/83	21/07/88	393,00	10,60		6	0,48	49,80	39,20	66,80	1,704	MB SUB	100,00	223	CPRM	TRs
CAEMA	083	Sede – Vila Nova	Imperatriz/MA	CAEMA (Prefeitura)	225600	9389800			21/07/88	330,00	9,90		8	0,44	54,90	45,00	100,00	2,222	MB SUB	250,00	370	PAIVA	TRs
PAIVA	084	Sede COHAB	Imperatriz/MA	Temac COHAB	225600	9389800		1985	25/07/88	360,00	35,00		4	0,46	61,00	26,00	6,00	0,230	MB COMP	15,00		PAIVA	Tcjm
PAIVA	085	Sede Dist. Indust.	Imperatriz/MA	C.D.I M.A	225600	9389800		1984	25/07/88	400,00	6,00		6	0,36	15,00	9,00	18,00	2,000	MB COMP	10,00		PAIVA	TRs
PAIVA	086	Sede Maranhão Novo	Imperatriz/MA	CAEMA (Prefeitura)	225600	9389800		1985	21/07/88	370,00	9,00		6	0,40	37,00	28,00	144,00	5,142	MB SUB	30,00	250	PAIVA	TRs
CAEMA	087	Sede P–2	Imperatriz/MA	CAEMA	225600	9389800		1973		26,00			6								282	CAEMA	Qal
CAEMA	088	Sede P–9	Imperatriz/MA	CAEMA	225600	9389800		1973		62,00			6									CAEMA	Jc

TABELA II.4.1 (continuação)

FONTE	Nº		LOCALIZAÇÃO			DATA			CARACTERÍSTICAS DO POÇO										EQUIPAMENTO		Resíduo Seco	Órgão Executor	Aqüífero Captado
			Local	Município/Estado	Proprietário	Coordenadas X (UTM-km)	Coordenadas Y (UTM-km)	Coordenadas Z (m)	Perfuração	Coleta	Prof. (m)	Prof. NE (m)	Cota NE (m)	BOCA ∅	BOCA h (m)	ND (m)	Rebaixamento (m)	Vazão (m^3/h)	Vazão Específica (m^3/h/m)	Unidade de Bombeamento	Reservatório (m^3)	(mg/l)		
CAEMA	089	☼	Sede P–10	Imperatriz/MA	CAEMA	225600	9389800		1973		67,00			6								CAEMA	Jc
PAIVA	090	☼	Sede Rua Pernambuco	Imperatriz/MA	CAEMA	225600	9389800		1988		348,00	3,00		8	0,50	42,08	39,08	225,00	5,757	S/E	100,00		PAIVA	TRs
PAIVA	091	☼	Sede Rua Rio de Janeiro	Imperatriz/MA	CAEMA (Prefeitura)	225600	9389800		07/87	21/07/88	332,00	15,00		6	0,20	41,00	26,00	211,00	8,115	S/E	100,0	CE–200	PAIVA	TRs
PAIVA	092	☼	Sede Subdistrito	Imperatriz/MA	EMBRATEL	225600	9389800		1986		87,00	18,00		6	0,40	32,00	14,00	12,00	0,857	MB COMP	15,00		PAIVA	Ki
CPRM	093	☼	Subest. CHESF 10 km N	Imperatriz/MA	CHESF	225200	9400400		06/81	28/07/88	58,00	7,48		6	0,36	26,55	19,07	2,48	0,130	MB SUB	10,00	216	CPRM	Kc
203.07	094	☌	Ter. Dona Isabel	Imperatriz/MA	Dona Isabel	234400	9389800	148,6		19/07/77			148,60									CE-210		Kc
PAIVA	095	☼	Trecho Seco–Derradeira	Imperatriz/MA	Nelson Oliveira	218200	9428000		1982	28/07/88	120,00	50,00		4	0,60	65,00	15,00	10,00	0,666	MB COMP	130,00	245	PAIVA	Ki
PAIVA	096	☼	Arapari	João Lisboa/MA	Pedro Divino	260800	9414000		1982	21/07/88	120,00	30,00		6	0,35	40,00	10,00	9,00	0,900	MB COMP	5,00	CE-180	PAIVA	Ki
204.07	097	☼	Boa Vista	João Lisboa/MA	Gonçalves C. Silva	242200	9392200	201,1	1967	27/07/77	3,90	1,70	199,40	48						SAR		CE-105		Ki
CAEMA	098	☼	Buritirana	João Lisboa/MA	CAEMA	276400	9382400	231,8	1974	01/07/88	105,00			8	0,37					S/E		72	CAEMA	Ki
PAIVA	099	☼	Capemba d'Água	João Lisboa/MA	GETAT	256200	9422000		1984	27/07/88	150,00	45,00		4	0,48	60,00	15,00	9,00	0,600	MB COMP	5,00		PAIVA	Ki
PAIVA	100	☼	Centro do Tolnho	João Lisboa/MA	José Antônio Fontes	274800	9416400		1982	21/07/88	210,00	100,00		6	0,38	130,00	30,00	8,00	0,266	MB COMP	5,00	CE-220	PAIVA	Ki
206.07	101	☌	Umaru	João Lisboa/MA	Desconhecido	249600	9394400	191,8		27/07/77			191,80									CE-200		Ki
PAIVA	102	☼	Mucuíba	João Lisboa/MA	FSESP	246200	9398600		06/83	21/07/88	382,00			6	0,22					MB SUB	50,00	CE-300	PAIVA	TRs
CAEMA	103	☼	Mucuíba P–I	João Lisboa/MA	CAEMA	246200	9398600	166,5	1972	21/07/88	147,00	0,00	166,50	6	0,60					S/E	10,00	CE-270	CONESP	Ki
CAEMA	104	☼	Sede P–III	João Lisboa/MA	CAEMA	233200	9397800	160,2		21/07/88	15,00	1,50	145,20	6	0,42	5,80	4,30	6,00	1,395	S/E			CAEMA	Qal
CAEMA	105	☼	Sede P–IV	João Lisboa/MA	CAEMA	233200	9397800			21/07/88	15,00	2,50		6	0,36	5,80	3,30	6,80	2,060	S/E			CAEMA	Qal
CAEMA	106	☼	Sede P–V	João Lisboa/MA	CAEMA	233200	9397800			21/07/88	15,00	2,40		6	0,52	6,00	3,60	6,00	1,666	S/E			CAEMA	Qal
CAEMA	107	☼	Sede P–VI	João Lisboa/MA	CAEMA	233200	9397800			21/07/88	60,00	3,90		8	0,38	18,00	14,10	3,60	0,255	S/E			CAEMA	Ki
CAEMA	108	☼	Sede P–VII	João Lisboa/MA	CAEMA	233200	9397800		1986	23/07/88	430,00	52,00		8	0,40	52,00		18,00	18.000	MB SUB	200,00	157	PAIVA	TRs
210.07	109	○	Tanque	João Lisboa/MA	Canário	272800	9381800	244,4		27/07/77	2,26	1,00	243,40	25	0,35					SAR		CE-115		Ki
211.07	110	○	Varjão	João Lisboa/MA	Brígido P. da Silva	259600	9380600	212,6	1967	27/07/77	4,00	2,44	210,16	32	0,32					SAR		188		Ki
212.07	111	○	Verjão	João Lisboa/MA	Justino F. Macedo	259600	9380600	211,8		27/07/77	6,00	2,30	209,50	25	0,43					SAR		466		Ki
PAIVA	112	☼	Água Boa	Montes Altos/MA	Prefeitura	296800	9348000		1982	27/07/88	36,00	23,00		6	0,63	27,00	4,00	8,00	2,000	S/E	60,00		PAIVA	Jc
PAIVA	113	☼	Aldeia São José	Montes Altos/MA	FUNAI	286200	9348800		1977	26/07/88	50,00	8,00		4	0,60	20,00	12,00	6,00	0,500	MB COMP	8,00	CE-14	PAIVA	Jc
235.07	114	○	Bom Jesus	Montes Altos/MA	Silveira P. Nunes	279600	9350200	240,0		18/09/77	1,00	0,50	239,50	40						S/E		CE-620		Kg
236.07	115	○	Canaveral	Montes Altos/MA	Natanael S. Araújo	249000	9361200	192,9	1976	14/07/77	25,00	4,60	188,30	80	0,80					SAR		CE-38		Jc
PAIVA	116	☼	Faz. Boa Esperança	Montes Altos/MA	Gilberto Reis	243800	9366800		1983	25/09/88	250,00	5,00		6	0,48	10,00	5,00	2,00	0,400	MB SUB	5,00	19	PAIVA	TrJm
237.07	117	○	Hotel Planaltos – Sede	Montes Altos/MA	José de Souza	271400	9355000	253,8		12/07/77	9,50	7,10	246,70	40	0,48					SAR		CE-650		Ki
238.07	118	☌	Imbaúba	Montes Altos/MA	Leodina M. Bandeira	270800	9347400	211,6		18/09/77			211,60									CE-142		Jc
239.07	119	○	Mariana	Montes Altos/MA	Júnior	239600	9352000	195,8	1976	13/07/77	10,50	9,00	186,80	44	0,42					SAR		CE-325		Jc
240.07	120	○	Quiosque	Montes Altos/MA	Prefeitura	295000	9349200	331,0	1971	18/09/77	11,30	10,30	320,70							SAR		CE-80		Ki
241.07	121	☌	Santo Estevão	Montes Altos/MA	Raimundo Souza	283400	9373400	398,5		12/07/77			298,50									CE-15		Ki
242.07	122	○	São Domingos	Montes Altos/MA	Alfredo Santos	236800	9337000	190,8	1973	13/07/77	8,00	6,30	184,50	40	0,65					B.M.		CE-145		Kg
243.07	123	☌	São Salvador	Montes Altos/MA	Maria Bandeira	276800	9358600	237,3		12/07/77			237,30									14		Ki
PAIVA	124	☼	Sede	Montes Altos/MA	Hospital	271400	9355000		1984	26/09/88	50,00	5,00		6	0,33	15,00	10,00	8,00	0.800	MB COMP	10,00	CE-45	PAIVA	Jc
CAEMA	125	☼	Sede P–I	Montes Altos/MA	CAEMA	271400	9355000	243,7	03/03/72	26/07/88	70,00	1,30	242.40	6	0,50	18,30	17,00	14,40	0,847	S/E			CAEMA	Ki
CAEMA	126	☼	Sede P–II	Montes Altos/MA	CAEMA	271400	9355000	244,6	29/05/76	26/07/88	67,00	2,20	242,40	6	0,05	9,05	6,85	25,70	3,751	MB SUB	30,00	CE-65	CAEMA	Jc
CAEMA	127	☼	Sede P–IIA	Montes Altos/MA	CAEMA	271400	9355000		1985	26/07/88	50,00	10,20		6		15,30	5,10	16,00	3,137	MB SUB	30,00	CE-65	CAEMA	Jc
CAEMA	128	☼	Sede P–III	Montes Altos/MA	CAEMA	271400	9355000		1985	26/07/88	37,00	5,85		6	11,40	1,40	5,55	12,00	2,162	MB SUB	30,00	CE-80	CAEMA	Jc
244.07	129	☌	Sucuruiu	Montes Altos/MA	Adelson Silva	267000	9338200	200,2		12/07/77			200,20									CE-160		Jc
PAIVA	130	☼	Sumaúma	Montes Altos/MA	Sec. Irrigação	236400	9343800		1988	25/09/88	36,00	5,00		6	0,50	8,00	3,00	12,00	4,000	MB COMP	3,00	32	PAIVA	Jc
246,07	131	○	Sumaúma	Montes Altos/MA	Salomão Chaves	236400	9343800	186,3		13/07/77	5,00	4,10	182,20	40						SAR		CE-110		Kg
247,07	132	○	Sumaúma	Montes Altos/MA	Severino M. da Silva	236400	9343800	173,7	11/76	13/07/77	3,00	1,00	172,70	24	0,33					B.M.		CE-220		Kg
282.07	133	☌	Bananeira	Sítio Novo/MA	Odina Macambira	313600	9357400	225,9		18/09/77			225,90									CE-49		Kc

TABELA II.4.1 (continuação)

FONTE	Nº		LOCALIZAÇÃO						DATA		CARACTERÍSTICAS DO POÇO									EQUIPAMENTO		Resíduo Seco	Órgão Executor	Aqüífero Captado
			Local	Município/Estado	Proprietário	Coordenadas X (UTM-km)	Y (UTM-km)	Z (m)	Perfuração	Coleta	Prof. (m)	Prof. NE (m)	Cota NE (m)	BOCA ∅	BOCA h (m)	ND (m)	Rebaixamento (m)	Vazão (m^3/h)	Vazão Específica (m^3/h/m)	Unidade de Bombeamento	Reservatório (m^3)	(mg/l)		
283.07	134	♂	Campo Grande	Sítio Novo/MA	Canuto	328600	9349000	222,5		17/09/77			222,50									CE-350		Kc
285.07	135	○	Para Sempre	Sítio Novo/MA	Antônio S. Carvalho	317000	9342200	284,9	09/70	17/09/77	4,20	3,70	281,20	60						SAR		CE-850		Ki
288.07	136	♂	Santa Rita	Sítio Novo/MA	José S. dos Santos	309000	9353000	256,6		19/09/77			256,00							D/P		CE-59		Kc
PAIVA	137	⊹	Sede	Sítio Novo/MA	CEMAR	312000	9350000		1977	26/07/88	70,00	18,00		4	0,48	25,00	7,00	8,00	1,142	MB SUB	15,00	CE-42	PAIVA	Jc
FSESP	138	⊹	Sede	Sítio Novo/MA	FSESP	312000	9350000		1976	26/07/88	65,00	29,00		6	0,50	41,00	12,00	17,00	1,416	MB SUB	100,00	5	FSESP	Jc
FSESP	139	⊹	Sede	Sítio Novo/MA	FSESP	312000	9350000		1985	26/07/88	65,00	29,00		6	0,10	41,00	12,00	17,00	1,416	MB SUB	100,00	CE-11	FSESP	
289.07	140	♂	Sede	Sítio Novo/MA	Prefeitura Municipal	312000	9350000	267,0		20/09/77			267,00							Pub		CE-490		Kc
291.07	141	○	Sede	Sítio Novo/MA	Vermina P. dos Santos	312000	9350000	282,7	13/03/61	20/09/77	12,33	11,55	271,15	32	0,70							466		Kc
001.07	142	○	Amazônica	Araguatins/TO	Clodionor F. Farias	176000	9342600	200,9	1975	28/09/77	9,23	9,12	191,78	40	0,47					S/E		CE-148		Kg
002.07	143	♂	Caicara	Araguatins/TO	Jordelino	172400	9349800	201,6		29/09/77	0,20	0,20	201,40	40						S/E		CE-159		Kg
003.07	144	♂	Caracol	Araguatins/TO	Alexandre L. Santos	180600	9367200	211,8		24/09/77			211,80							S/E		CE-200		Ki
005.07	145	♂	São Pedro	Araguatins/TO	CERES	172600	9363200	168,7		24/09/77			168,70							S/E		CE-10		Ki
015.07	146	○	Bine	Augustinópolis/TO	Bine	175800	9404000	115,8		25/09/77	5,35	4,00	111,80							S/E		CE-92		Ki
014.07	147	○	Boa Esperança	Augustinópolis/TO	Florenço G. de Sal	182400	9393600	132,3	08/76	25/09/77	3,22	2,92	129,38									CE-54		Ki
016.07	148	○	Dez	Augustinópolis/TO	Benedito C. Francisco	175800	9397200	127,9	1985	25/09/77	2,75	2,15	125,75	60	0,70					S/E		CE-118		Ki
004.07	149	○	Jatobá	Augustinópolis/TO	Lídia Matos Santos	207400	9397000		1969	24/09/77	1,20	0,70		100						SAR		CE-35		Ki
017.07	150	♂	Quinze	Augustinópolis/TO	Desconhecido	171400	9397900	143,5		25/09/77			143,50									CE-212		Kc
018.07	151	○	Sampaio	Augustinópolis/TO	Paróquia	181600	9409800	102,5	1976	25/09/77	10,80	10,00	92,40	51	0,70					SAR		CE-345		Ki
019.07	152	○	Sampaio	Augustinópolis/TO	Antônio S. Saraiva	181600	9409800	102,4	10/72	25/09/77	10,80	9,30	93,10	40						M.B.		CE-308		Ki
Saneago	153	⊹	Sede P–1	Augustinópolis/TO	Saneago	180200	9395000		02/81	21/07/88	80,00	9,00		6	0,55	55,00	46,00	5,00	0,109	S/E	100,00		PLANENGE	Kc
Saneago	154	⊹	Sede P–2	Augustinópolis/TO	Saneago	180200	9395000		04/81	21/07/88	100,00	10,00		6	0,40	81,00	71,00	0,50	0,007	S/E	100,00		PLANENGE	Kc
Saneago	155	⊹	Sede P–3	Augustinópolis/TO	Saneago	180200	9395000		05/81	21/07/88	100,00	13,00		6	0,60	76,00	63,00	0,80	0,013	S/E	100,00		PLANENGE	Kc
Saneago	156	⊹	Sede P–4	Augustinópolis/TO	Saneago	180200	9395000		10/81	21/07/88	145,00	8,00		6	0,40	28,00	20,00	18,00	0,900	S/E	100,00		PLANENGE	Jc
Saneago	157	⊹	Sede P–5	Augustinópolis/TO	Saneago	180200	9395000		11/81	21/07/88	135,00	8,00		6	0,60	30,00	22,00	18,00	0,818	MB SUB	100,00	CE-70	PLANENGE	Jc
Saneago	158	⊹	Sede P–6	Augustinópolis/TO	Saneago	180200	9395000		11/81	21/07/88	115,00	1,00		6	0,40	50,00	49,00	7,00	0,140	MB SUB	100,00	CE-65	PLANENGE	Jc
Saneago	159	⊹	Sede P–7	Augustinópolis/TO	Saneago	180200	9395000		12/81	21/07/88	120,00	11,00		6	0,45	40,00	29,00	16,00	0,551	S/E	100,00		PLANENGE	Jc
Saneago	160	⊹	Sede P–8	Augustinópolis/TO	Saneago	180200	9395000		01/82	21/07/88	120,00	13,00		6	0,10	45,00	32,00	9,80	0,306	MB SUB	100,00	CE-70	PLANENGE	Jc
Saneago	161	⊹	Sede P–9	Augustinópolis/TO	Saneago	180200	9395000		02/82	21/07/88	140,00	15,00		6	0,64	45,00	30,00	16,00	0,333	MB SUB	100,00	CE-65	PLANENGE	Jc
Saneago	162	⊹	Sede P–10	Augustinópolis/TO	Saneago	180200	9395000		02/82	21/07/88	130,00	15,00		6	0,50	50,00	35,00	13,00	0,371	S/E	100,00		PLANENGE	Jc
Saneago	163	⊹	Sede P–11 (Ind. Babac)	Augustinópolis/TO	Saneago	180200	9395000		04/82	21/07/88	104,00			6	0,60	43,00	43,00	12,00	0,279				PLANENGE	Jc
Saneago	164	⊹	Sede P–12 (Ind. Babac)	Augustinópolis/TO	Saneago	180200	9395000		05/82	21/07/88	105,00	1,00		6	0,40	60,00	59,00	6,00	0,102				PLANENGE	Jc
006.07	165	○	Olho d'Água	Axixá de Goiás/TO	Antônio Salu	187200	9389400	251,4		25/09/77	2,60	2,10	249,30	51						S/E		CE-182		Ki
007.07	166	○	Sede	Axixá de Goiás/TO	Elza Alves de Souza	193600	9378600	202,0		26/09/77	5,51	5,27	196,73	40	0,35					SAR		CE-920		Ki
008.07	167	○	Sede	Axixá de Goiás/TO	Francisco C. Oliveira	193600	9378600	206,1	1967	26/09/77	7,73	7,50	198,60		0,50					M.B.	1,00	CE-600		Ki
FSESP	168	⊹	Sede PT–03	Axixá de Goiás/TO	FSESP	193600	9378600		08/84	21/07/88	243,00	33,85		6	0,53	46,65	12,80	14,40	1,125	MB SUB	227,00	CE-90	BAIANO	Jc
FSESP	169	⊹	Sede PT–04	Axixá de Goiás/TO	FSESP	193600	9378600		06/86	21/07/88	188,00	26,20		6	0,64	49,25	23,05	21,00	0,911	MB SUB	227,00	CE-85	BAIANO	Jc
PGC	170	⊹	Bela Vista	Itaguatins/TO	José Edilson	221200	9387400		1983	21/07/88	10,50	4,10		8	0,18					MB SUB	2,00	CE-38	MANUAL	Qal
009.07	171	○	Olho d'Água	Itaguatins/TO	Edvaldo A. Franco	217400	9370800	181,8	08/77	26/09/77	1,55	1,10	180,70	120						S/E		CE-177		Ki
010.07	172	○	São Francisco	Itaguatins/TO	Bonavenuto R. Paula	224400	9350400	141,6	1973	26/09/77	5,30	5,00	136,60	51						S/E		CE-271		Jc
013.07	173	⊹	Sede	Itaguatins/TO	FSESP	225400	9361400	126,3	1982	25/07/88	140,00	26,00	101,91	6	0,33	45,00	19,00	10,80	0,568	MB SUB	100,00	CE-330	PLANENGE	Ki
011.07	174	○	Sede	Itaguatins/TO	Antônio A. Chaves	225400	9361400	112,8	02/10/73	26/09/77	6,24	5,84	106,96	60	0,66					SAR		CE-570		Qal
012.07	175	○	Sede	Itaguatins/TO	Ana Maria R. Araújo	225400	9361400	113,5	1950	26/09/77	11,78	10,98	102,52	48	1,02					M.B.	1,00	CE-720		Qal
PAIVA	176	⊹	Subest. Selgo	Itaguatins/TO	Selgo	316600	9387200		1986	25/07/88	100,00	10,00		4	0,34	60,00	50,00	4,00	0,080	MB SUB	2,00	CE-1300	PAIVA	Kc
020.07	177	○	Juverlândia	Sítio Novo/TO	Antônio	197200	9390000	170,6	1967	24/09/77	7,30	7,00	163,60	80						SAR		CE-35		Ki
021.07	178	○	P. Rafael	Sítio Novo/TO	P. Rafael	215000	9385200	156,5		25/09/77	4,70	4,00	152,00	80						SAR		CE-92		Ki
022.07	179	⊹	Sede	Sítio Novo/TO	FSESP	207600	9380200	176,5	07/76	21/07/88	120,00	33,00	143,50	6	0,26	52,00	19,00	6,50	0,342	MB	150,00	CE-670	PLANENGE	Ki
FSESP	180	⊹	Sede	Sítio Novo/TO	FSESP	207600	9380200		04/83	21/07/88	110,00	15,00		6	0,80	60,00	45,00	6,00	0,133	S/E	150,00		PLANENGE	Ki

TABELA II.4.1 (continuação)

FONTE	Nº		LOCALIZAÇÃO						DATA		CARACTERÍSTICAS DO POÇO									EQUIPAMENTO		Resíduo Seco	Órgão Executor	Aqüífero Captado
			Local	Município/Estado	Proprietário	Coordenadas X (UTM-km)	Y (UTM-km)	Z (m)	Perfuração	Coleta	Prof. (m)	Prof. NE (m)	Cota NE (m)	BOCA Ø	BOCA h (m)	ND (m)	Rebaixamento (m)	Vazão (m³/h)	Vazão Específica (m³/h/m)	Unidade de Bombeamento	Reservatório (m³)			
023.07	181	○	Sede	Sítio Novo/TO	João P. da Rocha	207600	9380200	171,1		26/09/77	2,00	1,00	170,01	40	0,30					S/E		CE-125		KI
024.07	182	○	Sede	Sítio Novo/TO	Irã M. Milhomem	207600	9380200	201,6	1976	26/09/77	16,50	15,50	186,10	120						M.B.	0,50	CE-470		KI
025.07	183	○	Taúba	Sítio Novo/TO	José Mineiro	202800	9391400	156,8		26/09/77	2,30	2,00	154,80	48						S/E		CE-102		KI
026.07	184	♂	Maurilândia	Tocantinópolis/TO	Antonio A. da Silva	223800	9341400	149,1		26/09/77	0,40	0,20	148,90	53						S/E		CE-42		Jc

os meses do ano encontram-se em níveis superiores a 20°C. Os dados fornecidos pela estação meteorológica de Imperatriz indica uma temperatura média anual da ordem de 24,8°C.

4.3.3 Umidade relativa, insolação e vento

De acordo com Soares Filho (1979) e Araújo (1979) os dados meteorológicos da estação de Imperatriz, complementados com os das estações de Barra do Corda, Grajaú, Balsas e Carolina, circunvizinhas a esta folha, indicam que:

a) a média da umidade relativa do ar para a região situa-se no intervalo de 75,5% a 80,1%. O valor médio máximo é da ordem de 90% correspondente ao mês de março, enquanto o mínimo é de 61% para o mês de setembro;

b) insolação é a quantidade de raios solares que atinge a superfície terrestre. A média anual verificada para a região é da ordem de 2.017h Observa-se, entretanto que as maiores médias mensais correspondem aos meses de maio a agosto, com pico máximo de 280h e as menores situam-se nos meses de fevereiro a abril com valores de 105 a 150h.

c) os ventos que sopram nessa região apresentam predominantemente direções NE e SE, de acordo com dados das estações anteriormente citadas. As velocidades médias conhecidas indicam tratar-se, segundo a escala Beaufort, de ventos denominados de aragem a brisa leve.

4.3.4 Pluviometria

Na área da Folha Imperatriz (SB.23-V-C) foram identificadas junto à CPRM e SUDENE leituras em 5 estações, conforme tabela II.4.2, de precipitações médias mensais e total médio anual.

As referidas estações encontram-se plotadas em mapa na escala de 1:1.000.000 (figura II.4.1). O período de observação disponível é bastante reduzido para que se faça um conceito definitivo da área; entretanto os dados servirão como ponto de partida para sua avaliação, além do que, essa região não é dominada por longos períodos de estiagens, razão pela qual não é enquadrada na zona do polígono das secas, que caracteriza o nordeste brasileiro.

A partir dos dados constantes na tabela mencionada, elaborou-se o gráfico de precipitações médias mensais (figura II.4.2), onde se verificam os padrões de distribuições de médias mensais das chuvas.

O resultado analítico dos dados pluviométricos mencionados indica que para a área em questão a pluviometria média anual varia da ordem de 1.286mm para a estação de Amarante do Maranhão (1) a 1.454mm para a estação de Montes Altos (4).

Em todas as estações o período chuvoso encontra-se com pico máximo situado entre os meses de fevereiro a abril, e a mesma homogeneidade ocorre com o período seco, que se situa no período de junho a agosto.

A partir das presentes considerações elaborou-se a tabela II.4.3, onde foram plotados os percentuais precipitados para cada mês considerado como chuvoso ou seco. Verificou-se que nos três meses que apresentam-se como chuvosos, a precipitação média do período encontra-se sempre acima de 50% da precipitação anual, enquanto o período considerado como seco apresenta valor médio máximo da ordem de 3,32%, exceção à estação de Montes Altos (04) onde o período chuvoso é menos intenso e o período seco apresenta maior precipitação, cerca de 8,8% do total anual.

4.3.5 Evaporação e evapotranspiração

A evaporação, assim como as demais observações climáticas, tem as considerações aqui expressas resultantes de estudos da área da folha, complementados com observações em áreas circunvizinhas realizadas por Soares Filho (1979) e Araújo (1979), os quais verificaram que a evaporação é relativamente alta. De junho a setembro ocorrem os picos máximos, com valores de 110 a 240mm médios mensais e de janeiro a abril os picos mínimos, com valores de 53 a 71mm médios mensais.

A evapotranspiração se constitui como parâmetro de grande importância no estudo hidrogeológico de uma região, visto tratar-se da transferência de vapor de água da superfície terrestre para a atmosfera, proveniente da evaporação da água existente no solo e sobre a superfície, além

TABELA II.4.2
PRECIPITAÇÕES MÉDIAS MENSAIS E TOTAIS ANUAIS
FOLHA IMPERATRIZ – SB.23-V-C

ESTAÇÃO			PRECIPITAÇÃO (mm)													
			MÉDIA MENSAL												MÉDIA ANUAL	
Nº	CÓDIGO	LOCAL	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	PONDERADA	ARITMÉTICA
01	00546000	Amarante	167,9	244,9	220,7	180,7	59,5	12,8	6,9	7,3	33,7	63,2	114,1	147,4	1.286	1.259
02	00547005	Buritirana	185,5	209,8	312,8	230,8	40,2	26,8	2,2	14,6	44,6	38,8	83,3	126,0	1.315	1.315
03	00547001	Imperatriz	180,3	221,9	290,0	203,3	84,6	20,6	11,7	12,0	14,3	74,5	104,7	151,1	1.385	1.369
04	00547002	Montes Altos	205,7	221,6	216,5	160,6	97,6	60,7	35,2	36,0	65,4	68,7	164,7	167,0	1.454	1.500
05	00547005	Sítios Novos	191,2	208,3	298,8	208,6	61,9	13,7	1,8	6,7	41,5	84,6	76,9	118,3	1.312	1.312

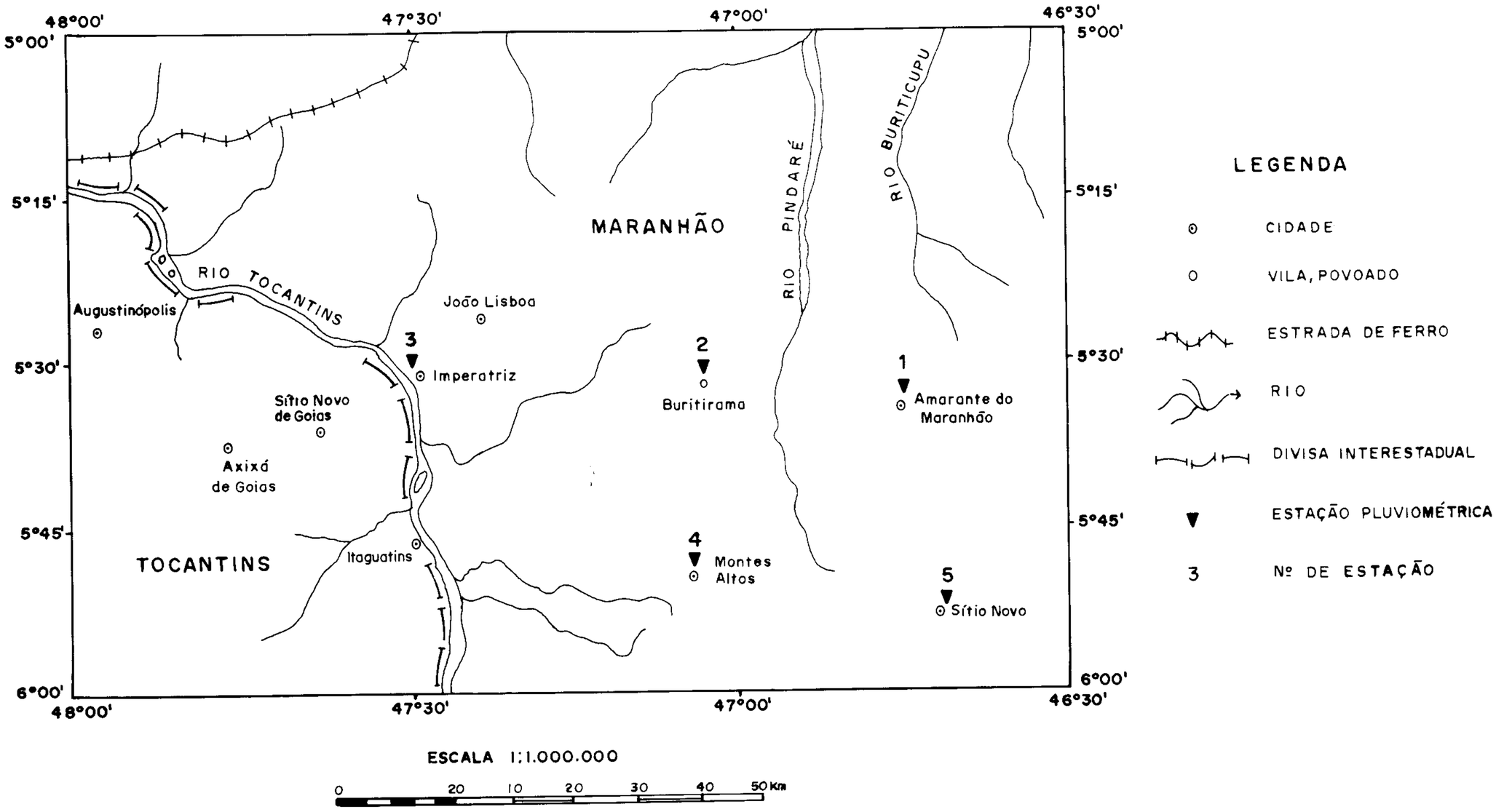
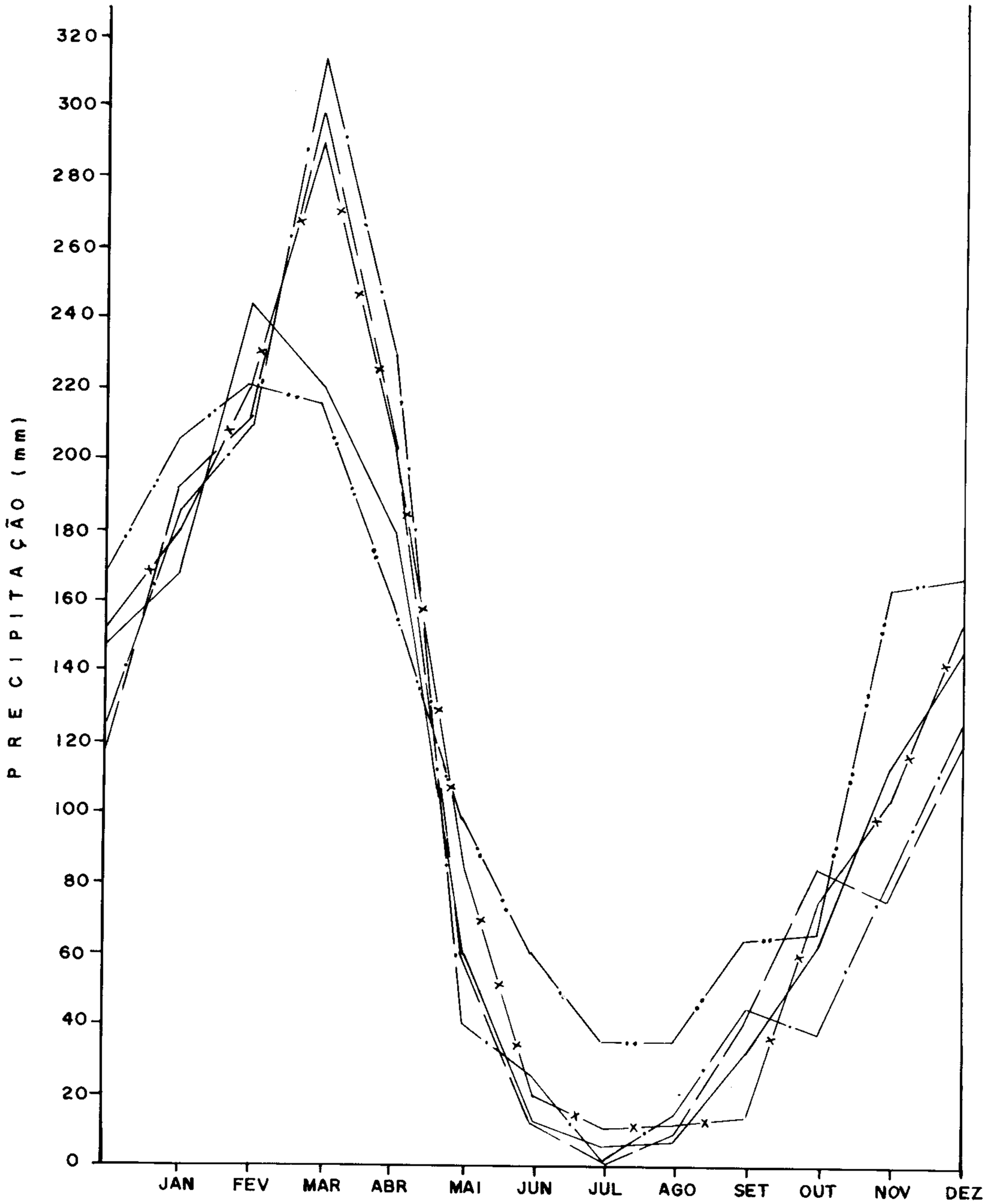


Figura II.4.1 – Mapa das Estações Pluviométricas.



CONVENÇÕES

Nº	SÍMBOLO	LOCALIDADE	PERÍODO	MÉDIA ANUAL (mm)
01	————	AMARANTE DO MA·	1965 - 1983	1·286
02	—x—x—	BURITIRANA	1982 - 1988	1·315
03	—·—·—	IMPERATRIZ	1965 - 1988	1·385
04	— — —	MONTES ALTOS	1965 - 1983	1·454
05	—··—··—	SÍTIO NOVO	1982 - 1988	1·312

Figura II.4.2 – Precipitações Médias Mensais.

TABELA II.4.3
DESTAQUE PERCENTUAL DE MAIOR PERÍODO CHUVOSO E SECO
FOLHA IMPERATRIZ – SB.23-V-C

ESTAÇÃO			PRECIPITAÇÃO % (mm)							
			PERÍODO CHUVOSO				PERÍODO SECO			
Nº	CÓDIGO	LOCAL	FEV	MAR	ABR	TOTAL	JUL	AGO	SET	TOTAL
01	00546000	Amarante	19,45	17,53	14,35	51,33	1,02	0,55	0,58	2,15
02	00547005	Buritirana	15,95	23,79	17,55	57,29	2,04	0,17	1,11	3,32
03	00547001	Imperatriz	16,21	21,18	14,85	52,24	1,50	0,85	0,85	3,20
04	00547002	Montes Altos	14,78	14,43	10,71	39,92	4,05	2,35	2,40	8,80
05	00547005	Sítios Novos	15,88	22,77	15,90	54,55	1,04	0,14	0,51	1,69

da transpiração verificada atráves dos vegetais.

As estações consideradas indicam para a região que 78 a 86% dos totais precipitados se perdem por evapotranspiração, da ordem de 1.000 a 1.200mm anuais, enquanto que 14 a 22% correspondem às águas que se escoam em superfície; parte destas se infiltra para a alimentação dos aqüíferos.

4.4 Caracteríticas hidrogeológicas

A área desta folha é constituída em sua quase totalidade por rochas sedimentares, à exceção apenas dos derrames basálticos, verificando-se, portanto, um sistema de aqüíferos sobrepostos, onde as condições hidrogeológicas dominantes são apresentadas pelos sedimentos aflorantes e subaflorantes, que como reservatórios de águas subterrâneas, são satisfatórios para pequenos e médios empreendimentos.

Hidrogeologicamente a área necessita de maiores estudos a respeito de sua potencialidade aqüífera; entretanto, ocorrem em subsuperfície sob toda a extensão da folha, conforme atestam os mapas de isópacas efetuados por Caputo (1984), os sistemas aqüíferos Sambaíba e Poti-Piauí, que definitivamente se constituem nas opções mais seguras como portadores de águas subterrâneas e viáveis para empreendimentos de grandes portes.

O conhecimento das unidades estratigráficas aflorantes nesta folha, em conjunto com os dados hidrogeológicos disponíveis permite inferir que:

- a Formação Codó e os derrames basálticos constituem-se de fracas condições hidrogeológicas para o armazenamento de águas subterrâneas;
- as formações Itapecuru, Grajaú, Corda e Sambaíba representam para essa área as principais fontes de captação imediata de água subterrânea;
- também de boas perspectivas as aluviões que margeiam o rio Tocantins e;
- de fraquíssima potencialidade a nula as coberturas situadas em platôs e que capeiam as unidades aflorantes.

A partir dos conhecimentos adquiridos, elaborou-se a tabela II.4.4, onde estão representadas, resumidamente, as características hidrogeológicas das diversas unidades aflo-

TABELA II.4.4
CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS DOS AQÜÍFEROS

PERÍODO	FORMAÇÃO	ESPESSURA	LITOLOGIA	CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS
QUATERNÁRIO	ALUVIÕES	15	Siltes, areias e cascalhos.	Boas perspectivas hidrogeológicas para baterias de poços rasos, visto altas condições de recargas provenientes dos cursos d'água que as drenam.
TERCIÁRIO	COBERTURAS	15	Arenitos grosseiros e conglomerados.	Imprópria para captação de águas, visto constituírem platôs de elevado destaque topográfico.
CRETÁCEO	ITAPECURU	250	Arenitos, siltitos e argilitos.	Potencialidades hidrogeológicas fracas, devido principalmente a sua constituição litológica.
	CODÓ	20	Siltitos e folhelhos predominantes, intercalações de arenitos e calcários.	Baixa potencialidade para captação de águas subterrâneas.
	GRAJAÚ	35	Arenito médio, folhelho e sílex.	Potencialidade fraca a média, satisfatória para poços rasos.
JURÁSSICO	CORDA	40	Arenitos finos a médios, argilosos, níveis de siltitos e folhelhos.	De potencialidade média, satisfatória para vazões inferiores a $30m^3$
	MOSQUITO	175	Basalto.	Permeabilidades ocasionais de fraturas, não recomendado para captação de água subterrânea.
TRIÁSSICO	SAMBAÍBA	70	Arenitos finos a médios, com películas de argilas,	É considerado apenas em subsuperfície. Potencialidade mais promissora dentre as unidades mesozóicas.
CARBONÍFERO	PIAUÍ	250	Arenitos finos a médios, intercalações de siltitos e folhelhos, conglomerados.	Ocorre apenas em subsuperfície. Forma sistema de potencialidade elevada no âmbito da bacia do Parnaíba. Opçãopara captação profunda >1.000m.
	POTI	160		

rantes e as de superfície que podem ser utilizadas para captação de água subterrânea.

Com base no critério exposto, foi possível a elaboração da Carta de Zoneamento Hidrogeológico, onde se encontram representadas três zonas para a captação de água subterrânea.

Zona 1: de captação profunda prevista para poços até 1.200m, quando deverão ser explotados os aqüíferos Sambaíba (350m), e Poti-Piaui (1.000m), de características litológicas essencialmente arenosas e vastas áreas de recarga em suas zonas de afloramentos, fora dos limites da folha em estudo, com indicação de vazão acima de 200m^3/h; recomendada para empreendimento de grande porte populacional, industrial ou de irrigação.

Zona 2: de captação dos aqüíferos aflorantes e subaflorantes. Constitui-se de aqüíferos livres a subconfinados, satisfatórios para pequenos implementos com poços até 250m e com vazões inferiores a 30 m^3/h; recomendada para abastecimento urbano, pequena irrigação, pequena e média indústria, pecuária, hospitais, postos de gasolina, hotéis, fazendas, escolas, residências, chafarizes públicos, etc.

Zona 3: área restrita representada por platôs constituidos por coberturas detríticas e lateríticas, onde não é recomendada a implantação de empreendimentos com vista à captação de água subterrânea, embora em subsuperfície ocorram os aqüíferos que caracterizam as zonas 1 e 2. Aqui as condições superficiais se impõem com maior rigor.

É muito reduzido o número de poços perfurados e inexiste um estudo de suas características hidrodinâmicas. Tem-se apenas poços que visam à captação para o abastecimento de sedes municipais, pelo sistema de bateria, ou para o atendimento a particulares.

Com base no cadastro de pontos d'água foi elaborada a tabela II.4.5, onde se encontram representados os valores médios, máximos e mínimos, das principais características dos poços tubulares e manuais perfurados na Folha Imperatriz (SB-23-V-C). Pelo exposto, verifica-se que o valor máximo de vazão encontra-se bastante superior aos níveis até bem pouco tempo definidos para a região, tendo em vista a entrada em explotação do aqüífero Sambaíba, na região da cidade de Imperatriz.

O esboço piezométrico da área, segundo Soares Filho (1979) (figura II.4.3), elaborado para os sistemas aqüíferos aflorantes, indica uma direção geral de escoamento natural para o vale do Tocantins.

As unidades aflorantes ou de ocorrência apenas em subsuperfície, consideradas como zonas produtoras de água subterrânea ou que poderão vir a ser utilizados, serão tratados a seguir.

4.4.1 Sistema aqüífero Poti-Piauí

As unidades geológicas que o constituem ocorrem sob toda porção territorial da área em estudo, com espessuras médias respectivamente da ordem de 160 e 250m, o que constitui uma camada sedimentar considerável, com aproximadamente 410m.

A sua ocorrência verifica-se a uma profundidade média em torno de 1.000m, segundo atesta furo realizado pela Petrobrás na cidade de Imperatriz (1961) e o mapa de tendência do contorno estrutural do topo do aqüífero Piauí (figura II.4.4), elaborado a partir dos mapas de isópacas das unidades sobrepostas constantes no trabalho de Caputo (1984).

O aqüífero Poti é tratado no âmbito da bacia do Parnaiba, como de características hidrogeológicas boas e de potencialidade elevada, o que, juntamente com o aqüífero Piauí, de conceitos semelhantes, vem representar provavelmente uma opção de captação de água subterrânea, quando a demanda busque altas vazões, isto é, destinadas a grandes empreendimentos industriais ou de irrigação para grandes áreas.

As características hidrodinâmicas conhecidas para o aqüífero Poti na região de Balsas, sudoeste desta área, são as seguintes:

$T = 3{,}5 \times 10^{(-3)}$ m^2/s
$K = 6{,}3 \times 10^{(-6)}$ m/s
$S = 9{,}29 \times 10^{(-4)}$

Para o aqüífero Piauí foram consideradas os mesmos valores, face a estreita similaridade que guardam entre si.

TABELA II.4.5

DEMONSTRATIVO DAS CARACTERÍSTICAS DOS POÇOS TUBULARES E MANUAIS

CARACTERÍSTICA / MANANCIAL		PROF. (m)	NE (m)	ND (m)	REB (m)	VAZÃO (m^3/h)	VAZÃO ESPECÍFICA (m^3/h/m)	RESÍDUO SECO (mg/l)	COND. ELÉTRICA (μmho/cm)	PH
POÇO TUBULAR	MÉDIA	176	16,80	40	20,89	19,30	1,824	161	248	7,43
	MÁXIMO	430	100	130	71	225	30	295	1.300	9,70
	MÍNIMO	10,5	0,0	4,80	0,0	0,50	0,007	5	10	4,15
POÇO MANUAL	MÉDIA	6,44	4,89	-	-	-	-	292	280	8,65
	MÁXIMO	25	15,50	-	-	-	-	466	1.150	9,45
	MÍNIMO	0,90	0,50	-	-	-	-	49	10	7,20

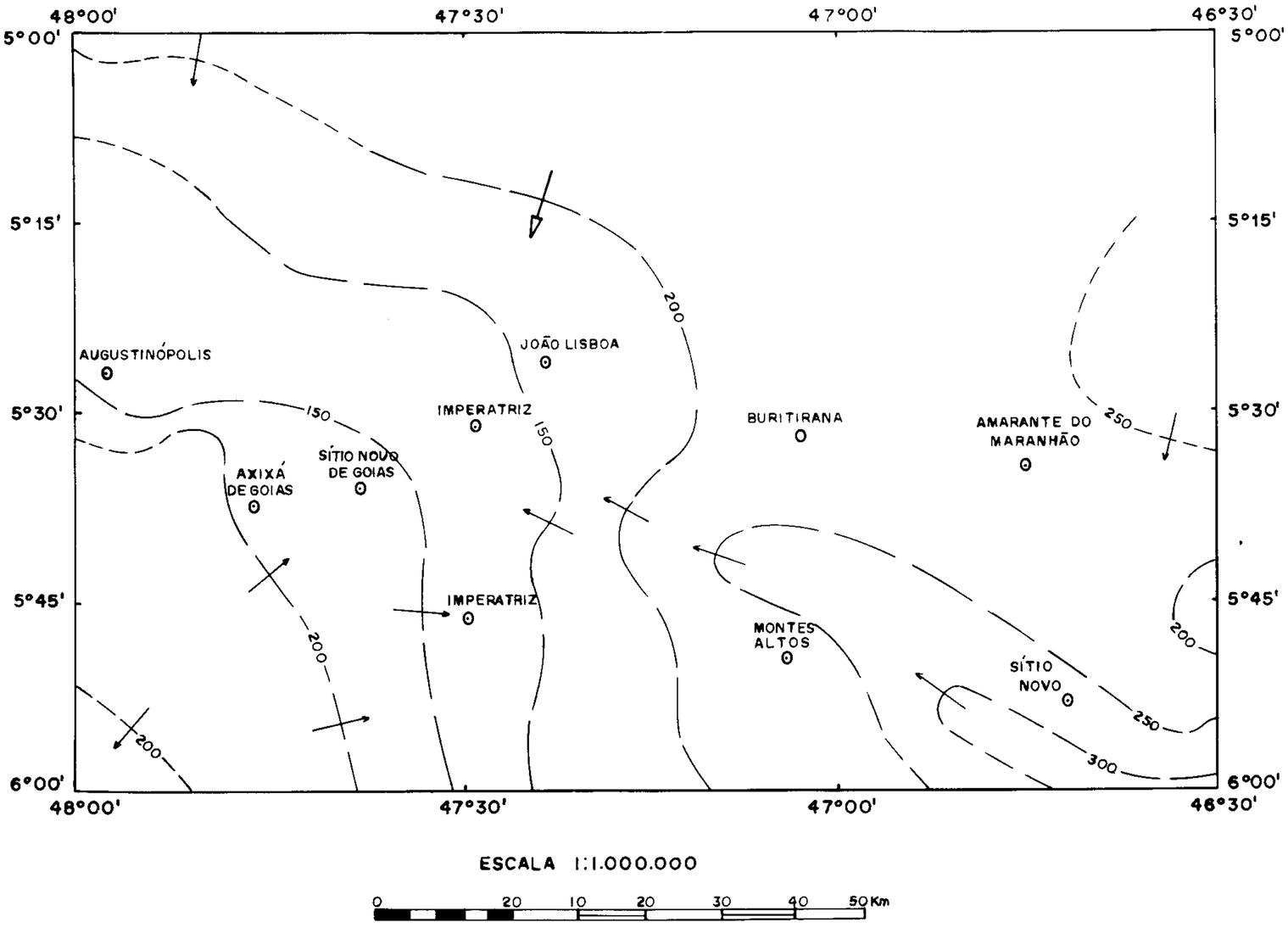


Figura II.4.3 – Esboço Piezométrico.

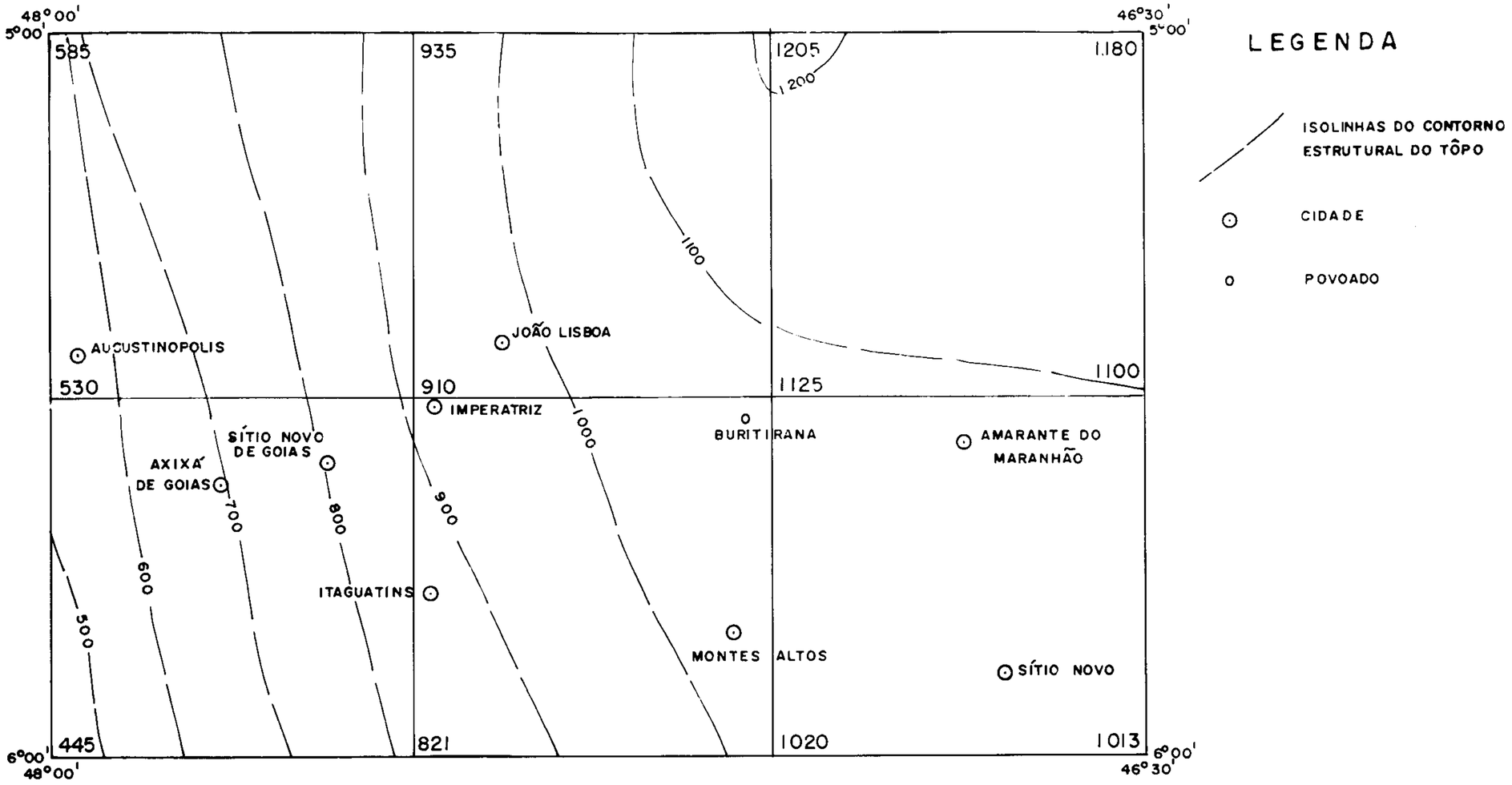


Figura II.4.4 – Mapa de Tendência do Contorno Estrutural do Topo do Aqüífero Piauí.

4.4.2 Aqüífero Sambaíba

Hidrogeologicamente, e à luz dos conhecimentos disponíveis, a Formação Sambaíba caracteriza-se como a unidade geológica mesozóica mais promissora à explotação de água subterrânea, no âmbito da folha e da bacia do Parnaíba.

Esta formação aflora na área em pauta apenas em porção reduzida em seu extremo-sudoeste; contudo, evidências de sua continuidade em subsuperfície, com caimento rumo ao centro da bacia, são destacadas em vários trabalhos executados em terrenos circunvizinhos, e confirmadas em furo realizado pela Petrobrás na cidade de Imperatriz, cujo topo ocorre a uma profundidade média superior a 300m, conforme atesta o mapa de tendência do contorno estrutural do topo do aqüífero Sambaíba (figura II.4.5), elaborado a partir dos mapas de isópacas das unidades sobrepostas constantes no trabalho de Caputo (1984).

A sua espessura é da ordem de 300m. Tais fatos indicam provavelmente uma espessura maior para norte.

A unidade é constituída, predominantemente, por arenitos róseos a esbranquiçados, finos a médios, bem selecionados, grãos subangulosos a arredondados, que somados às amplas áreas de exposições, ao sul dos limites da folha, vêm sugerir boas perspectivas como aqüífero para as áreas em que seja captado em subsuperfície, haja vista que apresenta, também, uma ampla zona de recarga fluvipluviométrica, além de possuir boa porosidade e razoável permeabilidade.

A comprovação de boas perspectivas como zona armazenadora de água subterrânea para esse aqüífero em subsuperfície, vem sendo atualmente comprovada na cidade de Imperatriz e arredores, onde a firma Paiva – Poços Artesianos, sediada naquela cidade, está executando poços com profundidades superiores a 350m, buscando exclusivamente a captação nessa formação.

Com a explotação do aqüífero Sambaíba adquiriu-se uma nova conceituação de potencialidade hidrogeológica para a área, haja vista os bons resultados encontrados, como atestam os pontos: 51, 52, 69, 83, 90 e 91, todos com vazões superiores a $100m^3/h$ e atingindo valor de $225m^3/h$; e com vazão específica da ordem de $9m^3/h/m$, alcançando um valor extremo de $30m^3/h/m$.

O rebaixamento médio para os poços considerados é da ordem de 28m, o que corresponde a menos de 8% da coluna de bombeamento do poço, sendo portanto muito provável um aumento de capacidade produtora do aqüífero a partir do uso de equipamentos mais adequados para tal.

O nível estático médio é da ordem de 18m, o máximo de 52 e o mínimo associado a jorro, haja vista que esse aqüífero encontra-se confinado pelos derrames basálticos sobrepostos (Formação Mosquito), que fazem, em certos casos, com que poços perfurados nessa área, que busquem este depósito de água subterrânea, apresentem-se como surgentes, como por exemplo, o ponto 069.

A recarga desse aqüífero ocorre principalmente em suas zonas de afloramento fora da área em estudo, através da infiltração direta das preciptações pluviométricas e pelos cursos d'água que o drenam.

A sua alimentação é dificultada em subsuperfície pelos derrames basálticos que o sobrepõem, dificultando e mesmo impedindo, em certos casos, a infiltração vertical descendente através das unidades sobrepostas.

A Cia. de Águas e Esgotos do Maranhão – CAEMA e outras empresas de grande porte, hoje operando em Imperatriz, que necessitam de elevados volumes de águas para suprirem suas necessidades, vêm buscando exclusivamente esse aqüífero.

4.4.3 Aqüífero Corda

Os sedimentos constituintes desse sistema afloram na porção sul-sudoeste da folha em questão e ocorrem em subsuperfície em toda a área, extrapolando os seus limites, fora da área, conforme atestam furos estratigráficos realizados pela Petrobrás em áreas circunvizinhas. A sua espessura conhecida é da ordem de 50m.

Litologicamente, esse sistema é constituído por arenitos finos a médios, amarronzados a arroxeados, argilosos, com ocasionais intercalações de níveis de siltitos e folhelhos avermelhados e esverdeados, o que o qualifica como de potencialidade fraca a média; entretanto, para a área em questão, a sua importância se faz destacar em suas zonas de afloramentos, ou próximas, quando se encontram sobrepostas pelas unidades Codó e base do Itapecuru, onde as profundidades previstas para poços são de até 200m.

Como as demais unidades mesozóicas da bacia do Parnaíba, de pouca tradição hidrogeológica, o aqüífero Corda carece de melhores conhecimentos em sua área aflorante e principalmente quando em subsuperfície, haja vista que os poços que o explotam são de interesses imediatos visando sempre a atender a pequenas comunidades, onde vazões reduzidas são satisfatórias. Acrescente-se o fato de que geralmente não obedecem aos critérios adequados de construção de poços e não são realizados testes de capacitação dos sistemas com conseqüente determinações de suas características hidrodinâmicas.

Tais características foram determinadas por Brito (1972), na cidade de Imperatriz-MA, com os seguintes valores:

$K = 5{,}0 \times 10^{(-5)}$ m/s
$T = 10{,}1 \times 10^{(-4)}$ m^2/s
$S = 2{,}8 \times 10^{(-2)}$

Elas serão consideradas como representativas para este aqüífero em toda a área da folha, em decorrência de serem as únicas determinações de ordem técnica de que se tem conhecimento.

O cadastro de pontos d'água identificou que 36% dos poços tubulares aqui inventariados captam água deste aqüífero, com um total de 40 poços tubulares.

O tratamento dos dados destss poços apresentam as seguintes características:

- a profundidade média é da ordem de 83,50m; máxima de 234m; e mínima de 36m.
- o nível estático, que representa a profundidade das águas

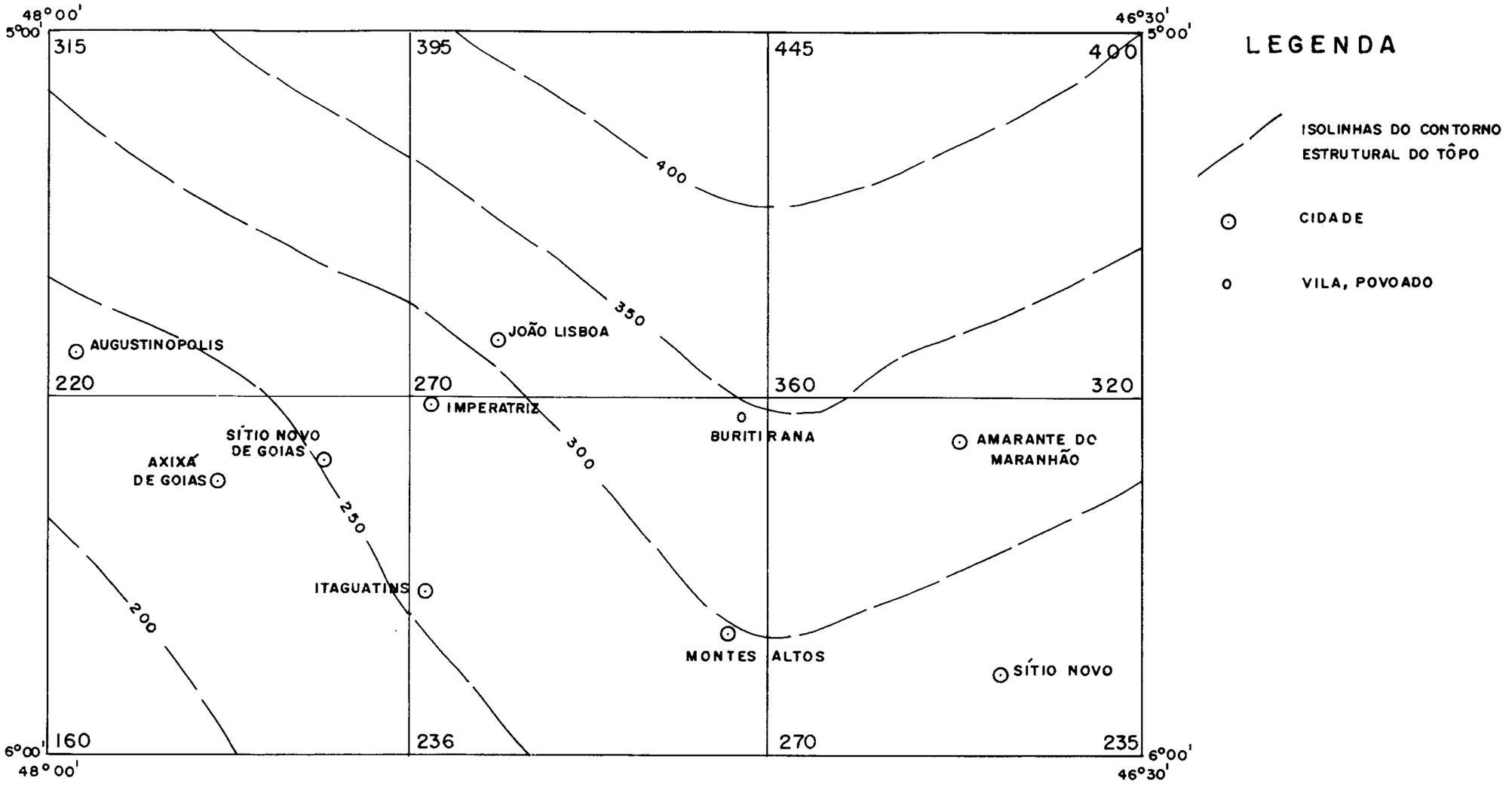


Figura II.4.5 – Mapa de Tendência do Contorno Estrutural do Topo do Aqüífero Sambaíba.

subterrâneas para o aqüífero considerado, apresenta-se bastante irregular, estando controlado, provavelmente, pelas condições topograficas locais. O nível médio é da ordem de 11,20m tendo o máximo de 33,85m e o mínimo de 1,00m.

- a vazão média de explotação do aqüífero, para os poços cadastrados, é da ordem de 13 m^3/h, em face do equipamento de bombeamento utilizado, não sendo portanto indicativa da real capacidade do sistema; o rebaixamento médio gira em torno de 15m, o que representa de 15 a 23% da coluna de bombeamento do poço, tendo-se portanto uma descarga artificial e não a sua real capacidade de produção.

A vazão específica para a unidade de captação apresenta respectivamente os seguintes valores médio, máximo e mínimo para os poços que explotam esse aqüífero: 1,477, 5,000 e 0,102.

A recarga desse aqüífero ocorre principalmente através da infiltração direta das águas pluviais que precipitam sobre sua superfície aflorante, pelos rios que banham seus estratos e pela infiltração descendente das unidades superiores.

4.4.4 Aqüífero Grajaú

Aflora descontinuamente em áreas restritas ao sul de Imperatriz e no extremo-sudeste da folha. Em subsuperfície ocorre em faixas isoladas interdigitadas com a Formação Codó. Litologicamente é constituída por arenitos esbranquiçados a creme, finos a médios, com níveis grosseiros a conglomeráticos. Apresenta espessura reduzida, da ordem de 35m.

Hidrogeologicamente suas características litológicas são representativas de bom aqüífero; entretanto, sua reduzida espessura, somada às restritas ocorrências, diminui em muito seu interesse para a captação de água subterrânea.

Seu potencial hidrogeológico é classificado como satisfatório para demanda de vazões inferiores a 30 m^3/h, através de captação de poços com menos de 50m.

4.4.5 Aqüífero Itapecuru

Os sedimentos que o constituem afloram continuamente em mais de 50% da folha, ocupando toda a porção setentrional, estendendo-se para sudeste e uma faixa a oeste no estado do Tocantins.

Litologicamente encontra-se formado preferencialmente por arenitos de coloração variada, avermelhados a claros, finos a muito finos, argilosos, porém apresentando níveis arenosos que justificam a perfuração de poços tubulares.

Hidrogeologicamente é classificado como de potencial fraco a médio, em função de suas características areno-argilosas, chegando mesmo a ser considerado por alguns autores como um aquitardo.

A sua recarga se faz principalmente através da infiltração direta das precipitações pluviométricas e pelos rios que o drenam. Em parte, a alimentação do aqüífero é dificultada pelos estratos pelíticos, os quais se constituem em verdadeiras barreiras semipermeáveis, fazendo com que o movimento descendente das águas seja inibido, provocando, assim, um aumento da vazão de escoamento natural.

Para a área aflorante, esse aqüífero representa a primeira opção de captação de água subterrânea, com vista ao atendimento de pequenas sedes municipais, vilas, fazendas, hospitais, pequena irrigação e pequena e média pecuária. Do total de pontos cadastrados para a folha, 34,23% dos poços tubulares explotam este aqüífero e apresentam os seguintes parâmetros:

- a profundidade média é da ordem de 145m, a máxima de 220m e a mínima de 33m;
- o nível estático médio é da ordem de 38m, o máximo de 100m e o mínimo de 1,40m. A elevada variação de nível estático é condicionada provavelmente por efeitos topográficos e de permeabilidade do aqüífero, sendo mais elevado o nível na porção norte da folha, onde a Formação Itapecuru apresenta-se mais espessa e com maior destaque altimétrico;
- a vazão média de teste é de 11 m3/h, a máxima 40 e a mínima de 2.
- a vazão específica média é da ordem de 0,788 m^3/h/m, verificando um valor máximo de 5,33 e um valor mínimo de 0,02.

O nível de variação de profundidade das águas (ND-NE), verificado para o sistema de captação utilizado na área, não chega a comprometer o abastecimento, visto que o rebaixamento médio é da ordem de 22m, o máximo de 64m e o mínimo de 3m, o que vem a corresponder de 9 a 32% da coluna de bombeamento do poço. Entretanto, as vazões esperadas para esse aqüífero não devem superar em muito os valores mencionados, considerando-se a sua própria constituição litológica, fator primordial na sua qualificação como zona armazenadora de água.

Apesar de conter níveis arenosos que justificam a perfuração de poços tubulares para o abastecimento de vilas e cidades, o uso desse aqüífero não é recomendado com segurança quando a demanda desejada for superior aos valores anteriormente citados.

4.4.6 Aluviões

Esses sedimentos quaternários ocorrem com grande destaque na planície fluvial dos rios Tocantins e Pindaré e são representadas litologicamente por siltes, areias e cascalhos.

No contexto da folha a sua presença é de grande importância hidrogeológica, pois por suas próprias características, já se constituem como bom reservatório de água subterrânea. Somado a isto, destaca-se sua proximidade da cidade de Imperatriz, além de alguns povoados e da BR-010 (Belém–Brasília), o que vem facilitar o acesso em caso de seu aproveitamento.

Os depósitos não foram ainda testados para grandes

demandas, entretanto, a cidade de João Lisboa, próxima a Imperatriz, até 1988 era abastecida, em sua quase totalidade, por esse tipo de manancial, com uma vazão de explotação da ordem de 18m^3/h, proveniente de uma bateria de 3 poços com profundidade máxima de 15m, plotada em depósito aluvial infinitamente inferior aos presentes nas planícies dos rios Tocantins e Pindaré.

Tais depósitos são, portanto, considerados como de boas perspectivas hidrogeológicas, previstas para poços rasos, até 15m, apresentando alta potencialidade para captação de água subterrânea, visto a sua grande possança, além de sua recarga favorecida pela elevada precipitação pluviométrica da região e a contribuição dos cursos d'água que os banham.

4.4.7 Poços manuais

Assim como em todas as regiões subdesenvolvidas os poços manuais são responsáveis por uma grande fatia do abastecimento dessa área, notadamente nas pequenas cidades e vilas.

Esse sistema de captação de água subterrânea rasa encontra-se distribuído nas diversas unidades litológicas presentes na área. Sua profundidade é bastante variável, como atesta o Catálogo de Inventário Hidrogeológico Básico (tabelas II.4.1 e II.4.5), a depender de suas conveniências de locação.

A profundidade média verificada para esta folha é da ordem de 6,44m, a máxima de 15m e a mínima de 0,90m. O nível da água é também bastante variável e está sempre relacionado com a situação topográfica do poço, a litologia presente e a estação climática do período da observação. A profundidade média verificada para o nível da água, para período seco (fase de cadastramento), foi da ordem de 4,89m, a máxima de 15,50m e a mínima de 0,50m.

4.5 Características Químicas das Águas

O estudo da caracterização química das águas, é necessário, tendo em vista que o tipo de água presente tem implicação direta quando de sua utilização prática na agricultura, pecuária e principalmente para o uso humano.

As considerações feitas neste trabalho dizem respeito às águas provenientes dos aqüíferos Sambaíba, Corda e Itapecuru, por constituírem-se nos mananciais de explotação subterrânea da folha.

O estudo hidroquímico para a caracterização das águas ora estudadas baseou-se em análises efetuadas pela Companhia de Águas e Esgotos do Maranhão – CAEMA, pelo Projeto Estudo Global dos Recursos Minerais da Bacia Sedimentar do Parnaíba – Subprojeto Hidrogeologia – Folha 7 e complementadas pelo Programa Grande Carajás, através do laboratório da Cia. de Água e Esgotos do Ceará – CAGECE.

Os resultados analíticos das águas aqui estudados permitiram as seguintes considerações:

Dureza: de acordo com a classificação de Klut Olszewski, as águas desta área são classificadas como muito moles a moles, visto que, a média de dureza é de 6,37° franceses e 76,19% apresentam valores abaixo de 12° franceses.

pH: o valor médio do pH é de 7,43, com valor mínimo de 4,15 e máximo de 9,70 e com maioria absoluta acima de 7,0, o que materializa um caráter ligeiramente alcalino.

Resíduo Seco: o resultado analítico indica um valor médio de 179 miligramas/litro, o que vem qualificar estas águas como de baixo grau de concentrações de sais. Foram encontrados os seguintes valores extremos: 5 e 466 miligramas/litro, considerados como extremanente baixo e baixo, respectivamente.

Condutividade Elétrica: os valores mencionados no catálogo foram determinados em campo, através de medições diretas com o condutivímetro e complementados com resultados laboratoriais. O valor médio é da ordem de 252 micromho/cm, o que vem confirmar o baixo grau de concentração de sais dissolvidos, ressaltado quando das determinações dos valores de resíduo seco. Entretanto, foram determinados índices extremos localizados de 10 e 1.150 micromho/cm, o que no caso da anomalia, a maior, não vem comprometer o caráter regional de baixa salinidade, haja vista que a condutividade é um dos parâmetros usados na classificação das águas para irrigação.

De posse dos resultados analíticos das águas, elaborou-se a tabela comparativa das características químicas para os diferentes mananciais utilizados (tabela II.4.6).

Verifica-se um comportamento irregular quanto à intensidade dos valores determinados para os aqüíferos Sambaiba Corda, Itapecuru e poços manuais (águas subterrâneas rasas).

Não há nenhuma identificação própria, característica de um manancial, devendo eles serem função direta dos tipos litológicos drenados e do tempo de contato com as rochas,

TABELA II.4.6
COMPARAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS
PARA OS DIFERENTES MANANCIAIS

PARÂMETRO		MANANCIAL			
		POÇO TUBULAR			POÇO MANUAL
		Trs	Jc	Ki	
Dureza oF	Médio	7,45	1,90	8,24	6,50
	Máximo	13,00	4,00	18,00	13,20
	Mínimo	1,90	0,60	0,60	2,60
pH	Médio	8,10	7,03	7,38	8,65
	Máximo	8,30	8,03	9,70	9,45
	Mínimo	7,90	5,84	4,15	7,20
Resíduo Seco (mg/l)	Médio	120,00	66,00	91,00	4,00
	Máximo	157,00	130,00	295,00	466,00
	Mínimo	82,00	5,00	35,00	49,00
Condutividade Elétrica (micromho/cm)	Médio	296,00	107,00	323,00	281,00
	Máximo	370,00	310,00	670,00	1.150,00
	Mínimo	115,00	10,00	30,00	10,00

Obs.:
Trs- Aqüífero Sambaíba Jc- Aqüífero Corda Ki- Aqüífero Itapecuru

haja vista que águas subterrâneas tendem a aumentar a concentração de sais dissolvidos à medida que os aqüíferos ficam mais profundos e a medida que aumenta a distância para as zonas de recargas.

4.5.1 Determinação das facies químicas

Para a classificação das águas, empregou-se o diagrama de Piper-Hill-Langelier, que define as diferentes classes e tipos predominantes de águas existentes nas áreas estudadas.

Para uma melhor caracterização as amostras foram agrupadas para a classificação das facies químicas, de acordo com o aqüífero captado, estando portanto individualizadas águas dos aqüíferos Sambaiba, Corda, Itapecuru e poços manuais (águas subsuperficiais rasas).

4.5.1.1 Aqüífero Sambaíba

As águas analisadas aqui consideradas, são provenientes de poços tubulares de profundidades superiores a 350m, pontos 82 e 108, localizados, respectivamente, em João Lisboa e Imperatriz, porção central da folha.

O diagrama de facies hidroquímicas (figura II.4.6) identificou para essas águas predominância absoluta da classe das águas carbonatadas, com um percentual de 100%. Esse resultado provavelmente não é suficiente para confirmar a existência de uma única classe de água para o aqüífero em questão, face ao reduzido número de amostras analisadas; entretanto, indica claramente a predominância do íon carbonato. Para a classe aqui identificada verificou-se a presença dos tipos cálcicas magnesianas (50%) e mistas (50%).

4.5.1.2 Aqüífero Corda

As águas analisadas são explotadas exclusivamente no extremo-sudeste da folha, região de Amarante e Sítio Novo, respectivamente pontos 23, 130 e 138.

De acordo com a distribuição de freqüência das facies hidroquímicas reproduzidas pelo diagrama (figura II.4.7) verificou-se uma predominância da classe de águas carbonatadas com um percentual de 66,7%, complementadas pela classe das cloretadas com 33,3%; apesar do reduzido número de amostras analisadas, fica indicada uma predominância absoluta dos íons carbonato e cloro para o aqüífero em questão.

Para a classe das águas carbonatadas tem-se uma predominância total do tipo mista, com 100%, o que lhes confere um leve caráter juvenil. As cloretadas apresentam-se como sendo do tipo sódica, denotando assim, um aspecto alcalino.

4.5.1.3 Aqüífero Itapecuru

Verificou-se para as águas procedentes desse aqüífero, conforme o diagrama de freqüência da distribuição das facies hidroquímicas (figura II.4.8), o seguinte comportamento:

- Águas Carbonatadas 66,60%
- Águas Cloretadas 22,22%
- Águas Cloretadas Carbonatadas 11,11%

Pelo exposto nota-se uma predominância absoluta dos íons carbonato e cloro, característica essa homogeneamente verificada para toda a folha.

Dentre as classes mencionadas há uma predominância dos tipos cálcicas e sódicas, o que lhes confere um caráter alcalino. A distribuição percentual é a seguinte:

- Sódicas 33,33%
- Cálcicas Magnesianas 33,33%
- Mistas 11,11%
- Cálcicas 11,11%
- Sódicas Cálcicas 11,11%

4.5.1.4 Poços manuais

As águas provenientes desse tipo de manancial apresentaram, segundo o diagrama de freqüência das facies hidroquímicas (figura II.4.9), a seguinte distribuição:

- Águas Cloretadas 33,33%
- Águas Cloretadas Carbonatadas 33,33%
- Águas Mistas 33,33%

Verifica-se uma predominância absoluta do íon cloro, que, por sua vez, parece caracterizar, nessa área, o manancial de águas rasas, onde predomina a condição de aqüífero livre e pouca circulação, favorecendo um maior tempo de contato da água com a rocha, devido ao caráter argiloso destes sedimentos e a grande porosidade das argilas, além da presença de águas mistas, que indica pouca circulação ou águas jovens.

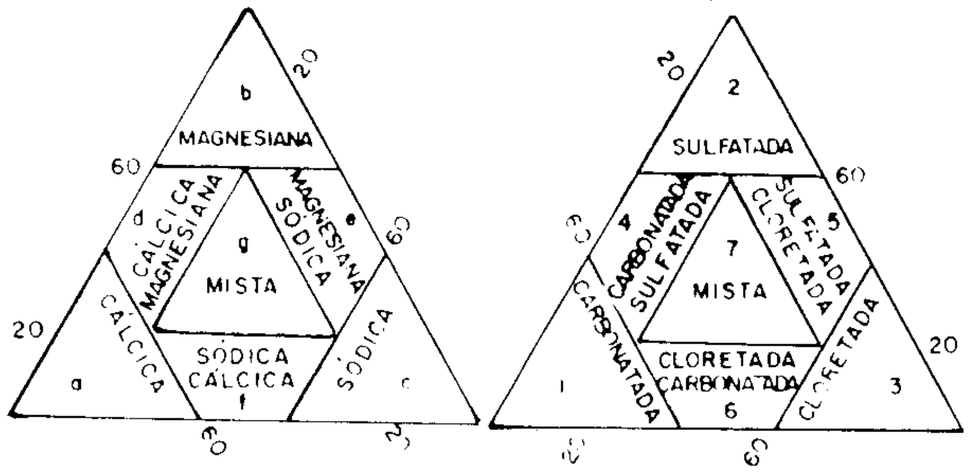
As classes de água aqui identificadas apresentam predominância do tipo sódica, que assim como o aqüífero Itapecuru, apresenta-se com um caráter acentuadamente alcalino, conforme distribuição percentual dos tipos:

Sódicas 33,33%
Mistas 33,33%
Magnesianas Sódicas 33,33%

4.5.2 Potabilidade das águas

Após o conhecimento das diferentes classes de água, efetuou-se a determinação do seu grau de potabilidade para os diferentes mananciais da folha.

Para que se conheça realmente a qualidade das águas a serem utilizadas para o consumo humano, faz-se necessário que sejam conhecidas as suas características físicas, químicas e bacteriológicas. No caso presente, não foram efetuados estudos bacteriológicos em virtude das considerações aqui emitidas serem dirigidas para águas do manancial subterrâneo, não se levando em conta os fatores inerentes ao sistema de abastecimento.



AQUIFERO SAMBAIBA

AMOSTRA	SÍMBOLO	FÁCIES
082	⊙	Id
108	⊙	Ig

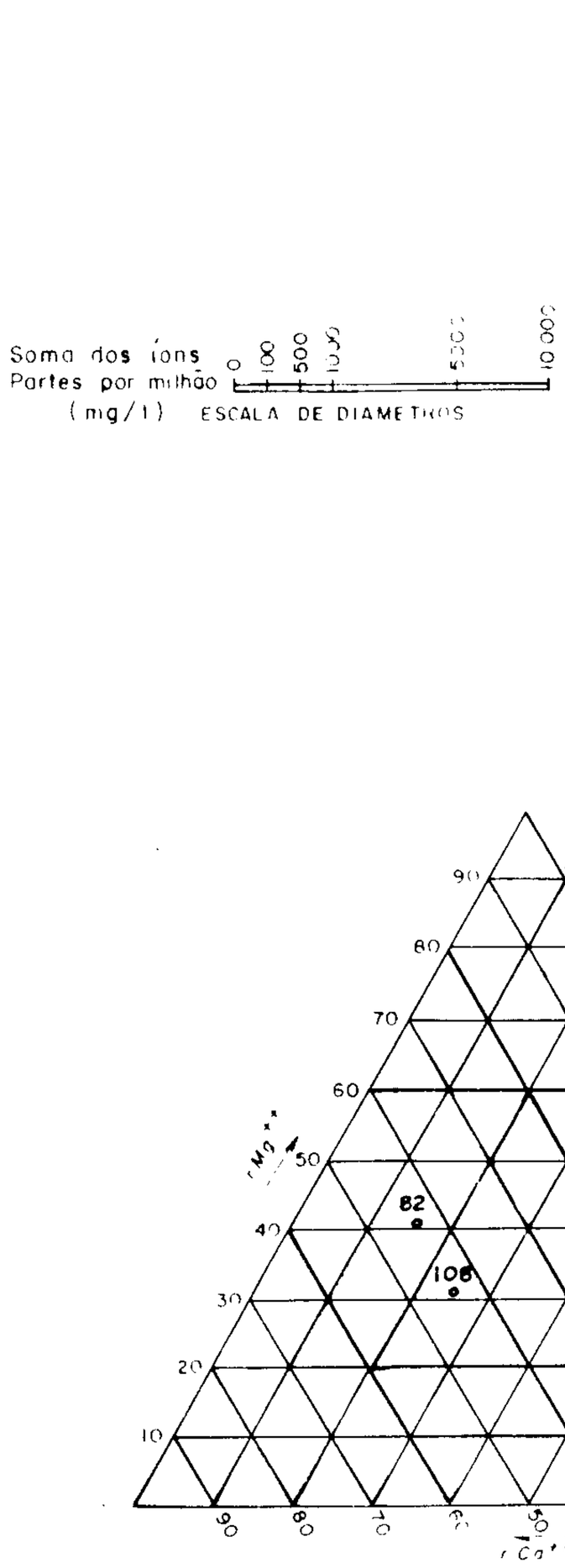
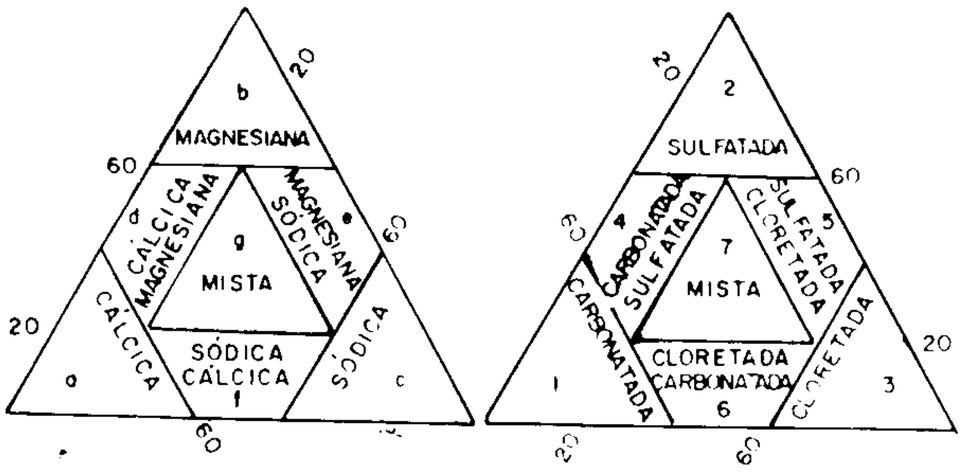


Figura II.4.6 – Facies Hidroquímicas – Diagrama de Piper-Hill-Langelier – Aqüífero Sambaíba.



AQUIFERO CORDA

AMOSTRA	SÍMBOLO	FACIES
023		3c
130		1g
138		1g

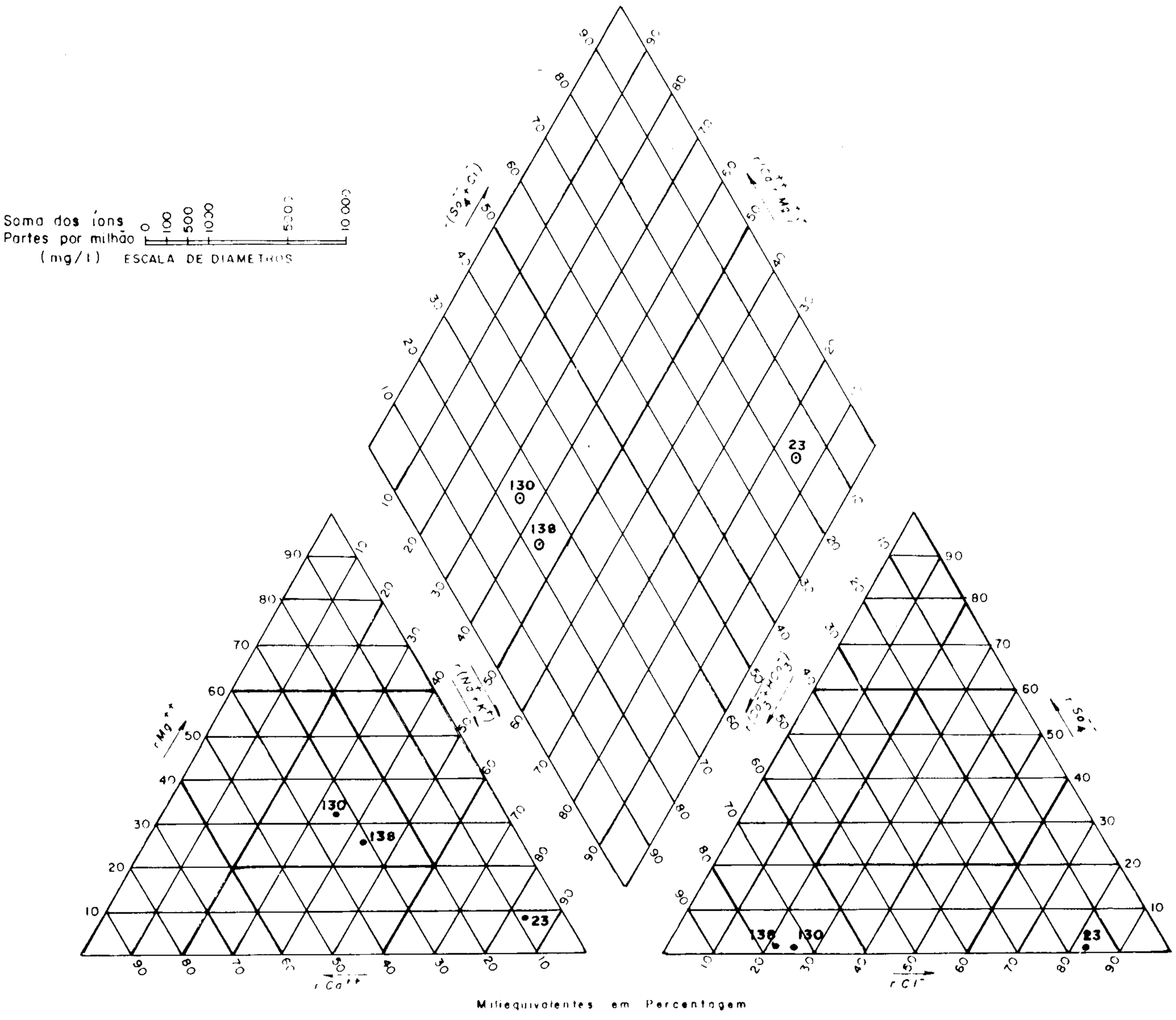
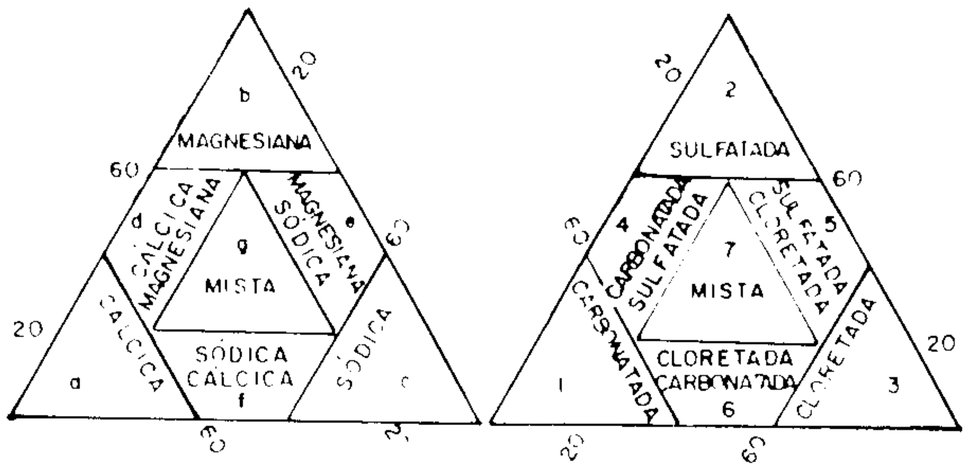


Figura II.4.7 – Facies Hidroquímicas – Diagrama de Piper-Hill-Langelier – Aqüífero Corda.



AQUIFERO ITAPECURU

AMOSTRA	SÍMBOLO	FÁCIES
036		1f
038		1d
039		1g
045		1d
060		6d
065		3c
081		1a
095		3c
098		1c

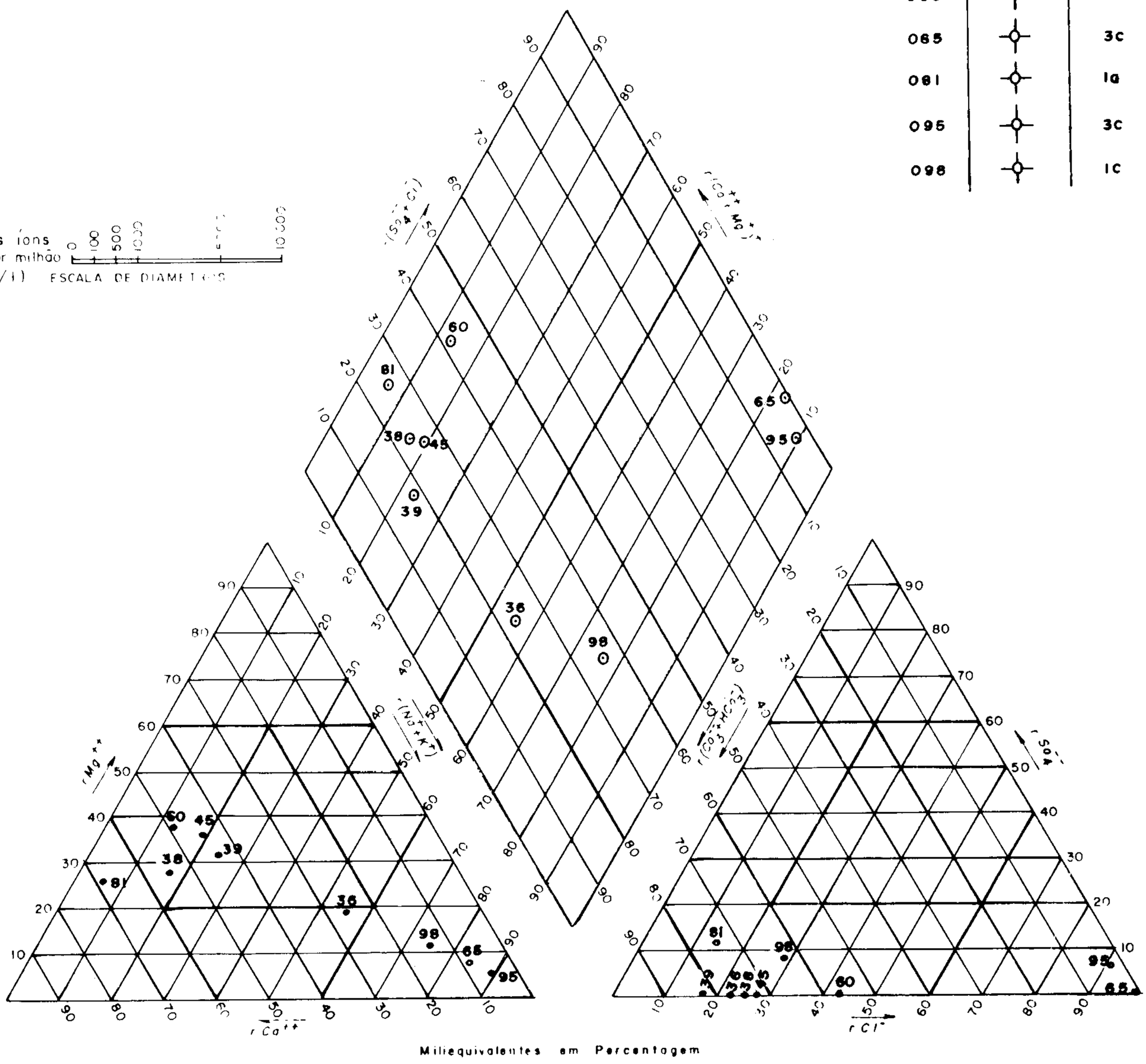
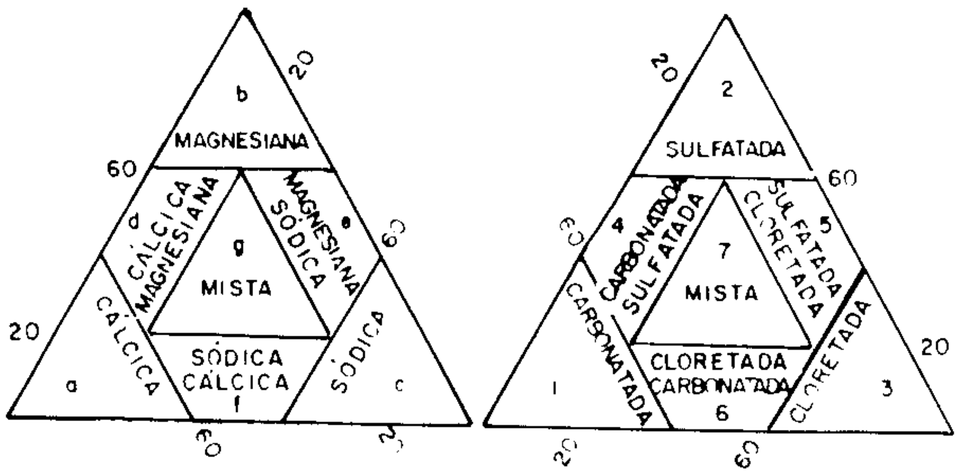
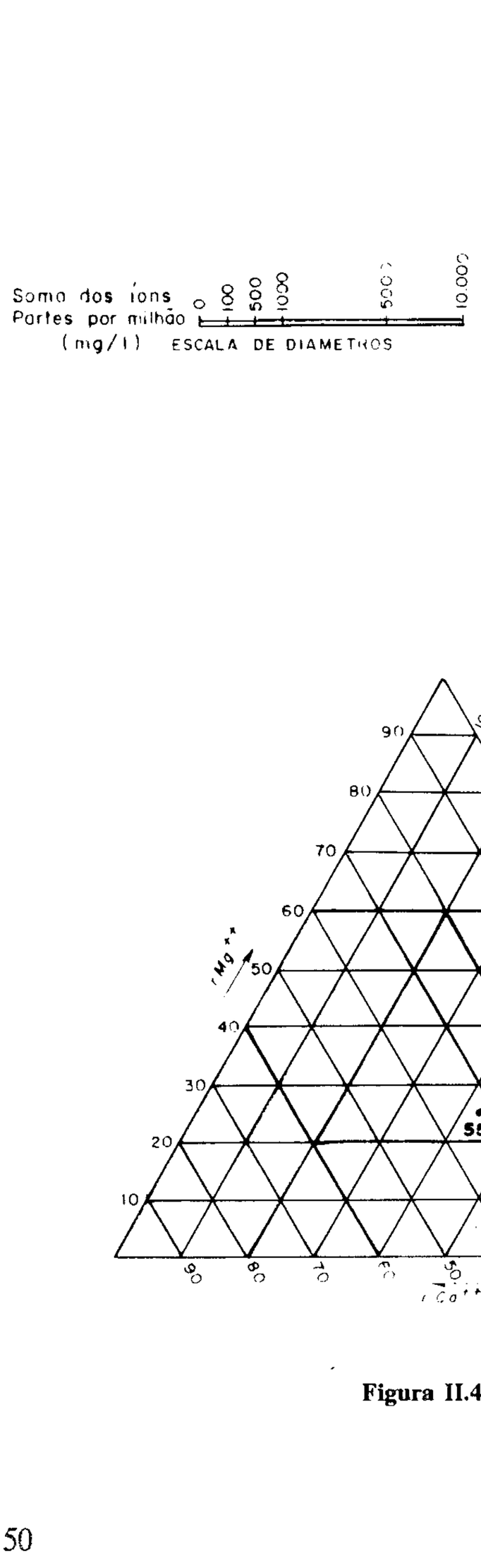


Figura II.4.8 – Facies Hidroquímicas – Diagrama de Piper-Hill-Langelier – Aqüífero Itapecuru.



POÇOS MANUAIS

AMOSTRA	SÍMBOLO	FACIES
055	0	7g
110	0	6c
141	0	3e



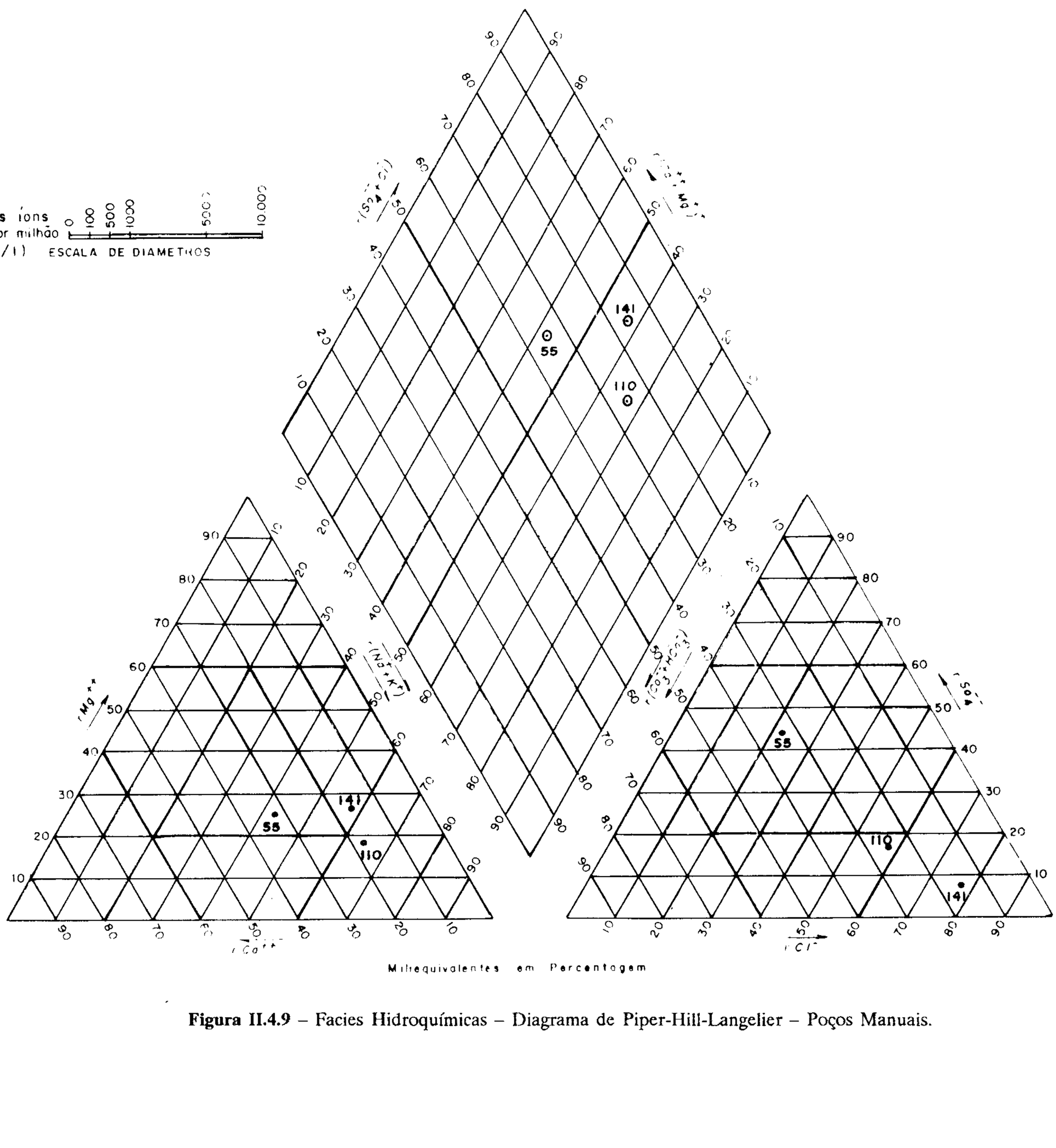


Figura II.4.9 – Facies Hidroquímicas – Diagrama de Piper-Hill-Langelier – Poços Manuais.

De acordo com a tabela de distribuição de freqüência da potabilidade, com base no resíduo seco, de Schoeller (1955) (tabela II.4.7), verificou-se que 100,00% das águas desta folha classificam-se como de potabilidade permanentemente boa, o que confere à maioria absoluta das águas estudadas um caráter de potável, isto é, adequado para o consumo humano, salvo pequenas restrições localizadas, onde se verifica um grau de salinidade um pouco elevado para os padrões internacionais, trazendo de imediato para essa pequena porcentagem um sabor salobro.

Para a avaliação da potabilidade dos diferentes aqüíferos utilizou-se o diagrama de análise de água de Schoeller-Berkaleff (1955), que permite determinar a adequabilidade das águas para o consumo humano, a partir dos valores em mg/l dos seguintes íons: cálcio, magnésio, sódio, potássio, cloro, sulfato e carbonato, em combinação com a dureza expressa em graus franceses (oF) e do pH.

TABELA II.4.7
DISTRIBUIÇÃO DA FREQÜÊNCIA DA POTABILIDADE COM BASE NO RESÍDUO SECO (SCHOELLER -1955)

POTABILIDADE		RESÍDUO SECO (mg/l)	Nº DE AMOSTRAS	FREQÜÊNCIA	
				RELAT.	ACUM.
PERMANENTE	Boa	0 - 500	26	100	100
	Passável	501 - 1.000			
	Medíocre	1.000 - 2.000			
	Má	2.000 - 4.000			
MOMENTÂNEA		4.000 - 8.000			
TOTAL			26	100	100

4.5.2.1 Aqüífero Sambaíba

O diagrama de análises elaborado (figura II.4.10) indica que essas águas estão enquadradas como de potabilidade permanentemente boas, não sendo verificados nem mesmo valores elevados de resíduo seco, que comprometessem em parte as amostras, conforme a distribuição de freqüência da potabilidade com base no resíduo seco (tabela II.4.10).

4.5.2.2 Aqüífero Corda

De acordo com o diagrama elaborado (figura II.4.11), suas águas estão enquadradas como de potabilidades permanentemente boas, fazendo-se pequenas ressalvas apenas ao valor de pH, que em certos casos encontra-se fora dos padrões adequados à potabilidade, conferindo-lhes portanto um aspecto ligeiramente ácido, devendo em casos extremos ocorrer a indicação de sua correção para o completo restabelecimento da potabilidade.

4.5.2.3 Aqüífero Itapecuru

As águas aqui analisadas são todas provenientes de poços tubulares, com profundidades que variam de 56 a 345m, o que, em conjunto com as diversas feições litológicas atravessadas por cada poço, farão com que essas águas, embora guardem ligeiras semelhanças ponto a ponto, apresentem valores diferentes entre seus elementos constituintes, quando sujeitas a análises físico-químicas.

Os diagramas de análise d'água (figuras II.4.12 e II.4.13), classificam-nas como de potabilidade permanentemente boa, verificando-se que apenas em alguns pontos os valores de pH extrapolam esses limites, atingindo faixas de potabilidade passável a medíocre, o que, mesmo assim, não compromete o seu uso para o consumo humano, conferindo-lhes apenas um caráter ligeiramente ácido; que em certos casos poderá ser sugerida a devida correção.

4.5.2.4 Poços manuais

A caracterização da potabilidade das águas provenientes de poços manuais no nordeste brasileiro é de real importância em qualquer levantamento hidrogeológico realizado, devido à grande abrangência populacional utilizadora dessa fonte de abastecimento.

O diagrama de análises d'água (figura II.4.14) confere para esse tipo de manancial uma potabilidade permanentemente boa em todos os seus elementos, fazendo pequena ressalva apenas a alguns valores de pH, que se apresentam levemente ácidos, o que pode sugerir, em certos casos, que sejam feitas algumas correções.

De acordo com a tabela da distribuição de freqüência da potabilidade, com base no resíduo seco (tabela II.4.7), verificou-se que 100,00% dessas águas estão enquadradas como de potabilidade permanentemente boa, caracterizando com maioria absoluta, a sua adequadabilidade para o consumo humano.

Nesse item foram consideradas também as fontes, haja vista que nessa região são de grande importância no abastecimento individualizado de pequenas moradias, onde se constituem, às vezes, na única opção. Apresentam-se como águas muito leves e de potabilidade permanentemente boa (figura II.4.14).

4.6 Classificação das Águas para Irrigação

É de grande importância o conhecimento do grau de salinidade das águas a serem utilizadas para fins de irrigação, em face dos efeitos que os sais dissolvidos podem provocar no solo ou vegetais cultivados.

São diversos os fatores que definem as condições de irrigação de uma determinada área, tais como: água, solo, tipo de clima, cultura utilizada, condições de drenagens, método empregado, etc. Aqui será tratado apenas o elemento água.

Existem atualmente vários métodos que se propõem a classificar as águas para fins de irrigação.

O método ora utilizado se baseou na classificação americana, proposta pelo U.S. Salinity Laboratory (Soares Filho 1979), pois tem sido testado sob diversas condições e ainda é considerado como um dos mais completos.

Das análises disponíveis para a classificação destas á

para fins de irrigação, foram processadas apenas 15 amostras, procedentes dos aqüíferos Sambaíba, Corda e Itapecuru, não sendo portanto consideradas as águas provenientes de poços manuais, face ao seu pouco volume, que para esse fim é praticamente desprezível.

O número de análises é muito reduzido para a dimensão da área em estudo, entretanto será considerado como satifatório para o nível de conhecimento requerido por este trabalho, além de procederem em sua maioria do aqüífero Itapecuru (60,00%) complementadas com (26,67%) do aqüífero Corda e 13,33% do aqüífero Sambaíba; admitindo-se ainda que as variações hidrogeológicas e hidroquímicas são pouco acentuadas para cada aqüífero.

As análises processadas foram plotadas em gráfico semilogarítmico (figura II.4.15), que determinou as diversas classes de água para fins de irrigação (tabela II.4.8), para os três aqüíferos considerados na área da folha.

4.6.1 Aqüífero Sambaíba

Dispõe-se apenas de um número reduzido de análises para esse aqüífero, que não define por completo a sua característica, vindo apenas indicar a sua tendência.

O resultado analítico indicou que 100% das águas pertencem à classe C_2S_1, definidas como de salinidades média a fracamente sódicas, podendo ser utilizadas sem maiores riscos para a irrigação, quando ocorrer uma lixiviação moderada no solo e com culturas de fraca tolerância salina.

4.6.2 Aqüífero Corda

Verificou-se para esse aqüífero uma proporcionalidade para as classes C_0-S_1, C_1-S_1, com 50% para cada uma. Vale ressaltar o número reduzido de apenas quatro amostras, que por si só não devem definir o sistema, mas apenas indicar a sua tendência.

TABELA II.4.8
CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS PARA IRRIGAÇÃO

AQUÍFERO	AMOSTRA	COND. ELET.	SAR	CLASSE
SAMBAÍBA	082	300,00	0,031	C2S1
SAMBAÍBA	108	320,00	1,578	C2S1
CORDA	023	124.00	2,801	C1S1
CORDA	031	250,00	2,625	C1S1
CORDA	130	062,00	0,406	C0S1
CORDA	138	010,00	0,341	C0S1
ITAPECURU	036	450,00	1,902	C2S1
ITAPECURU	038	600,00	0,453	C2S1
ITAPECURU	039	110,00	0,304	C1S1
ITAPECURU	045	100,00	0,295	C0S1
ITAPECURU	060	040,00	0,095	C0S1
ITAPECURU	065	069,00	2,217	C0S1
ITAPECURU	081	080,00	0,056	C0S1
ITAPECURU	095	500,00	6,629	C2S1
ITAPECURU	098	150,00	2,872	C1S1

Cond. Elet. = Condutividade Elétrica (microomho/cm)

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{1/2\ (Ca+Mg)}}$$

As águas classificadas como C_0-S_1 são definidas como de salinidade fraquíssima a nula e fracamente sódica, as quais podem ser utilizadas para irrigação de todas as culturas e solos, com fraco risco de ocorrência de teores nocivos de sódio susceptíveis de troca iônica. Já a classe C_1-S_1 de baixa salinidade e fracamente sódica, pode ser utilizada para irrigação, onde ocorra lixiviação moderada.

Ainda de acordo com a mesma classificação, os valores de SAR, superiores a 18, são considerados altos e os menores do que 10, são tidos como baixos. Esse último intervalo não oferece perigo da ocorrência de teores nocivos de sódio susceptíveis de troca iônica.

As águas desse aqüífero carecem de maiores informações para uma afirmativa mais segura, mas os poucos valores disponíveis atestam que suas águas podem ser utilizadas em todos os tipos de cultura e solos.

4.6.3 Aqüífero Itapecuru

Para as águas provenientes desse aqüífero verificou-se a seguinte predominância: 44,44% de águas de muito baixa salinidade a nula e fracamente sódica (C_0-S_1), 22,22% de água de salinidade baixa e fracamente sódica (C_1-S_1); podem ser utilizadas sem restrições na irrigação para a grande maioria das culturas e de solos, onde ocorra lixiviação moderada. Complementa-o a classe C_2-S_1 (33,33%), de salinidade média a fracamente sódica, que pode ser utilizada na irrigação, onde ocorrer lixiviação moderada do solo e sejam empregadas culturas de boa tolerância salina.

Pelo exposto verifica-se que a maioria absoluta das águas desse aqüífero, é de baixa salinidade e fracamente sódicas, podendo ser utilizadas para a irrigação sem que haja riscos nocivos a todas as culturas.

4.7 Qualidade das Águas para o Consumo Animal

Para o consumo animal admite-se valores bem mais altos do que os limites de potabilidade para o consumo humano. Na tabela II.4.9 tem-se os limites em miligramas por litro, dos teores de resíduo seco admitidos por Loggan (1965) para o consumo animal. Pelos valores expostos verifica-se que todas as águas analisadas para os diferentes aqüíferos podem ser utilizadas pelos diversos tipos de animais sem nenhuma restrição.

Tabela II.4.9
QUALIDADE DE ÁGUAS PARA USO ANIMAL

ANIMAL	VALOR LIMITE DO RESÍDUO SECO (mg/l)
AVES	2.800
PORCOS	4.290
CAVALOS	6.435
GADO LEITEIRO	7.150
GADO DE CORTE	10.000
CARNEIROS	12.900

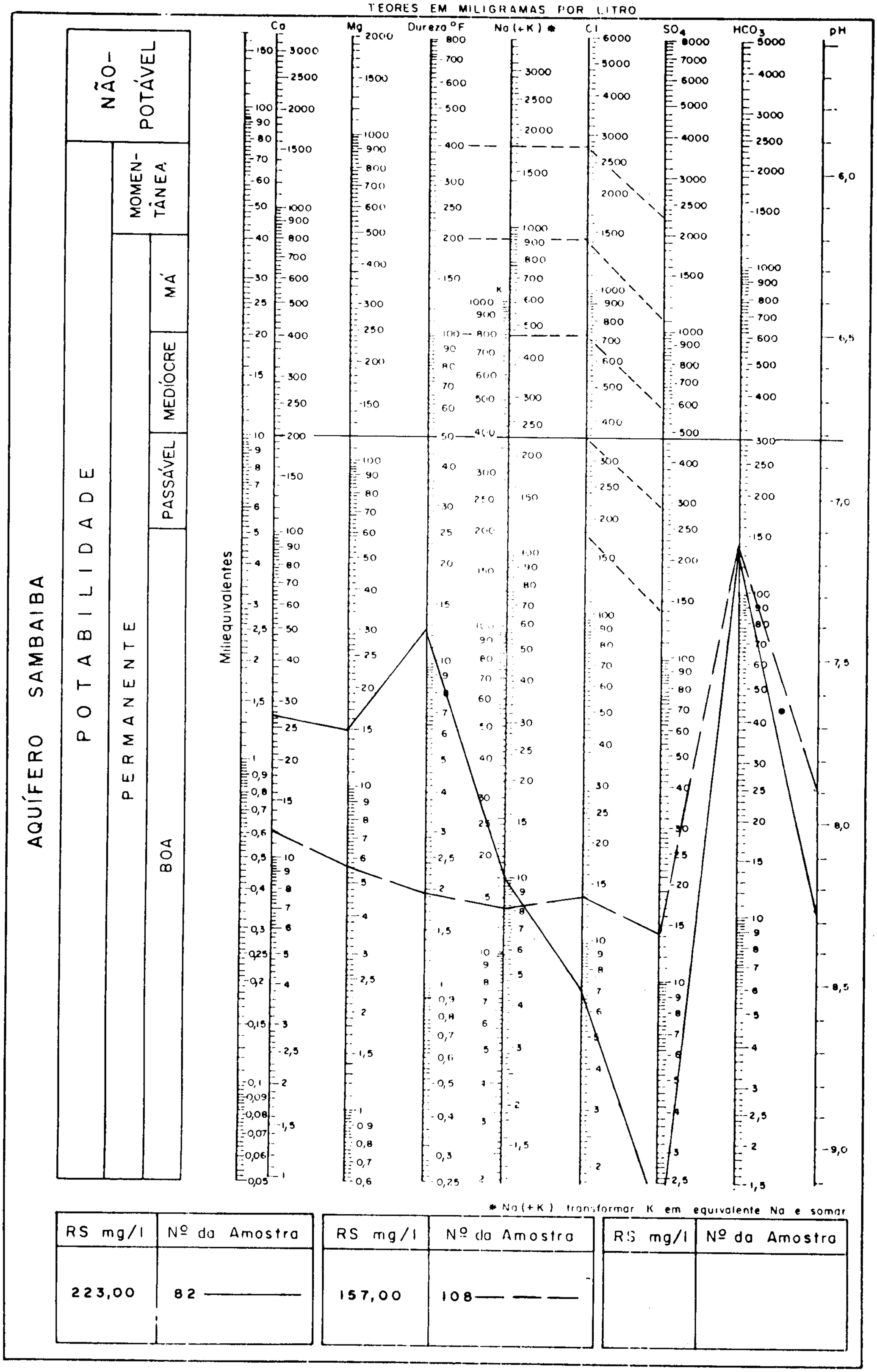


Figura II.4.10 – Diagrama de Análise D'Água – Aqüífero Sambaíba.

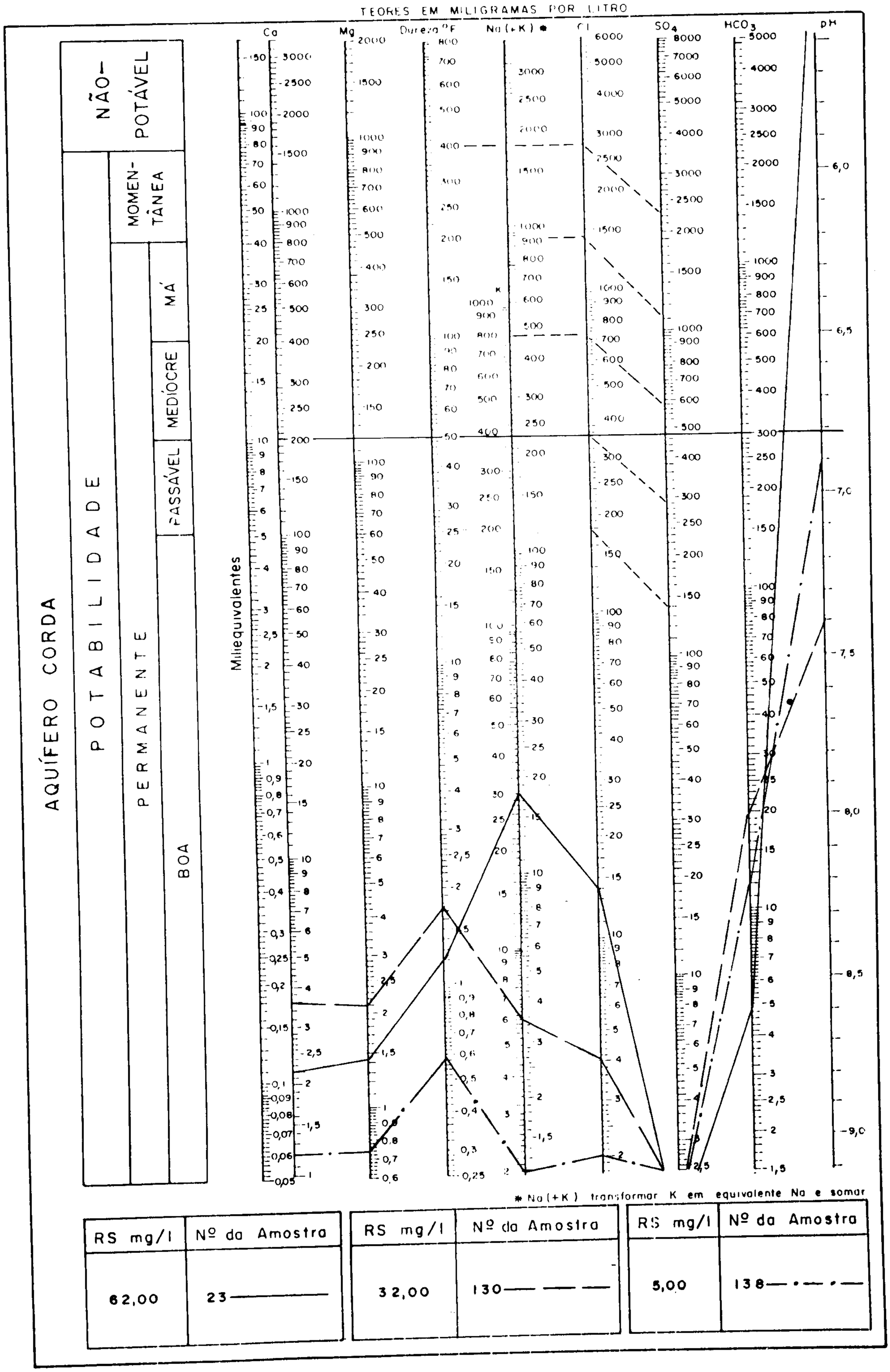


Figura II.4.11 – Diagrama de Análise D'Água – Aqüífero Corda.

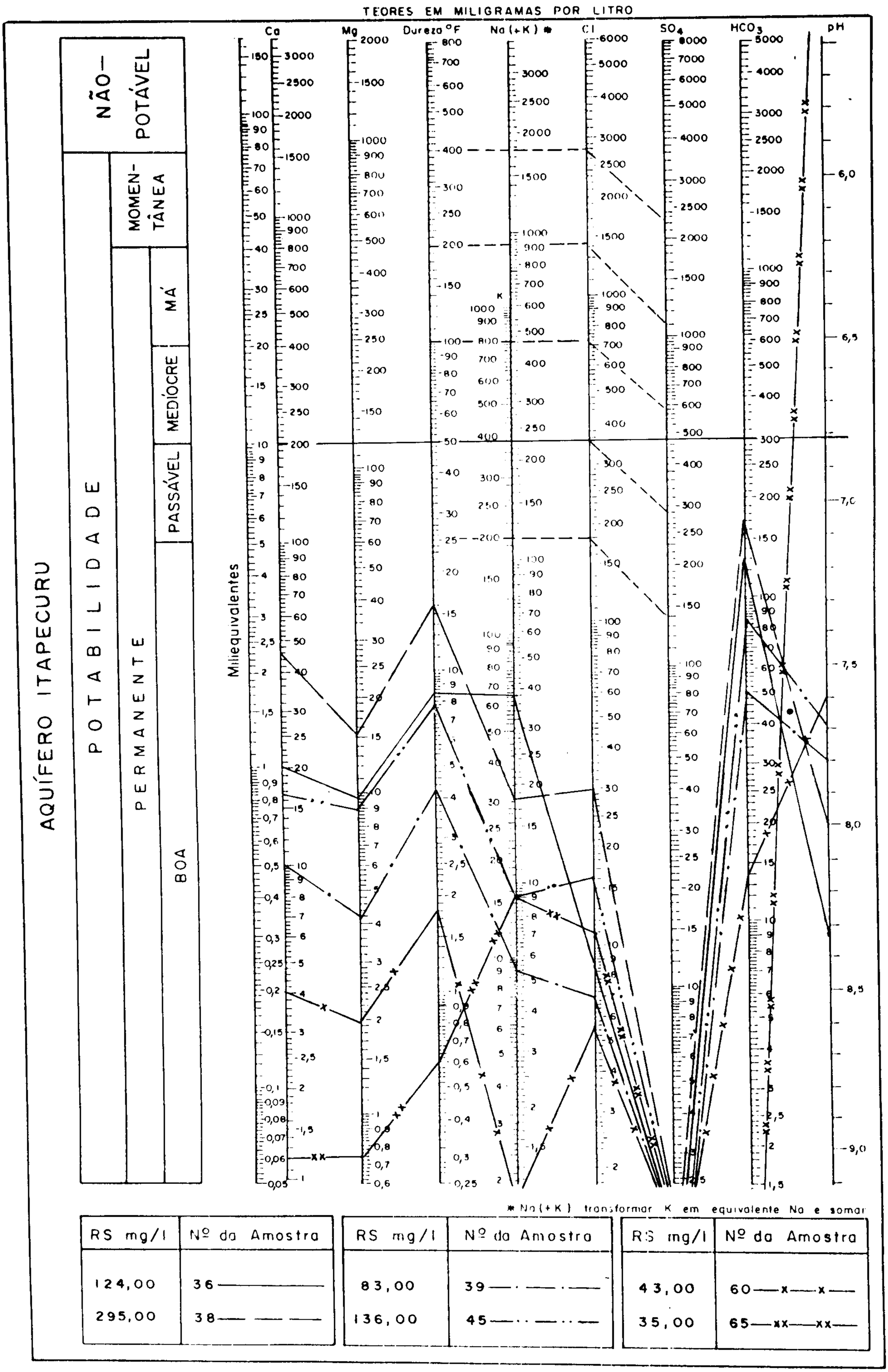


Figura II.4.12 – Diagrama de Análise D'Água – Aqüífero Itapecuru.

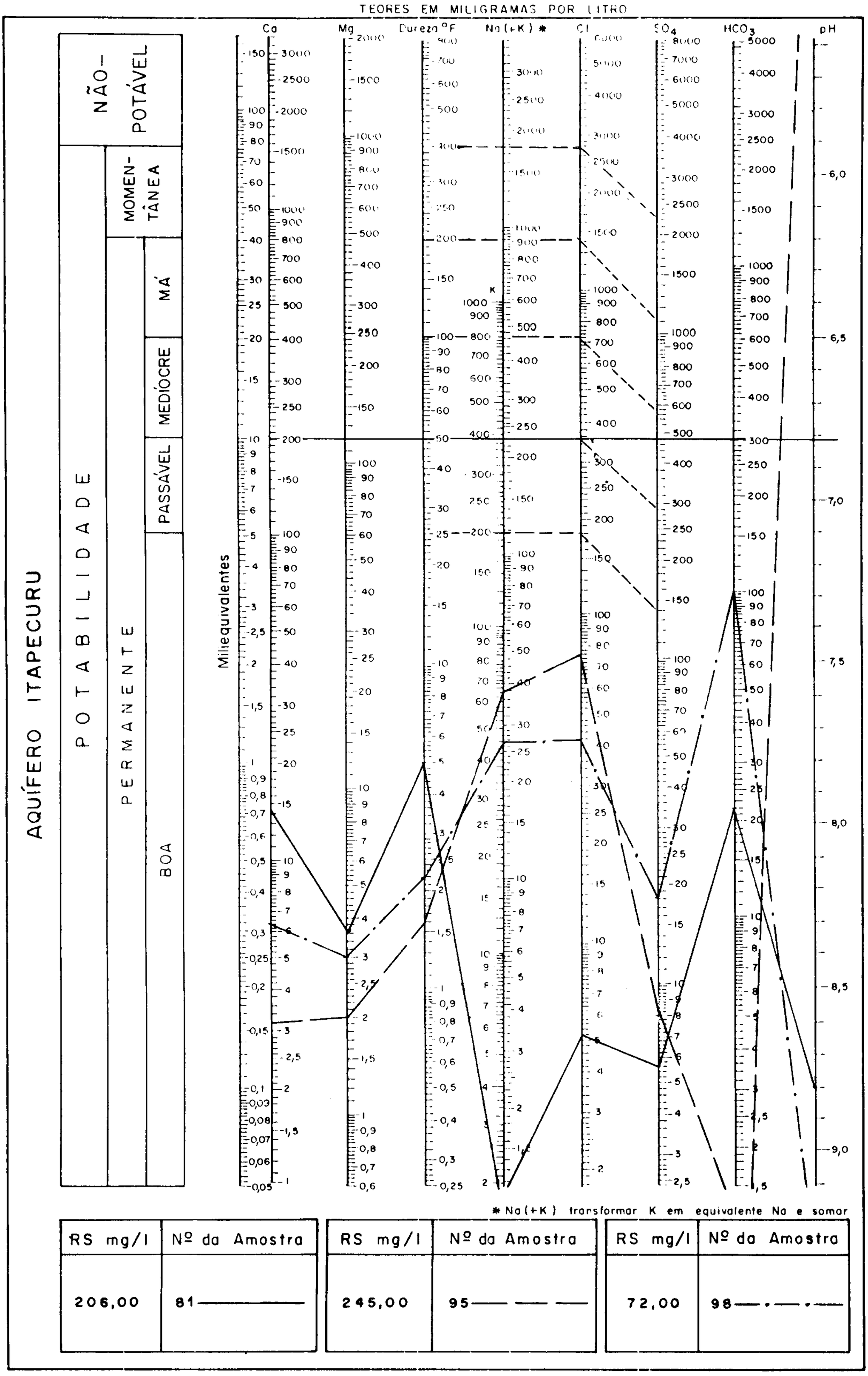


Figura II.4.13 – Diagrama de Análise D'Água – Aqüífero Itapecuru.

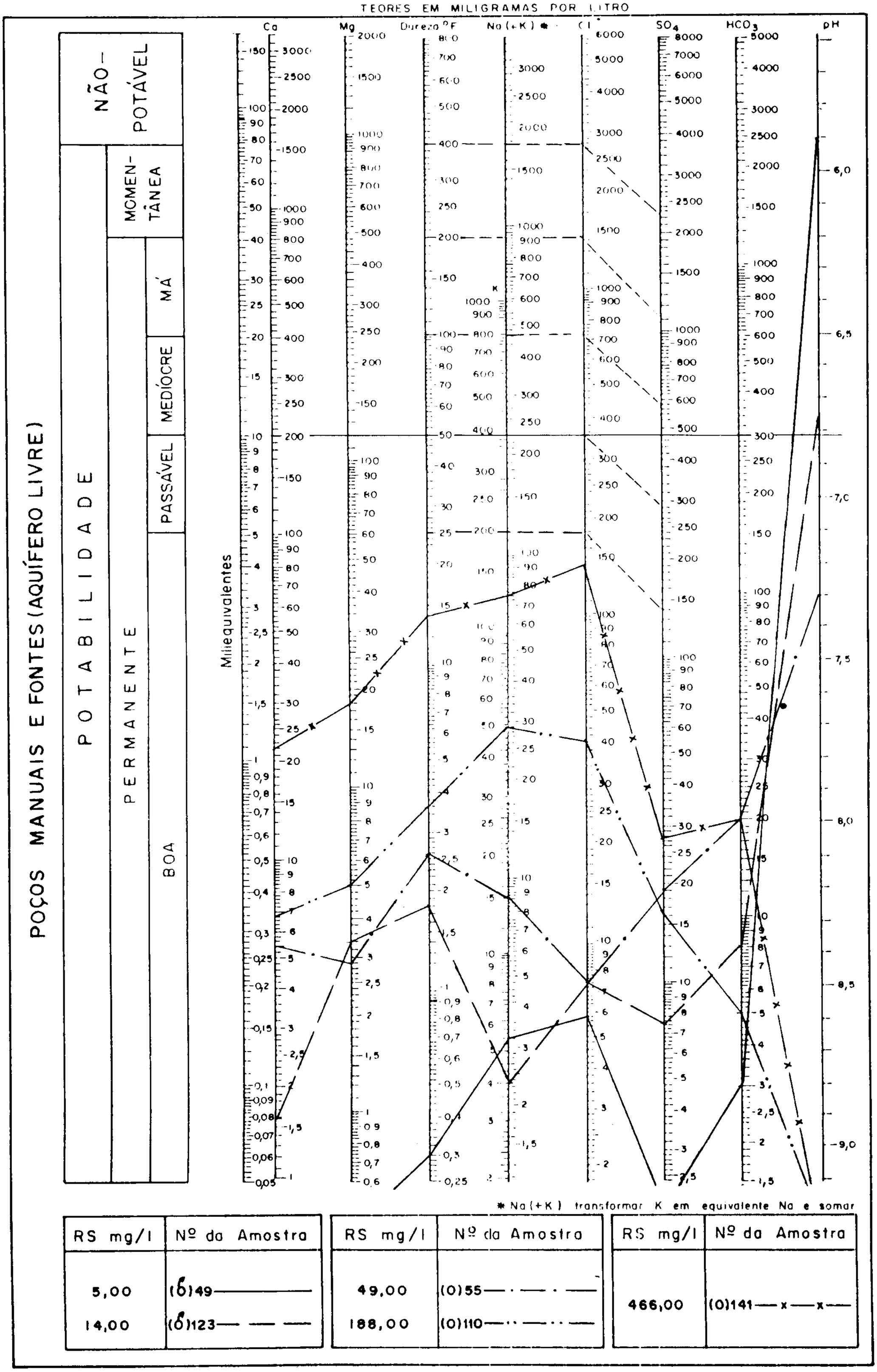


Figura II.4.14 – Diagrama de Análise D'Água – Poços Manuais e Fontes (Aqüífero Livre).

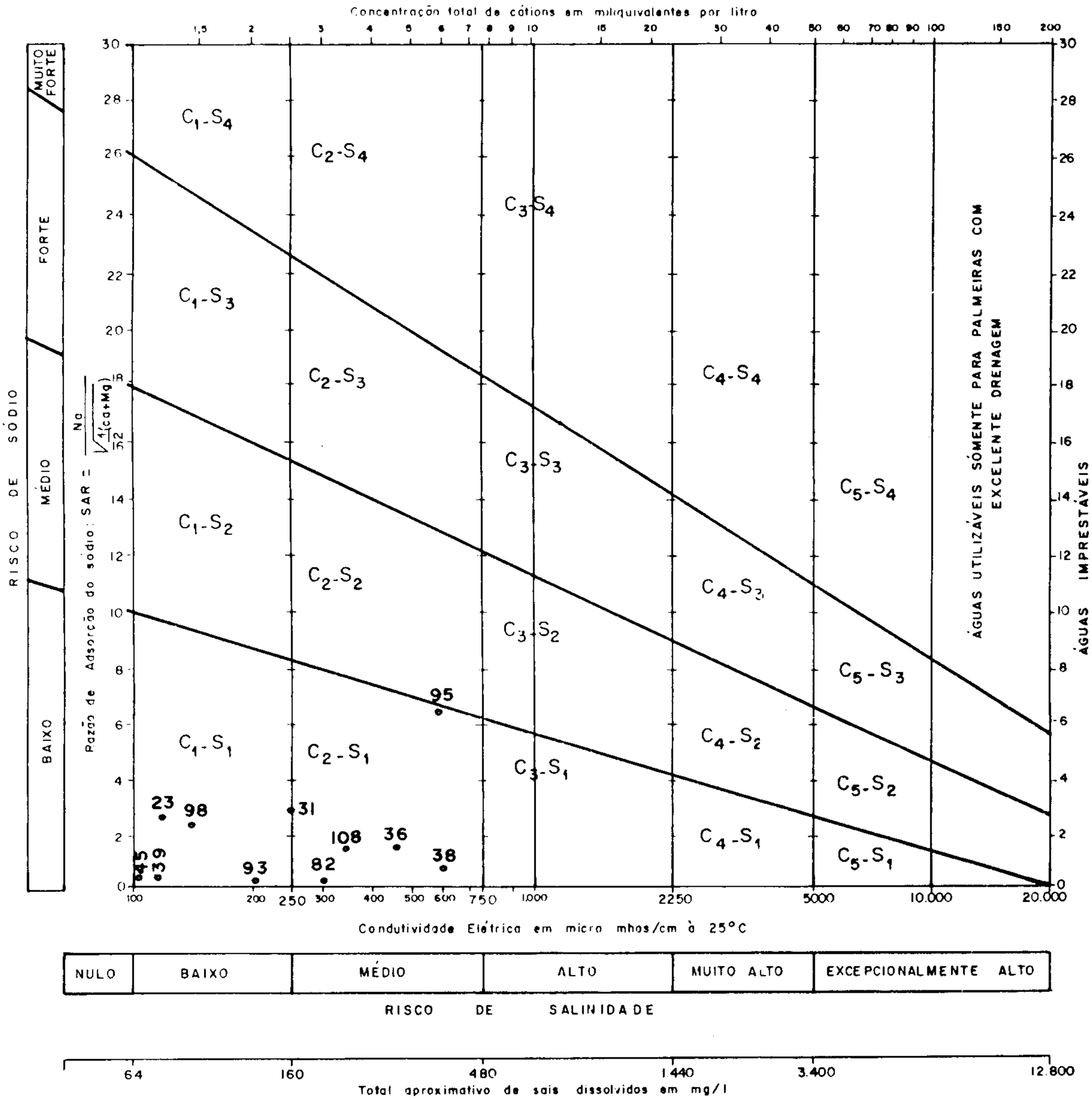


Figura II.4.15 – Classificação das Águas para Irrigação.

5. GEOFÍSICA

Radiometria - Durante a primeira etapa de campo, às descrições litológicas de afloramentos foram acrescidas leituras radiométricas realizadas em cintilômetro SAPHYMO - SRAT SPP2. Foram realizadas 100 medidas distribuídas entre as formações Corda, Codó e Itapecuru.

A Formação Corda apresenta um *background* de 20cps, não revelando pontos anômalos.

Nas áreas de ocorrência da Formação Codó o *background* atingiu o valor de 50cps e as médias das leituras foram sempre superiores às demais formações. Esse fato, associado às abservações geológicas, poderia ser utilizado como distintivo da Formação Codó, embora facies argilosas das demais formações tivessem valores aproximados. Não foram detectados pontos anômalos.

A Formação Itapecuru, com *background* de 30cps, teve as leituras mais elevadas nos seus níveis argilosos, sem contudo atingirem valores considerados anômalos.

No quadro II.5.1, resume-se os valores encontrados:

Quadro II.5.1
VALORES RADIOMÉTRICOS

Unidade (formação)	Medidas (nº)	Bg (cps)	Maior Leitura (cps)	Média (cps)	Desvio Padrão
Corda	33	20	45	31	12,51
Codó	16	50	90	62	13,51
Itapecuru	51	30	70	43	15,46

6. METALOGENIA, PREVISÃO DE RECURSOS MINERAIS E PLANEJAMENTO DE AÇÕES GOVERNAMENTAIS

Das unidades estratigráficas aflorantes na área, algumas têm revelado potencial metalogenético e devem ser objeto de prospecção e pesquisa. Nessa condição destacam-se as formações Codó/Grajaú, as coberturas tércio-quaternárias e as aluviões. As discussões sobre previsão de recursos minerais e planejamento para ações governamentais foram realizadas sobre as cartas anexas, elaboradas seguindo o método empregado no Projeto Mapa Metalogenético e de Previsão de Recursos Minerais – Escala 1:250.000 (Convênio DNPM/CPRM, 1981).

6.1 Formações Codó/Grajaú

As litologias pertencentes às formações Codó e Grajaú têm despertado, ao longo dos anos, o interesse de algumas empresas de pesquisa mineral. Os folhelhos betuminosos da Formação Codó foram mencionados por Mesner & Wooldridge (1964) em trabalho para a Petrobrás, como geradores de óleo que poderia acumular-se em camadas subjacentes sob condiçoes estruturais favoráveis.

É provável que informações como esta tenham exercido alguma influência para que empresas como a Petromisa realizasse pesquisas de litologias pirobetuminosas e a Petrobrás tenha executado poços no âmbito da Formação Codó. Os resultados das pesquisas são desconhecidos e as informações do PROSIG dão conta da prorrogação dos prazos dos alvarás de pesquisas.

Outro fator de interesse na Formação Codó são as várias ocorrências de calcário conhecidas e que se espalham por diversas localidades maranhenses. Outras formações da bacia (Piauí, Pedra de Fogo, Motuca) também contêm calcário; no entanto, todas as ocorrências citadas na bibliografia, inclusive as da Formação Codó, têm pequenas espessuras e raramente ultrapassam 3m (Lima & Leite, 1978). Isso praticamente torna a matéria-prima para a fabricação de cimento, cal e corretivos de solo bastante carente na região.

Na região de Imperatriz, tendo como base esparsos afloramentos de calcário e a delimitação da Formação Codó realizada por Lima & Leite (1978), companhias particulares têm, ultimamente, intensificado pesquisas para calcário. Várias áreas foram requeridas a sul dessa cidade e até a data de 09/09/88, não constavam na última edição do PROSIG.

Campanhas de sondagem com furos em torno de 30m têm comprovado, nessas áreas, a existência de níveis descontínuos de calcário com uma espessura máxima de 2m. Abaixo do calcário, via de regra, ocorre uma seqüência de arenitos médios a grossos que repousam discordantemente sobre o basalto da Formação Mosquito. Esse basalto tem sido normalmente o limite inferior dos furos.

Os calcários aflorantes na ferrovia Norte-Sul, na fazenda Casa Branca (sul de Imperatriz), apresentam teores de 45% de CaO e 3% de MgO. Os calcários são lentiformes, apresentam espessura local máxima de 1m e alternam-se com níveis arenosos, observando-se ainda zonas de transição.

Não se deve esperar grandes espessuras para os níveis de calcários da Formação Codó nas áreas aflorantes e subaflorantes da Folha Imperatriz. Poços antigos e furos de sonda atuais, realizados no âmbito dessa formação, próximo à cidade de Imperatriz, têm revelado possanças bastante reduzidas para todo o pacote sedimentar que se sobrepõe ao basalto da Formação Mosquito. Foi selecionada a área V (carta anexa) como prioritária para trabalhos de prospecção para calcário.

Além desse fato, condicionado pela própria ambiência geológica de borda de bacia de águas rasas, os calcários são localmente impuros pela presença de extraclastos.

A norte da cidade de Sítio Novo, no vale do riacho Batalha, na estrada para Amarante, está situada uma ocorrência de argila, anteriormente citada por Lima & Leite (1978). A ocorrência, localizada em terrenos da Formação Codó, tem morfologia lenticular de reduzida espessura, es-

tando os seus limites subordinados às dimensões do vale. Análise por difração de raios X revelou composição predominante de esmectita (55%).

Considerada argila nobre, essa esmectita está associada à caulinita e illita. A ocorrência requer trabalhos de detalhe tipo furos a trado, amostragem sistemática e ensaios tecnológicos para seu melhor conhecimento. Esses trabalhos são limitados a área IV (carta anexa).

Às margens do rio Tocantins, na localidade de Jatobal, ocorrem concreções de pirita em folhelhos cinza. Essa ocorrência foi também citada por Lima & Leite (1978).

São bastante comuns esses tipos de ocorrência associados a clásticos de fina granulação em ambiente de deposição redutor. A descontinuidade dos níveis piritosos e a sua inexpressiva espessura tornam a ocorrência sem interesse econômico.

6.2 Coberturas Tércio-Quaternárias

Essa unidade destaca-se das demais por conter em âmbito regional, os horizontes lateríticos aluminosos de valor econômico como minério de alumínio, as argilas e os cascalhos dos terraços fluviais.

Na área mapeada não foram encontradas ocorrências de lateritas aluminosas, muito embora alguns topos de mesetas, situadas em várias partes da folha, inacessíveis à observação direta, possam oferecer ambiência plausível à acumulação desse tipo de depósito.

Condicionadas pela posição topográfica que ocupam foram selecionadas 9 áreas para prospecção de crostas lateríticas bauxitíferas: áreas VI, VII, VIII, IX, X, XI, XII, XIII, XIV e XV (carta anexa).

Admite-se, neste trabalho, a associação dos níveis bauxitíferos com a morfologia, como resultado de um único ciclo de laterização (Lima & Leite, 1978), embora o fator morfológico, por si só, não seja condição *sine qua non* na evolução genética das bauxitas na região. Amostra de crosta laterítica numa meseta talhada sobre sedimentos da Formação Itapecuru, a sul de Sítio Novo, apresentou 16% de Al_2O_3.

Inserem-se também nessa unidade diversos níveis antigos de terraços fluviais do rio Tocantins, constituídos principalmente por cascalho e areia. São depósitos de morfologia irregular, essencialmente formados por seixos arredondados de quartzo, dispersos em matriz arenosa.

6.3 Aluviões

A condição meandrante do rio Tocantins dá margem à formação de inúmeras planícies de inundação (Seção 2.8). Os depósitos caracterizam-se pela predominância de sedimentos finos, periodicamente realimentados durante as enchentes.

Foram cadastradas 3 ocorrências de argila na cidade de Imperatriz e cercanias. O seu emprego se dá exclusivamente na construção civil como matéria-prima na fabricação de tijolos e telhas.

Há inúmeros locais no vale do Tocantins e nos seus principais tributários onde a ambiência geológica favorece a acumulação de depósitos de argila. Parte da aluvião do rio Pindaré, com baixa potencialidade, foi também considerada. Para pesquisa desse bem foram delimitadas as áreas I e II (carta anexa).

Análises mineralógicas qualitativas de concentrados de bateia de amostras de sedimentos de aluvionais na ferrovia Norte-Sul, a sul de Imperatriz (vale do Ribeirão Dantas), revelaram presença de ilmenita, zircão, magnetita, monazita, rutilo, anatásio, turmalina e leucoxênio. (carta anexa – área I.)

7. GEOLOGIA ECONÔMICA

7.1 Panorama Mineral da Área

Na Folha Imperatriz, os principais recursos minerais conhecidos são basicamente os depósitos de areia/cascalho e argila, uma fonte de água mineral e as ocorrências de calcário (quadro II.7.1).

Excetuando a água mineral, toda a atividade extrativa de bens minerais está restrita à produção de materiais de utilização na construção civil.

Alguns desses depósitos estão com processos protocolizados junto ao DNPM, ou com autorização de licenciamento. Os trabalhos de explotação são efetuados com tratores e dragas, nos depósitos de maior porte, enquanto algumas ocorrências utilizam-se de métodos rudimentares. Toda a mão-de-obra aproveitada nos diferentes tipos de serviços é local.

O número de processos protocolizados no DNPM é de 47. Dos processos em andamento, 3 estão com os alvarás de pesquisa outorgados, 1 com decreto de lavra, 21 com pedidos de pesquisa em andamento e 1 se encontra arquivado. Existem 9 autorizações de licenciamento.

As substâncias requeridas e suas situações legais estão especificadas na tabela II.7.1; a distribuição das áreas concentra-se ao longo das margens do rio Tocantins e centro-sul da folha (figura II.7.1).

7.2 Materiais de Utilização na Construção Civil

Os depósitos e ocorrências de areia/cascalho fazem parte das Coberturas Tércio-Quaternárias e das Aluviões dos rios Tocantins e Pindaré. São irregulares ou lentiformes, com a granulação variando de média a grossa, apresentando por vezes seixos centimétricos. A fração média é usada em argamassas, enquanto a mais grossa é utilizada em substituição à brita na construção civil. A produção média é de 5.000m^3/mês, e varia diretamente com as necessidades de utilização na região.

As argilas se constituem no bem mineral mais rentável

QUADRO II.7.1
PRINCIPAIS RECURSOS MINERAIS

Nº DE ORDEM	SUBSTÂNCIA MINERAL	LOCALIZAÇÃO					DADOS DA MINERALIZAÇÃO		ROCHA ENCAIXANTE		STATUS DA MINER.	REF. BIBLIO-GRÁFICA
		MUNICÍPIO	UF	LOCAL	COORDE-NADAS (UTM		MORFO-LOGIA	TEX TURA	LITOL.	IDADE		
01	Areia/cascalho	Sítio Novo de Goiás	TO	São Miguel	215000	9385750	Irregular	Bandada	Arenito	K	2	
02	Areia/cascalho	Cidelândia	MA	São Domingos	192000	9421300	Irregular	Bandada	Arenito	K	2	
03	Areia/cascalho	Cidelândia	MA	Barra do Andirobal	182800	9414000	Irregular	Bandada	Aluvião	Q	2	
04	Areia/cascalho	Imperatriz	MA	Sumaúma	235000	9344000	Irregular	Bandada	Arenito	J	3	
05	Argila	Imperatriz	MA	Riacho Cacauzinho	226250	9385000	Estratifor-me	Bandada	-	Q	3	
06	Argila	Sítio Novo	MA	Riacho Batalha	317000	9363500	Estratifor-me	Bandada	-	K	1	Lima & Leite (1978)
07	Pirita	Sítio Novo de Goiás	TO	Jatobal	207700	9397300	Indeter-minada	Dissemi-nada	Folhelho	K	1	Lima & Leite (1978)
08	Calcário	Imperatriz	MA	Casa Branca	229700	9380900	Estratifor-me	Maciça	Calcário	K	1	
09	Água mineral	Imperatriz	MA	Bananal	234000	9376000	Indeter-minada	-	Arenito		3	

TABELA II.7.1
QUADRO ESTATÍSTICO DOS DIREITOS MINERÁRIOS

SUBSTÂNCIA	PEDIDOS DE PESQUISA	ALVARÁS DE PESQUISA	DECRETOS DE LAVRA	LICENCIAMENTO
Água Mineral	02		01	
Areia				06
Arenito betuminoso	01			
Argila				03
Carvão	02			
Cassiterita	04			
Diamante industrial	04			
Ilmenita		01		
Rochas betuminosas	03			
Rochas pirobetuminosas	01			
Titânio		01		

da região. O principal depósito da área está situado aproximadamente a 8km, a sul da cidade de Imperatriz, no vale do córrego Cacauzinho. As reservas estão estimadas em 2.500 mil toneladas. O depósito tem uma coloração cinza-escura e aspecto estratiforme.

Um total de 8 olarias utilizam-se dessa argila. Algumas estão com licenciamento aprovado; outras funcionam irregularmente (tabela II.7.2). A maioria utiliza-se de equipamentos pesados como tratores, pás carregadeiras e caminhões.

A produção média mensal das olarias é aproximadamente de 1.000.000 peças, entre tijolos e telhas, diminuindo sensivelmente esse número durante a estação chuvosa. Todo o produto é absorvido pelo mercado local e cidades próximas.

7.3 Calcário

Esse bem mineral ainda não representa fontes de divisa para a economia local. Carente na região, a sua condição de largo emprego, quer na agricultura como corretivo de solo, quer na construção civil como matéria-prima para cal e cimento, tem sido objeto de pesquisa principalmente nas áreas de ocorrência da Formação Codó.

Os pequenos e esparsos afloramentos de calcário no âmbito desta formação têm despertado interesse, embora sejam sombrias as pespectivas de encontrar-se um grande depósito.

Fatores como pequenas espessuras, impurezas pela presença de níveis arenosos, extenso capeamento contribuem para isto.

TABELA II.7.2
OLARIAS QUE EXPLOTAM ARGILA DO CÓRREGO CACAUZINHO

Nº	LOCAL	MUNICÍPIO	MÉTODO DE EXTRAÇÃO	DADOS DE PRODUÇÃO (peças/mes)	PREÇO (milheiro) (Cz$)	RESERVA INFERIDA (t)
A	Corr. Cacauzinho	Imperatriz	Mecanizada	83.000	5.720	-
B	Corr. Cacauzinho	Imperatriz	Mecanizada	300.000	5.700	798.600
C	Corr. Cacauzinho	Imperatriz	Mecanizada	44.000	5.900	319.440
D	Corr. Cacauzinho	Imperatriz	Mecanizada	150.000	5.720	792.000
E	Corr. Cacauzinho	Imperatriz	Mecanizada	300.000	5.700	-
F	Corr. Cacauzinho	Imperatriz	Mecanizada	300.000	5.700	-

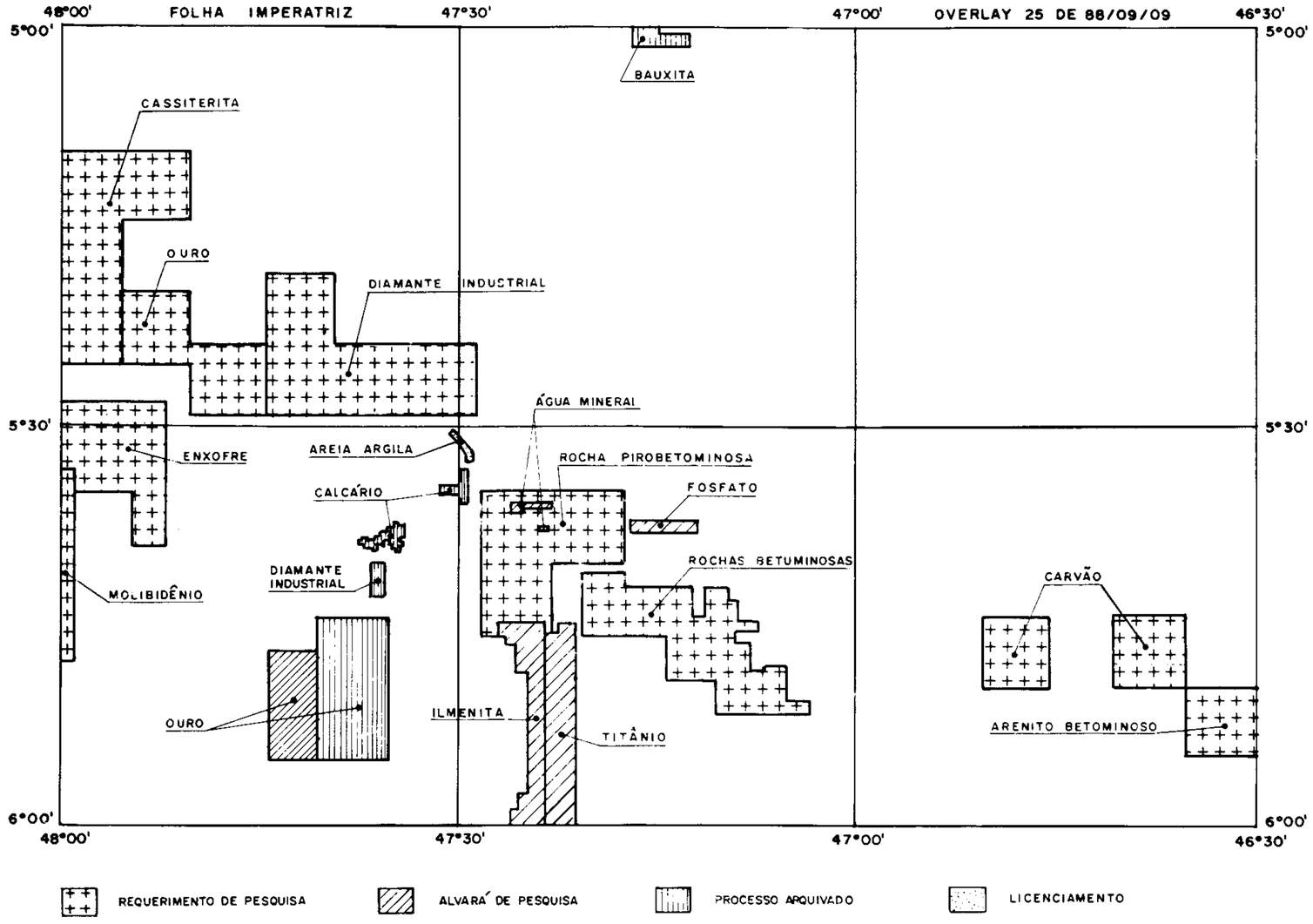


Figura II.7.1 – Mapa-índice das áreas protocolizadas no DNPM até 09/09/88 (com atualização pelo PROSIG até outubro/88).

PARTE III - Considerações Finais

1. CONCLUSÕES

Atendendo ao objetivo de avaliar o potencial mineral da folha, bem como o seu comportamento hidrogeológico, o mapeamento geológico da Folha Imperatriz, utilizando métodos convencionais para este tipo de trabalho, gerou uma série de informações básicas quer como contribuição a um melhor conhecimento da geologia da área em apreço, quer como fundamento para programas de pesquisa mineral ou trabalhos em escalas de maior detalhe, podendo-se tirar as seguintes conclusões:

- No que concerne à geologia, foram identificadas 8 unidades estratigráficas, sendo a mais antiga a Formação Sambaíba datada do Triássico Superior. Seguem-se, em ordem estratigráfica, as unidades Mosquito, Corda, Grajaú, Codó, Itapecuru, Coberturas Tércio-Quaternárias e Aluviões.

- Sem ter sido submetida a grandes deformações, a bacia tem refletidas, na área mapeada, as suas principais feições estruturais - os lineamentos Transbrasiliano (NE-SW) e Picos-Santa Inês (NW-SE). As evidências das reativações de tais estruturas na folha estão presentes nos sedimentos da Formaçào Itapecuru e são observadas nas imagens de satélite, mosaicos de radar e aerofotos. No campo, há um domínio de fraturas fechadas, subverticais, coincidentes com as duas direções citadas.

- As formações Sambaíba e Mosquito restringem-se ao limite sudoeste da folha. Sem expressão em afloramentos, não serão feitas aqui considerações sobre as suas potencialidades.

- A Formação Corda, de idade jurássica, ocorre nas partes sul e sudoeste da folha. Foram identificadas três facies, que lhes fornecem características deposicionais de ambiente continental com participação fluvial, eólica e lacustrina. Não são conhecidas ocorrências minerais no domínio desta formação.

- A Formação Grajaú, de idade cretácea (Neo-Aptiano a Eo-Albiano), de deposição síncrona com a Formação Codó, foi identificada nas porções centro-sul e sudoeste da folha. Essencialmente arenosa e afossilífera, essa formação teve o seu ambiente deposicional relacionado ao da Formação Codó. Trata-se de deposições em ambiente deltaico ou em lagunas e lagos.

- A Formação Codó, de idade cretácea (Neo-Aptiano a Eo-Albiano), foi reconhecida em três áreas distintas da folha: a norte de Sítio Novo, nas cercanias de Montes Altos, e nas proximidades de Imperatriz. Caracterizada litologicamente na área por sedimentos finos (areia fina, silte e folhelhos), fossilíferos, ocasionalmente betuminosos, com níveis carbonáticos, essa formação tem sido objeto de pesquisa para diversos bens minerais. Até o momento, tais pesquisas não têm revelado resultados promissores. Os trabalhos dirigidos para calcário têm apresentado valores considerados baixos para as possanças dos horizontes encontrados, além de descontinuidades e impurezas.

- A Formação Itapecuru, as Coberturas Tércio-Quaternárias e as Aluviões podem ser consideradas como unidades prospectáveis para materiais empregados na construção civil.

- A Formação Itapecuru cobre a maior parte da área mapeada. Embora essencialmente arenosa, apresenta níveis argilosos na região de Jenipapo e Tanque (leste de Imperatriz), que podem ser utilizados para pequenas indústrias de cerâmica.

- As Coberturas Tércio-Quaternárias contêm horizontes lateríticos que podem constituir reservas de bauxitas. Localizam-se aí as lateritas bauxitíferas da serra do Tiracambu. Na Folha Imperatriz ocorrem condições morfológicas plausíveis da existência desses horizontes. Foram inseridos também, nessa unidade, níveis de terraços antigos constituídos de cascalhos e distantes da atual calha do rio Tocantins.

- As aluviões quaternárias dos rios Pindaré e Tocantins e alguns tributários de maior porte são as fontes de areia e argila exploradas na região. Embora a ambiência geológica desses rios ofereçam condições favoráveis à acumulação de argilas, os depósitos explotados situam-se sempre nas proximidades dos núcleos urbanos, diminuindo assim os custos com transporte. A existência desses depósitos torna, atualmente, essa unidade como a de maior interesse econômico da área.

- Do ponto de vista hidrogeológico, na área verifica-se que a grande maioria dos poços tubulares edificados explota os aqüíferos Corda, Grajaú e Itapecuru, em zonas aflorantes ou subaflorantes, facilitando assim a captação de águas

subterrâneas a pequenas profundidades.

- Os sistemas aqüíferos mencionados têm sido satisfatórios apenas para vazões inferiores a $30m^3/h$. Na grande maioria, os poços aí perfurados encontram-se produzindo vazões muito abaixo do referido.

- O aqüífero Sambaíba tem apresentado vazões em torno de $225m^3/h$ em poços perfurados com mais de 350m, na região de Imperatriz. Os poços edificados apresentam-se subconfinados a confinados e até mesmo surgentes em certos casos.

- Os resultados das análises físico-químicas dessas águas indicam apenas a presença das classes carbonatadas e cloretadas com predominância dos tipos sódicos, cálcicos magnesianos e mistos, enquadrando-as como águas relativamente jovens. De acordo com os diagramas de análises químicas de águas, estas se caracterizam como de potabilidade permanentemente boa.

- Para irrigação essas águas são classificadas como de baixa a média salinidade e fracamente sódica podendo ser utilizadas, na grande maioria dos casos, sem que haja riscos nocivos de troca iônica.

2. RECOMENDAÇÕES

Com o advento do estado do Tocantins (parte da folha mapeada) e da ferrovia Norte-Sul, prevê-se grande impulso desenvolvimentista para a região nos próximos anos.

A procura de matérias-primas carentes na região tende a aumentar e a realização de trabalhos geológicos de maior detalhe se faz necessária para melhor conhecimento de suas potencialidades.

Para atingir esse objetivo, recomenda-se aos governos dos estados do Maranhão e Tocantins:

Geologia/Estratigrafia:

- a realização de mapeamento geológico na escala 1 :50.000, com prioridade para as áreas de ocorrência das formações Codó e Grajaú (carta anexa – áreas II e XIV);

- a realização de estudos das coberturas tércio-quaternárias visando a estabelecer suas variações faciológicas, definindo e destacando possíveis unidades estratigráficas; efetuar correlações com as lateritas bauxitíferas que ocorrem na região (carta anexa – áreas III, V, VI, VII, VIII, IX, X, XI e XV).

Prospecção – (atividade dirigida principalmente às empresas privadas):

- a prospecção para calcário deverá ser limitada aos domínios da Formação Codó, em áreas aflorantes e subaflorantes. Nessa situação da bacia não se deve esperar camadas espessas. Fatores como impurezas, pela presença de siliciclastos, e descontinuidades dos níveis carbonáticos devem ser considerados. Além do mapeamento geológico, deverão ser realizados poços, trincheiras e sondagens rasas (média de 30m) (carta anexa – áreas II e XIV);

- para material de construção as planícies aluviais ao norte de Imperatriz oferecem condições adequadas para acumulação de areia e argila, ocorrendo ainda níveis de terraço com cascalho na área I da carta anexa. O vale do Pindaré também se presta a este fim (carta anexa – área IV). Escavações de poços e trincheiras são necessárias;

- a ocorrência de argila do vale do riacho Batalha deve ser melhor caracterizada com pesquisa preliminar, realizando-se furos a trado e amostrando-a de modo sistemático. A área é servida por energia elétrica e atualmente está em fase de conclusão a rodovia MA-122, asfaltada, que ligará a região às cidades de Imperatriz e Grajaú (carta anexa – área XIII);

- para as coberturas tércio-quaternárias, posicionadas em destaque topográfico, realizar poços e trincheiras, amostrar sistematicamente os níveis diferenciados da crosta laterítica, analisando-os para Al (carta anexa – áreas III, V, VI, VII, VIII, IX, X, XI e XV).

- embora conhecendo-se apenas dados qualitativos, a presenças de vários minerais de Ti como ilmenita, rutilo e anatásio em concentrado de bateia sugerem a execução de trabalhos prospectivos utilizando-se este método, além de escavação de poços e trincheiras nas aluviões do Tocantins (carta anexa – área I).

Hidrogeologia – (atividade dirigida aos governos estaduais e/ou empresas privadas):

- levantamento mais acurado das características hidrogeológicas e hidrodinâmicas dos aqüíferos Sambaíba, Corda, Grajaú e Itapecuru, além das aluviões, quando do estudo de viabilidade para implantação de projetos agropecuários ou abastecimento de centros populacionais, para melhor aproveitamento das reservas de água subterrânea da folha;

- quando a demanda de águas desejada for inferior a $30m^3/h$, a captação deve ser dirigida para os aqüíferos Corda, Grajaú e Itapecuru, com poços até a profundidade máxima de 250m.

- para vazões superiores recomenda-se o aqüífero Sambaíba, com profundidades maiores que 350m para obtenção de vazões prováveis acima de $100m^3/h$.

- com referência a empreendimentos que visem à irrigação de grandes áreas, onde são necessários elevados volumes de água, tem-se como opção o sistema Poti-Piauí; com profundidades superiores a 1.000m, que, em conjunto com os demais aqüíferos sobrepostos, deverá produzir elevadas vazões.

Referências Bibliográficas

ABREU, F. A. M. de et alii A estrutura setentrional do Brasil segundo a gravimetria. Ciências da Terra, 10: 10-13, 1984.

ABREU, S. F. Observações sobre a Guiana Maranhense. Revista Brasileira de Geografia, Rio de Janeiro, 1(4): 26-50, 1939. il.

AB'SABER, A. N. Contribuição à geomorfologia do estado do Maranhão. Notícia geomorfológica, Campinas, 3 (5): 35-45, 1960.

AGUIAR, G. A. de Bacia do Maranhão; geologia e possibilidade de petróleo. Belém, PETROBRÁS - RENOR, 1969, 55 p. il. (Relatório Inédito, 371).

AGUIAR, G. A. de Revisão geológica da bacia paleozóica do Maranhão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 25, São Paulo, 1971. Anais do... São Paulo, SBG, 1971. v. 3. p. 113-122.

AGUIAR, G. A. de & NAHASS, S. Mapa geológico geral da bacia do Maranhão, esc. 1:1.000.000, Rio de Janeiro, PETROBRÁS, 1969.

ALMEIDA, J. C. de et alii Relatório do projeto cadastramento e investigações geológicas de ocorrências minerais do estado do Maranhão, nas áreas das bacias dos rios Itapecuru e Mearim. São Luís, CODEMINAS, 1977. 2 v. il.

ARAÚJO, C. C. de Projeto estudo global da bacia sedimentar do Parnaíba - subprojeto hidrogeologia; relatório final - folha 12 - Teresina SO. Recife, DNPM/CPRM, 1979. 2 v.

ARAÚJO, C. C. de & VERÍSSIMO, L. S. Projeto prospecção de turfa e linhito no nordeste setentrional. Relatório Final das Etapas I e II. Fortaleza, DNPM/CPRM, 1984. 2 v. il.

BARBOSA, O. et alii Geologia estratigráfica, estrutural e econômica da área do Projeto Araguaia. Rio de Janeiro, DNPM/DGM, 1966.

BATES, C. C. Rational theory of delta formation. Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists, 37(9): 2119 - 2162, 1953.

BEURLEN, K. Bacias Sedimentares no Bloco Brasileiro. Est. Sedimentol., 1 (2): 7-32, 1971.

BRASIL, DNPM Léxico estratigráfico do Brasil. Brasília, 1984. BRASIL, DNPM - Projeto RADAM Folha SA.23 São Luís e parte da Folha SA.24 - Fortaleza; geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1973. il. (Levantamento de Recursos Minerais, 3).

BRASIL, DNPM Mapa geológico do Brasil, escala 1:-5.000.000 Brasília, 1971.

BRASIL, DNPM Mapa geológico do Brasil, escala 1: 2.500.000. Brasília, 1981.

BRASIL, DNPM Mapa metalogenético do Brasil, escala 1: 5.000.000. Brasília, 1973.

BRASIL, DNPM Mapa tectônico do Brasil, escala 1:5.000.000. Brasília, 1971.

BRASIL, DNPM/CPRM Mapa geológico do estado do Maranhão, escala 1:1.000.000. Brasília, 1986.

BRASIL, MINISTÉRIO DO INTERIOR. Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste. Arquivo controle pluviométrico Piauí e Maranhão. Recife, SUDENE. 5 v.

BRAUN, O. P. G. Contribuição à geomorfologia do Brasil Central. Revista Brasileira de Geografia, Rio de Janeiro, 3; 3-39, 1971. il.

BRITO, I. M de História geológica das bacias sedimentares do nordeste do Brasil. Anais Acad. Brasil. Ciênc. 48 (3): 463-474, 1976.

CALDASSO, A. L. da S. A sedimentação mesozóica e seu

relacionamento com a evolução geomorfológica da bacia do Parnaíba. Recife, CPRM, 1978. (Relatório Interno).
CAMPBELL, D. F. et alii Relatório preliminar sobre a geologia da bacia do Maranhão. Rio de Janeiro, CNP, 1949 (boletim, 1).
CANT, D. J. Fluvial facies models and their application. In: SCHOLLE, P. Q. & SPEARING, D. Sandstone depositional environments. Tulsa, Am. Ass. trol. Geol., 1922. p. 115 - 137.
CANT, D.J. & WALKER, R. G. Fluvial processes and facies sequences in the sandy braided South Saskatchewan river, Canada. Sedimentology, 25: 625 - 648, 1978.
CAPUTO, M. V. Stratigrafy tectonics paleoclimatology and paleogeografy of northen Basins of Brazil. Santa Barbara, University of California, 1984. 593 p. il. (Tese de Doutorado).
CAÚLA, J. A. L. Geologia Econômica do município de Codó - Maranhão e Formação Itapecuru. Recife, UFPE, Instituto de Geociências, 1972. 53 p. il. (Relatório de Graduação).
COLARES, J. Q. dos S. & ARAÚJO, C. C. de Projeto especial mapas de recursos minerais, de solos e de vegetação, para a área do Programa Grande Carajás : Subprojeto Recursos Minerais - Folha Santa Inês: SA.23-Y-D, escala 1:250.000. Rel. final. Fortaleza, DNPM/CPRM, 1987. 67 p. il.
COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS - CPRM Projeto especial mapas de recursos minerais, de solos e de vegetação para a área do Programa Grande Carajás. Rio de Janeiro, DNPM/CPRM, 1984. 5 v. il.
COMPANHIA DE PESQUISA E APROVEITAMENTO DE RECURSOS NATURAIS - COPENAT Projeto estudos de materiais para concreto. São Luís, (trabalho em andamento).
COMPANHIA MARANHENSE DE PESQUISA MINERAL (CODEMINAS). Relatório de compilação e análise da bibliografia geológica e dos recursos minerais do Maranhão. São Luís, 1975. 2 v.
COSTA, J. L. da et alii Projeto Gurupi. Relatório Final de etapa. Belém, DNPM/CPRM, 1977. 8v.
COSTA, M. L. da & Sá, J. H. S. Os fosfatos lateríticos da Amazônia oriental: geologia, mineralogia, geoquímica e correlação com as bauxitas da Amazônia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31, Camboriú, 1980. Anais do... Camboriú, SBG, 1980. v. 3. p. 1459-1472.
COSTA, M. L. da et alii Mineralogia das ocorrências de fosfatos lateríticos do Pará e Maranhão (Brasil). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31, Camboriú, 1980. Anais do... Camboriú, SBG, 1980. v. 4. p. 1982-1996.
COSTA, M.L. da A dinâmica de formação de lateritas: o exemplo do NE do Pará e do NW do Maranhão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33, Rio de Janeiro, 1984. Anais do... Rio de Janeiro, SBG, 1984. v. 4. p. 4.823-4.837.
CUNHA, B. C. C da & CARNEIRO, R. G. Interpretação fotogeológica do centro-oeste da bacia do Maranhão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 26, São Paulo, 1972. Anais do... São Paulo, SBG, 1972. p. 65-79.
CUNHA, B. C. C. da & DEL'ARCO, J. O. Variações faciológicas da formação Itapecuru na região de Santa Inês-MA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 35, Belém, 1988. Anais do... Belém, SBG, 1988. v. 2. p. 765-777.
CUNHA, F. M. B. A gênese da bacia do Parnaíba e sua evolução no Paleozóico. Rio de Janeiro, UFRJ - Departamento de Geociências, 1986.
CUSTÓDIO, E. & LLAMAS, M. R. Hidrogeologia subterrânea. Barcelona, Omega, 1976. 2 v. il.
FARINA, M.; LIMA, E. de A. M.; MENTE, A. Recursos minerais da bacia sedimentar do Parnaíba - uma síntese informativa. CPRM, Recife, s.d. 16 p.
FERNANDES, J. S. Baixada Maranhense, B. Geogr., Rio de Janeiro, 5 (53): 545-560, 1947.
FRANCISCO, B. H. R. et alii Contribuição à geologia da folha de São Luís (SA-23), no estado do Pará. Belém, Museu Paraense Emílio Goeldi, 1971. 40 p. il. (Bol. 17).
FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA Geografia do Brasil: região nordeste. SERGRAF - IBGE, 1977. 454 p. il. v. 2.
GALLOWAY, W. E. & HOBDAY, D. K. Terrigenous clastic depositional systems. New York, Springer-Verlag, 1983. 423 p. il. Inclui bibliografia.
GÓES, A. M. Estudos sedimentológicos dos sedimentos Barreiras, Ipixuna e Itapecuru, no norte do Pará e noroeste do Maranhão. Belém, UFPa. Núcleo de Ciências Geofísicas e Geológicas, 1981. (Tese de Mestrado)
JUPIASSÚ, A. M. S. Madeira fóssil - humiriaceae de Irituia, estado do Pará. Belém, Museu Paraense Emílio Goeldi, 1979. 12p. il. (Boletim, 14)
HOWARD, A. P. A review of wave-dominated clastic shoreline deposits. Earth Science Reviews, 17: 223 - 276, 1981.
HUNTER, R. E. & RUBIN, D.M. Bedform climbing in theory and nature. Sedimentology, 29: 121 - 138, 1982.
JOHNSON, H. D. Shallow marine sand bar sequences: an example from the late precambrian of North Norway. Sedimentology, 24: 245 - 270, 1977.
KEGEL, W. A estrutura geológica do nordeste do Brasil. DNPM-DGM, Rio de Janeiro, 1965. 47 p. il.
KEGEL, W. As inconformidades da bacia do Parnaíba e zonas adjacentes. Rio de Janeiro, DNPM, 1956. 59 p. il. (Boletim 160)
KEGEL, W. As intrusões do diabásio e a tectônica da bacia do Parnaíba. Anais Acad. Bras. Ciênc., 28 (3): 281-284, 1956.
KEGEL, W. Dobramentos na bacia do Parnaíba. Anais Acad. Bras. Ciênc. 27 (3): 289-292, 1955.
KING, L. C. A geomorfologia do Brasil oriental. Revista Brasileira de Geografia, Rio de Janeiro, 1956.
KOTSCHOUBEY, B. & TRUCKENBRODT, W. Evolução Poligenética das bauxitas do distrito de Paragominas-Açailândia (estados do Pará e Maranhão). Rev. Bras. Geoc., 11 (3): 193-202, 1981.
LEITE, J. F. et alii Projeto carvão da bacia do Parnaíba. Relatório Final das Etapas II e III. Recife, CPRM/DNPM, 1975.

LIMA, E. de A. M. & LEITE, J. F. Projeto estudo global dos recursos minerais da bacia sedimentar do Parnaíba; integração geológico-metalogenética; relatório final da etapa III. Recife, DNPM/CPRM, 1978. 16 v. il. mapas.

LISBOA, M. A. R. The Permian Geology of Northern Brazil. Am. J. Sci., New Haven, 37 (211) : 423-443, 1914.

LOGAN, J. The interpretation of chemical analyses of water. Recife, USAID, 1965. 65 p. graf.

LOWE, D.R. Water escape structures in coarse-grained sediments. Sedimentology, 22: 157 - 2O4, 1975.

MESNER, J. C. & WOOLDRIDGE, L. C. P. Estratigrafia das bacias paleozóica e cretácea do Maranhão. Bol. Técnico da Petrobrás. Rio de Janeiro, 7 (2): 137-164, il. 1962.

MIALL, A. D. A review of the braided-river depositional environment. Earth Sci. Rev., 13: 1 - 62, 1977.

MIALL, A. D. Analysis of fluvial depositional systems. Tulsa, AAPG, 1982. 75 p.

MOLNAR, B & GURDINEIA, J. Reconhecimento geológico entre as bacias do Amazonas e Maranhão - PETROBRÁS. Belém,1966.

MOURA, P. de Rio Gurupi - Serviço Geológico e Mineralógico, Boletim n.78. Rio de Janeiro, 1936.

MUTTI, E. & LUCCHI, F. R. Turbidites of the Northern Apennines: introduction to facies analysis. Internat. Geology Rev., 2O(2): 125 - 166, 1972.

NORMARK, W. R. Fan valleys, channels and depositional lobes on modern srmarine fans: characters for recognition of sandy turbidite environments. The American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 62(6): 912 - 931, jun., 1978.

PETROBRÁS. Mapa Bouger compilado, escala 1:2.500.000, área Pará-Amapá-Maranhão-Piauí e Ceará. Belém, PETROBRÁS/RENOR - DIREX, 1969. (Rel. Inédito).

PETROBRÁS/CPRM. Projeto Mapa das estruturas de ruptura do Brasil, 1:2.500.000, 1983.

PLUMMER, F. B. et alii. Estados do Maranhão e Piauí. In: Brasil. Conselho Nacional do Petróleo. Relatório de 1946, Rio de Janeiro, 1948.

PRICE, L. I. Sedimentos mesozóicos na baía de São Marcos, estado do Maranhão. Rio de Janeiro, DNPM, 1947. 12 p. il.

RAAF, J. F. M. de Wave-generated structures and sequences from a shallow marine succession, lower carboniferous, county cork, Ireland. Sedimentology, 24: 451 - 483, 1977.

READING, H. G. Sedimentary environments and facies. 2 ed. Oxford, Blackwell Scientific Publications, 1986. 615 p. il. Inclui bibliografia.

REZENDE, W. M. & PAMPLONA, H. R. Estudos do Desenvolvimento do Arco Ferrer-Urbano Santos. PETROBRÁS, 1970.

RUST, B. R. Structure and process in a braided river. Sedimentology, 18: 221 - 245, 1972.

SCHREIBER, B. C. Arid Shorelines and Evaporites. In: Sedimentary Environments and Facies. Oxford, Blakcwell Scientific Pub., 1986.

SCHUMM, S. A. Fluvial Geomorphology In: River Mechanics H.W. Shen Ed. & Pub. Colorado, 1971.

SCRUTON, P. C. Delta building and the deltaic sequence. In: SYMPOSIUM RECENT SEDIMENTS, Northwest golf of Mexico. Mexico, AAPG, 196O. p. 82 - 1O2.

SILVA, E. F. A. da & LINS, C. A. C. Projeto Itapecuru; reconhecimento geológico-radiométrico preliminar. Relatório final. Recife, CPRM/CNEN, 1971.

SINGH, I. B. & REINECK, H. E. Depositional sedimentary environments. 2 ed. revis. New York, Springer-Verlag, 1986 551 p. il. Inclui bibliografia.

SOARES FILHO, A. R. Projeto estudo global dos recursos minerais da bacia sedimentar do Parnaíba - subprojeto hidrogeologia; relatório final - folha 7 - Teresina NO. Recife, DNPM/CPRM, 1979, 2 v.

SUSZCZYNSKI, E. F. Relatório Hidrogeológico da região entre Pindaré-Mirim e Turiaçu, Maranhão/s. l./CONESP, 1966. 22 p. il. (Relatório Inédito) 11.

SZATMARI, P. et alii Evolução tectônica da margem equatorial brasileira. Revista Brasileira Geociências 17 (2): 180-188, jun. 1987 il.

WALKER, R. G. Distinctive types of ripple-drift cross-lamination. Sedimentology, 2: 173 - 188, 1963.

WEIMER, R. J.; HOWARD, J. D.; LINDSAY, D. R. Tidal flats and associated tidal channels. In: SCHOLE, P. A. & SPEARING, D. Sandstone depositional environments. Tulsa, Am. Ass. Petrol. Geol., p. 191 - 245, 1982.

WRIGHT, L. D. Sediment transport and deposition at river mouths: a synthesis. Geological Society of America Bulletin, 88: 857 - 868, jun., 1977.

WRIGHT, L. D. & COLEMAN, J. M. Variation in morphology of major river deltas as functions of ocean wave and river discharge regimes. Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists; 57(2): 37O - 398, fev. 1973.

Apêndices

APÊNDICE I

SÚMULA DOS DADOS DE PRODUÇÃO

1. MAPEAMENTO GEOLÓGICO	
Caminhamento geológico (km)	914
Afloramentos estudados	150
Afloramentos amostrados	25
Amostras analisadas	13
Tipo de análises	
Macropaleontológica qualitativa	01
Micropaleontológica qualitativa	02
Palinológica completa	02
Palinológica qualitativa	03
Difração de Raios X	01
Calcário completo	01
Química via úmida	01
Química de elementos traços	01
Concentrado (qualitativa)	01
Petrográfica	01
Cadastramento mineral	09
2. LEVANTAMENTO HIDROGEOLÓGICO	
Poços tubulares cadastrados	111
Poços manuais cadastrados	56
Fontes cadastradas	17
Análises físico-químicas	24
3. GEOFÍSICA	
Cintilometria (número de leituras)	100

APÊNDICE II

Ilustrações Fotográficas

Foto 1

Foto 2

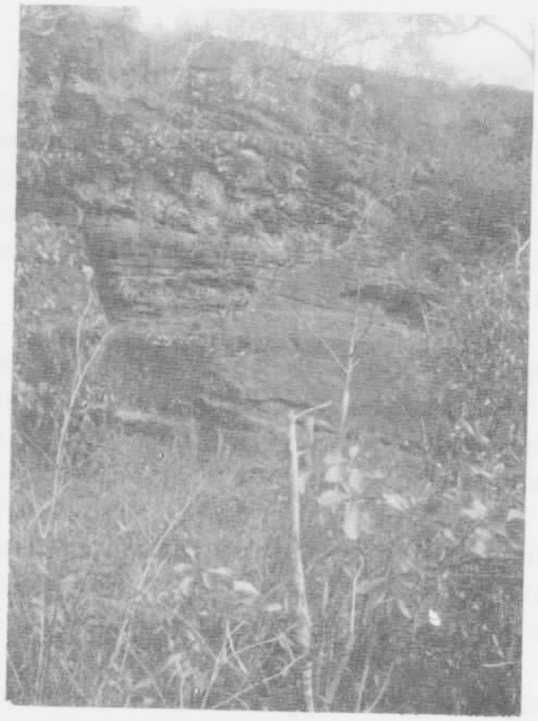


Foto 3

Foto 4

Foto 5

Foto 1 – Serraria em Amarante do Maranhão. A indústria madeireira é uma das principais atividades econômicas da região.

Foto 2 – Desmatamento em Sítio Novo (MA). Paisagem sombria, modificada pela ação indiscriminada do homem. Grandes derrubadas de árvores centenárias, seguidas por queimadas. Fato comum em todos os quadrantes da área.

Foto 3 – Arenitos finos a médios com estratificação cruzada acanalada de grande porte na Formação Sambaíba. Margem da BR-230. Extremidade SW da folha.

Foto 4 – Ritmitos arenopelíticos, laminados, arroxeados, com laminação cruzada cavalgante (*climbing ripples*). Ambiente lacustre da Formação Corda. Sul de Montes Altos (MA). Afloramento AS-26.

Foto 5 – Laminação planoparalela (regime de fluxo superior) em arenito fino a médio da Formação Corda. Localidade de Sítio. Afloramento AS-47.

Foto 6

Foto 7

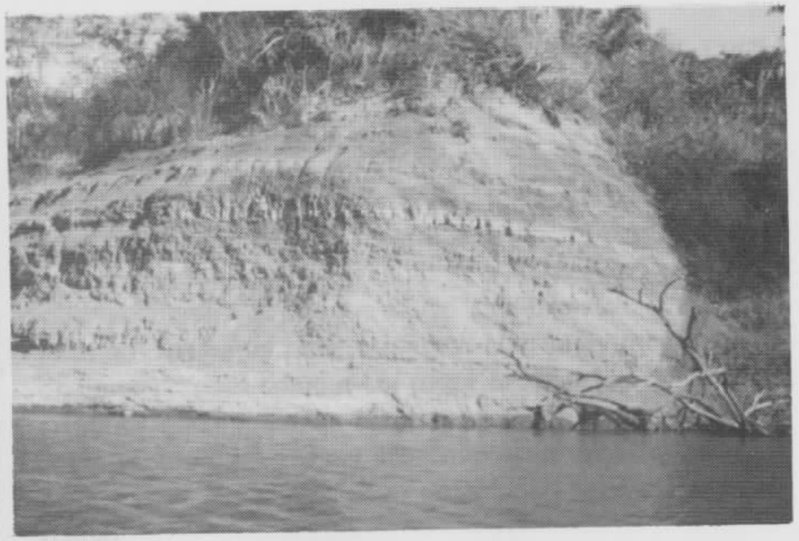


Foto 8

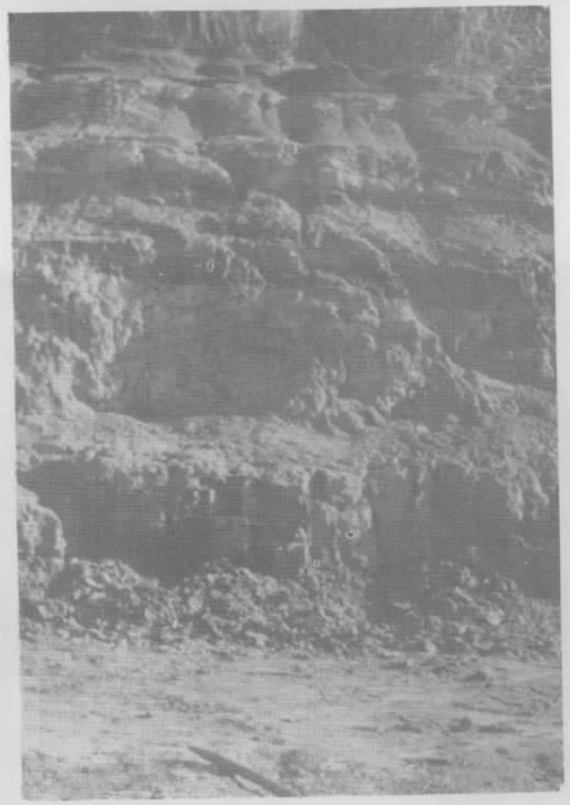


Foto 9

Foto 10

Foto 6 – Arenito fino a médio, amarronzado, com estratificação cruzada acanalada de grande porte. Variados sentidos de paleocorrentes. Ambiente eólico da Formação Corda.

Foto 7 – Arenito micáceo, médio, estratificação cruzada acanalada de médio porte. Leitos grosseiros. Formação Grajaú. Margem direita do rio Tocantins. Sul de Imperatriz (MA). Afloramento LV-17.

Foto 8 – Folhelho cinza, fossilífero, com concreções de pirita na base, seguido por alternância de arenitos finos carbonáticos, esbranquiçados e siltitos arroxeados. Formação Codó. Localidade de Jatobal (MA). Aflor. AS-46.

Foto 9 – Detalhe da foto 8.

Foto 10 – Discordância local marcando contato entre as formações Codó e Itapecuru. Na base arenito fino a médio, creme, tons avermelhados, sigmoidal, envolvido por pelito. Superfície erosiva trunca este arenito, iniciando novo ciclo com pavimento seixoso. Estrada MA-280. Entrada W de Sítio Novo (MA). Afloramento AS-70.

Foto 11

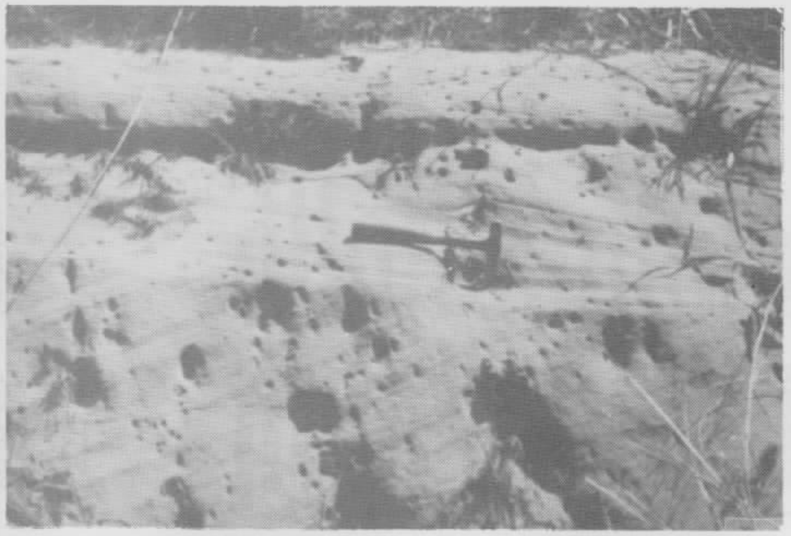


Foto 12

Foto 11 – Foto anterior em detalhe. Destaque para as formas sigmoidais.

Foto 12 – Estratificação cruzada acanalada de grande porte em arenito médio a grosseiro da Formação Itapecuru. BR-010, norte de Imperatriz (MA). Afloramento LV-17.

Foto 13

Foto 13 – Arenito fino com formas sigmoidais da Formação Itapecuru. 11 km a sul de Sítio Novo (MA). Afloramento AS-65A.

Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil
(período 1985 – 1989)

Folhas em Execução

NA.19-X-C	-
NA.19-X-D	-
NA.19-Y-B	Rio Aiari [1]
NA.19-Y-D	Iauarete [1]
NA.19-Z-A	Rio Icana [1]
NA.19-Z-B	Cucuí [1]
NA.19-Z-C	Rio Uaupés [1]
NA.19-Z-D	Pico da Neblina [1]
NA.20-X-C-III	Paredão [1]
NA.20-X-C-VI	Serra do Ajarani [1]
NA.20-X-D-IV	-
SA.19-V-B	-
SA.19-X-A	Rio Curicuriari [1]
SA.19-X-B	São Gabriel da Cachoeira [1]
SA.23-V-D	Turiaçu [4]
SA.23-Y-B	Pinheiro [4]
SA.23-X-C	Cururupu [4]
SA.23-Z-A	São Luís [4]
SA.23-Z-C	Itapecuru-Mirim [4]
SB.22-X-C	Rio Itacaiúnas [4]
SB.22-X-D	Marabá [4]
SB.22-Y-B	São Félix do Xingu [4]
SB.22-Z-A	Serra dos Carajás [4]
SB.22-Z-B	Xambioá [4]
SB.23-V-A	Rio Cajuapará [4]
SB.24-V-C-III	Crateús [3]
SB.24-Z-D-I	Patos [1]
SB.24-Z-D-II	Juazeirinho [1]
SB.24-Z-D-V	Sumé [1]
SB.25-Y-C-IV	Surubim [1]
SC.20-Z-C-V	Paulo Saldanha [1]
SC.20-Z-C-VI	Rio Pardo [1]
SC.22-X-A	Redenção [4]
SC.22-Z-C	Xinguara [4]
SC.23-X-C-V	Coribe [1]
SC.24-V-A-I	Seabra [1]
SC.24-V-B-I	Cruz de Malta [1]
SC.24-V-B-II	Parnamirim [1]
SC.24-V-B-V	Santa Maria da Boa Vista [1]
SC.24-X-A-III	Custódia [1]
SC.24-X-B-I	Sertânia [1]
SD.21-Y-C-II	Pontes e Lacerda [1]
SD.21-Y-C-V	Santa Bárbara [1]
SD.22-Z-C-VI	Itaguaru [1]
SD.22-Z-D-V	Pirenópolis [1]
SD.23-Y-D	Buritis [2]
SD-23-Z-D-II	Monte Azul [3]
SD.23-Z-D-V	Rio Pardo de Minas [3]
SE.22-X-A-III	Itaberaí [1]
SE.22-X-A-VI	Nazário [1]
SE.22-X-B-I	Nerópolis [1]
SE.22-X-B-II	Anápolis [1]
SE.22-X-B-IV	Goiânia [1]
SE.22-X-B-V	Leopoldo Bulhões [1]
SE.22-X-B-VI	Caraíba [1]
SE.23-V-B	São Romão [2]
SE.24-Y-C-V	Baixo Guandu [1]
SE.24-Y-C-VI	Colatina [1]
SF.23-V-A-II.2	Rio São Lourensinho [7]
SF.23-V-A-III.1	Itanhaem [7]
SF.23-V-A-III.2	Mangagua [7]
SF.23-X-B-I	Mariana [1]
SF.23-X-D-I	Rio Pomba [1]
SF.23-Y-A-V.4	Campinas [7]
SF.23-Y-A-VI.3	Valinhos [7]
SF.23-Y-C-II.2	Indaiatuba [7]
SF.23-Y-C-II.4	Cabreúva [7]
SF.23-Y-C-III.1	Jundiaí [7]
SF.23-Y-C-III.4	Guarulhos [7]
SF.23-Y-C-IV.3	Santana do Parnaíba [7]
SF.23-Y-C-V.2	São Roque [7]
SF.23-Y-C-V.4	Juquitiba [7]
SF.23-Y-C-VI.1	Osasco [7]
SF.23-Y-C-VI.2	São Paulo [7]
SF.23-Y-C-VI.3	Imbu-Guaçu [7]
SF.23-Y-C-VI.4	Riacho Grande [7]
SF.23-Y-D-I.1	Piracaia [7]
SF.23-Y-D-I.2	Igaratá [7]
SF.23-Y-D-I.3	Itaquaquecetuba [7]
SF.23-Y-D-I.4	Santa Isabel [7]
SF.23-Y-D-II.3	Jacareí [7]
SF.23-Y-D-IV.1	Suzano (Mauá) [7]
SF.23-Y-D-IV.2	Mogi das Cruzes [7]
SF.23-Y-D-IV.3	Santos [7]
SF.23-Y-D-IV.4	Bertioga [7]
SF.23-Y-D-V.1	Salesópolis [7]
SF.24-V-A-VI	Guarapari [1]
SG.22-X-A-VI.4	Socavão [7]
SG.22-X-B-IV.2	Ribeira [1]
SG.22-X-B-IV.3	Cerro Azul [7]
SG.22-X-B-IV.4	Tunas [7]
SG.22-X-B-V.1	Apiaí [1]
SG.22-X-B-V.3	Epitácio Pessoa [7]
SG.22-X-B-V.4	Barra do Turvo [7]
SG.22-X-C-III.1	Itaiacoca [7]
SG.22-X-C-III.2	Três Córregos [7]
SG.22-X-C-III.3	Colônia Quero-Quero [7]
SG.22-X-C-III.4	Campo Largo [7]
SG.22-X-C-VI.1	Porto Amazonas [7]
SG.22-X-C-VI.2	Contenda [7]
SG.22-X-C-VI.4	Lapa [7]
SG.22-X-D-I	Curitiba [1]
SG.22-X-D-I.1	Rio Branco do Sul [7]
SG.22-X-D-I.2	Bocaiúva do Sul [7]
SG.22-X-D-I.3	Curitiba [7]
SG.22-X-D-I.4	Piraquara [7]
SG.22-X-D-II.1	Represa do Capivari [7]
SG.22-X-D-II.2	Serra da Virgem Maria [7]
SG.22-X-D-II.3	Morretes [7]
SG.22-X-D-IV.1	Araucária [7]
SG.22-X-D-IV.2	São José dos Pinhais [7]
SG.22-X-D-IV.3	Mandirituba [7]
SG.22-X-D-IV.4	Tijucas do Sul [7]
SG.22-X-D-V.1	Mundo Novo [7]
SG.22-X-D-V.3	Colônia Santos Andrade [7]
SG.22-Z-D-I.2	Botuverá [1]
SG.22-Z-D-II.1	Brusque [1]
SG.22-Z-D-V	Florianópolis [1]
SH.22-V-C-IV	Santa Maria [3]
SH.22-Y-A-I.4	Passo do Salsinho [1]
SH.22-Y-C-II	Piratini [1]

Folhas Concluídas
Impressas

NB.20-Z-B-V	- [1]
NB.20-Z-B-VI	- [1]
NB.20-Z-D-II	Rio Quino [1]
NB.20-Z-D-III	- [1]
NB.20-Z-D-V	Vila Pereira [1]
NB-20-Z-D-VI	Rio Viruquim [1]
NB.21-Y-A-IV	- [1]
NB.21-Y-C-I	- [1]
NB.21-Y-C-IV	- [1]
SA.22-Y-D	Altamira [4]
SA.23-Y-D	Santa Inês [4]
SB.23-V-B	Vitorino Freire [4]
SB.23-V-C	Imperatriz [4]
SB.24-V-D-V	Mombaça [1]
SB.24-X-B/D	Areia Branca/Mossoró [2]
SB.24-Y-B-II	Catarina [1]
SB.24-Y-C-V	Patos [1]
SB.24-Y-C-VI	Simões [1]
SB.24-Z-B-II	Currais Novos [3]
SB.24-Z-B-V	Jardim do Seridó [3]
SB.24-Z-C	Serra Talhada [2]
SB.24-Z-C-VI	Afogados da Ingazeira [1]
SB.24-Z-D-IV	Monteiro [1]
SB.25-V-C	Natal [2]
SB.25-V-C-IV	João Câmara [1]
SB.25-Y-C-V	Limoeiro [1]
SC.20-V-B-V	Porto Velho [1]
SC.20-V-C-V	Abunã [1]
SC.20-V-C-VI	Mutumparaná [1]
SC.20-V-D-I	Jaciparaná [1]
SC.24-V-A-II	Paulistana [1]
SC.24-V-A-III	Santa Filomena [1]
SC.24-V-A-IV	Barra do Bonito [1]
SC.24-V-A-V	Afrânio [1*]
SC.24-V-A-VI	Riacho do Caboclo [1]
SC.24-V-B-IV	Cristália [1]
SC.24-V-C-III	Petrolina [1]
SC.24-V-D	Uauá [2]
SC.24-V-D-I	Itamotinga [1]
SC.24-X-C-V	Santa Brígida [1]
SC.24-X-C-VI	Piranhas [1]
SC.24-Y-B	Senhor do Bonfim [2]
SC.24-Y-B-VI	Euclides da Cunha [3]
SC.24-Y-C	Jacobina [2]
SC.24-Y-D	Serrinha [2]
SC.24-Z-A-II	Jeremoabo [1]
SC.24-Z-A-III	Carira [1]
SC.25-V-A-II	Vitória de Sto. Antão [1]
SD.21-Z-A	Rosário do Oeste [2]
SD.21-Z-C	Cuiabá [2]
SD.22-X-D	Porangatu [2]
SD.22-Z-B	Uruaçu [2]
SD.22-Z-C	Ceres [2]
SD.22-Z-D	Goianésia [2]
SD.23-X-B	Ibotirama [2]
SD.23-X-D	Bom Jesus da Lapa [2]
SD.23-Y-C	Brasília [2]
SD.23-Z-D-IV	Janaúba [3]
SD.24-V-A-II	Utinga [1]
SD.24.V-A-V	Lençóis [1]
SD.24-V-C	Livramento do Brumado [2]
SD.24-V-C-II	Mucugê [1]
SD.24-Y-A	Vitória da Conquista [2]
SE.21-V-D-V	Morraria da Ínsua [1]
SE.21-Y-B-II	Lagoa de Mandioré [1]
SE.21-Y-B-III	Amolar [1]
SE.22-V-B	Iporá [2]
SE.22-X-A	S. Luís de Montes Belos [2]
SE.22-X-B	Goiânia [2]
SE.22-X-D	Morrinhos [2]
SE.23-Z-B	Guanhães [2]
SE.23-Z-C	Belo Horizonte [2]
SE.23-Z-D	Ipatinga [2]
SF.23-V-D-V.4	São Gonçalo do Sapucaí [1]
SF.23-Y-B-II.2	Heliodora [1]
SG.22-Z-B	Joinvile [2]
SH.22-Y-A	Cachoeira do Sul [2]

[1] Levantamento Geológico/Geoquímico/Metalogenético na escala 1:250.000, 1:100.000, 1:50.000; [2] Mapas Metalogenéticos e de Previsão de Recursos Minerais escala 1:250.000; [3] Mapas de Previsão de Recursos Hídricos Subterrâneos escala 1:100.000; [4] Projeto Especial Mapas de Recursos Minerais, de Solos e de Vegetação para a Área do Programa Grande Carajás - Subprojeto Recursos Minerais; [5] Levantamento geológico visando ao meio-ambiente; [6] Levantamentos aerogeofísicos; [7] Integração geológico-geoquímica de regiões metropolitanas.

MINISTÉRIO DA INFRA-ESTRUTURA
SECRETARIA NACIONAL DE MINAS E METALURGIA
DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL

BASE TECTONOGEOLÓGICA

ESTRATIGRAFIA/TECTÔNICA

DIVISÃO ESTRATIGRÁFICA

Unidade	ma	
TQ / Q	1,8	QUATERNÁRIO, TÉRCIO-QUARTENÁRIO.
K	65	CRETÁCEO.
TRJ / J / TR	141 – 195 – 235	JURÁSSICO; TRIÁSSICO; TRIÁSSICO/JURÁSSICO.

INTERVALO DE EROSÃO

DIVISÃO TECTONOGEOLÓGICA

- sf — Cobertura superimposta final.
- s — Cobertura sedimentar não-dobrada.

LITOLOGIA/PETROGRAFIA

ROCHAS SEDIMENTARES

- Seqüência areno-silte-argilosa.
- Siltitos; argilitos e/ou folhelhos.
- Arenitos: coberturas de areia e cascalho.

ROCHAS VULCÂNICAS

- Basalto.

Facies Sedimentar: Fluvial (f) Continental (c) Fluvilagunar (fl)

ELEMENTOS ESTRUTURAIS DIVERSOS

Contato — Fratura — Contato aproximado

CARACTERÍSTICAS METALOGENÉTICAS

SUBSTÂNCIAS MINERAIS

- ag - Argila
- cc - Calcário
- agmi - Água mineral
- ar - Areia
- pi - Pirita

MORFOLOGIA

- Estratiforme
- Irregular
- Não-especificadas

CLASSE DO JAZIMENTO

- Sedimentar

ÁREAS MINERALIZADAS

- SED - Áreas mineralizadas ligadas às rochas sedimentares
- AL - Áreas mineralizadas ligadas a aluviões

LISTAGEM DE JAZIMENTOS MINERAIS

NÚMERO DE ORDEM	SUBSTÂNCIA	LOCAL	ROCHA HOSPEDEIRA
01	Areia/ Cascalho	São Miguel	Arenito.
02	Areia/ Cascalho	São Domingos	Arenito
03	Areia/ Cascalho	Barra do Andirobal	Aluvião
04	Areia/ Cascalho	Samaúma	Arenito
05	Argila	Riacho Cacauzinho	—
06	Argila	Riacho Batalha	—
07	Pirita	Jatobal	Folhelho
08	Calcário	Casa Branca	Calcário
09	Água Mineral	Bananal	Arenito

PRINCIPAIS FONTES DE INFORMAÇÕES

AGUIAR, G. A. de. Revisão geológica da bacia paleozóica do Maranhão. In.: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 25, São Paulo, 1971. Anais do... São Paulo, SBG, 1971. v. 3p. 113-122

BRASIL. DNPM. Mapa tectônico do Brasil. Escala 1:5.000.000. Brasília, 1971.

BRASIL. DNPM. Mapa geológico do Brasil. Escala 1:5.000.000. Brasília, 1971.

BRASIL. DNPM. Projeto Radam-Folha. SB 23. São Luís e parte da folha SB. 24 - Fortaleza; Geologia, Geomorfologia, Solos, Vegetação e Uso Potencial da Terra. Rio de Janeiro, 1973. Il. Mapas, Bibliografia.

BRASIL. DNPM. Mapa metalogenético do Brasil. Escala 1:5.000.000. Brasília, 1973.

BRASIL. DNPM. Mapa geológico do Brasil. Escala 1:2.500.000. Brasília, 1981.

CAPUTO, M.V. Stratigraphy, tectonics, paleoclimatology and paleogeography of northern basins of Brazil. Santa Barbara. University of California, 1984. 583 p. il. (Tese de Doutorado).

CUNHA, F. M. B. A gênese da bacia do Parnaíba e sua evolução no paleozóico. Rio de Janeiro, UFRJ - Departamento de Geociências, 1986.

LIMA, E. DE A. M. & LEITE, J. F. Projeto estudo global dos recursos minerais da bacia sedimentar do Parnaíba; Integração Geológico metalogenética, Relatório Final da Etapa III. Recife, DNPM/CPRM 1978. 16 v. il. Mapas.

PETROBRAS/CPRM. Mapa das estruturas de ruptura do Brasil. Escala: 1:2.000.000. Rio de Janeiro, 1983.

SOARES FILHO, A. R. Projeto estudo global dos recursos minerais da bacia sedimentar do Parnaíba, subprojeto hidrogeologia; Relatório Final - Folha 7 - Teresina no. Recife, DNPM/CPRM, 1979, 2 v.

- CIDADE
- Povoado
- Fazenda, aldeia indígena
- Estrada pavimentada
- Estrada sem pavimentação, tráfego permanente
- Caminho
- Estrada de ferro
- Limite interestadual
- Limite de reserva indígena
- Linha de transmissão
- Campo de pouso
- Curso de água
- Lagoa
- Alagado

PROGRAMA LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS BÁSICOS DO BRASIL

PROJETO ESPECIAL MAPAS DE RECURSOS MINERAIS, DE SOLOS E DE VEGETAÇÃO PARA A ÁREA DO PROGRAMA GRANDE CARAJÁS

SUBPROJETO RECURSOS MINERAIS

CARTA METALOGENÉTICA
FOLHA IMPERATRIZ

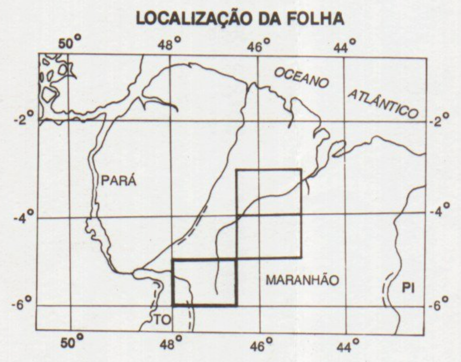
ESCALA 1:250.000

5 km 0 5 10 15 20 km

PROJEÇÃO TRANSVERSA DE MERCATOR

1990

LOCALIZAÇÃO DA FOLHA



ARTICULAÇÃO DA FOLHA

	49°30'	48°00'	46°30'	45°00'
-4°00'	RONDON DO PARÁ SB.22-X-B	AÇAILÂNDIA SB.23-V-A	VITORINO FREIRE SB.23-V-B	
-5°00'	MARABÁ SB.22-X-D	IMPERATRIZ SB.23-V-C	BARRA DO CORDA SB.23-V-D	
-6°00'	XAMBIOÁ SB.22-Z-B	TOCANTINÓPOLIS SB.23-Y-A	FORTALEZA DOS NOGUEIRAS SB.23-Y-B	
-7°00'				

Base cartográfica elaborada a partir da Folha SB.23–V–C Imperatriz, escala 1:250.000, 1ª ed., 1ª imp., DSG, 1986.
Origem da quilometragem UTM: Equador e Meridiano Central 45° W. GR., acrescidas as constantes: 10.000km e 500km, respectivamente. Datum horizontal: SAD 69 – Minas Gerais.
Declinação magnética do centro da folha em 1990: 19°07', Cresce 7,4', anualmente.
Dados temáticos e atualização da base planimétrica foram transferidos pelos técnicos da SUREG/RE, responsáveis pelos trabalhos de campo, visualmente, a partir da interpretação de aerofotos e imagens de satélite.
Tratamento cartográfico dos elementos da base e do tema sob a responsabilidade do Centro de Cartografia – CECAR/CPRM.
Chefia: Regina Célia Gimenez Armesto.
Planejamento cartográfico geral: Célio Lima de Macedo e Milton Brand Baptista.
Preparo da base para desenho: SUREG/RE.
Orientação e preparo dos originais de compilação: Marina Nóbrega.
Especificações e revisão da execução cartográfica: Wilhelm P. de F. Bernard e Carlos A. da S. Copolillo.

CPRM

Projeto Especial Mapa de Recursos Minerais, de Solos e de Vegetação para a Área do Programa Grande Carajás – Subprojeto Recursos Minerais, executado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM, para o Departamento Nacional da Produção Mineral – DNPM, desde 1985.
Folha elaborada pela Residência de Fortaleza da Superintendência Regional de Recife e concluída em janeiro de 1989.
Responsável técnico: Ailton Salviano de Souza e Liano Silva Veríssimo.
Supervisor: José Carvalho Cavalcante.
Coordenador do PGC : Odair Olivatti.
Para a realização deste tema foi utilizado, como base, o mapa geológico da Folha Imperatriz.

MINISTÉRIO DA INFRA-ESTRUTURA
SECRETARIA NACIONAL DE MINAS E METALURGIA
DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL

ZONEAMENTO HIDROGEOLÓGICO

- Área de captação profunda para poços com profundidade superior a 600m e até 1.200m; aqüíferos nos sedimentos Sambaíba (> 350,00m) e Poti-Piauí (> 1.000,00m); água de boa qualidade, com vazões prováveis da ordem de 200m³/h.
- Área de captação pouco profunda para poços com profundidade até 250m; aqüíferos aflorantes e subaflorantes, livres e subconfinados, nas aluviões e nos sedimentos Itapecuru, Grajaú, Corda e Sambaíba; água de boa qualidade, pequenas vazões até 30m³/h.
- Área representada por platôs essencialmente constituídos por coberturas detríticas e/ou lateríticas, não-recomendada para a implantação de empreendimentos hidrogeológicos.

PONTOS DE ÁGUA

CLASSIFICAÇÃO:

FONTE — POÇO MANUAL — POÇO TUBULAR — POÇO TUBULAR JORRANTE — POÇO TUBULAR ABANDONADO

CARACTERÍSTICAS:

1 –○– 2 — 3 - 4 / 5 - 6

1 - Aqüífero (Qal - Aluviões, Ki - Itapecuru, Kc - Codó, Kg - Grajaú, JC - Corda, TRJm - Mosquito e TRs - Sambaíba).
2 - Número de ordem
3 - Profundidade (m)
4 - NE/ND (m)
5 - Vazão (m³/h)
6 - Resíduo seco (mg/l) e/ou CE = Condutividade elétrica (μ mho/cm).

Quando em um ponto forem agrupados diversos poços próximos e da mesma classe:

1 –○– 153-154 — 3 (12) - 4 (11) / 5 (12) e/ou

1 –○– 39/41 — 3 - 4 / 5 - 6 (2)

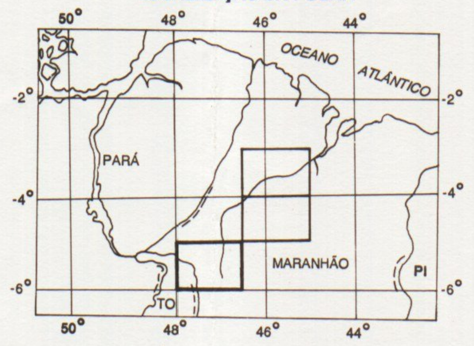
Entre parênteses o número de dados para a obtenção da média indicada. (*)

(*)
- = a (Ex.: 4-6 = 4 a 6)
/ = e (Ex.: 39/41 = 39 e 41)

CIDADE — Povoado — Fazenda, aldeia indígena — Estrada pavimentada — Estrada sem pavimentação, tráfego permanente — Caminho — Estrada de ferro — Limite interestadual — Limite de reserva indígena — AT Linha de transmissão — Campo de pouso — Curso de água — Lagoa — Alagado

Base cartográfica elaborada a partir da Folha SB.23–V–C Imperatriz, escala 1:250.000, 1ª ed., 1ª imp., DSG, 1986.
Origem da quilometragem UTM: Equador e Meridiano Central 45° W. GR., acrescidas as constantes: 10.000km e 500km, respectivamente. Datum horizontal: SAD 69 – Minas Gerais.
Declinação magnética do centro da folha em 1990: 19°07'. Cresce 7,4', anualmente.
Dados temáticos e atualização da base planimétrica foram transferidos pelos técnicos da SUREG/RE, responsáveis pelos trabalhos de campo, visualmente, a partir da interpretação de aerofotos e imagens de satélite.
Tratamento cartográfico dos elementos da base e do tema sob a responsabilidade do Centro de Cartografia – CECAR/CPRM.
Chefia: Regina Célia Gimenez Armesto.
Planejamento cartográfico geral: Célio Lima de Macedo e Milton Brand Baptista.
Preparo da base para desenho: SUREG/RE.
Orientação e preparo dos originais de compilação: Marina Nóbrega.
Especificações e revisão da execução cartográfica: Wilhelm P. de F. Bernard e Carlos A. da S. Copolillo.

LOCALIZAÇÃO DA FOLHA



PROGRAMA LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS BÁSICOS DO BRASIL

PROJETO ESPECIAL MAPAS DE RECURSOS MINERAIS, DE SOLOS
E DE VEGETAÇÃO PARA A ÁREA DO PROGRAMA GRANDE CARAJÁS

SUBPROJETO RECURSOS MINERAIS

CARTA DE ZONEAMENTO HIDROGEOLÓGICO E DE PONTOS DE ÁGUA
FOLHA IMPERATRIZ

ESCALA 1:250.000

5 km 0 5 10 15 20 km

PROJEÇÃO TRANSVERSA DE MERCATOR

1990

ARTICULAÇÃO DA FOLHA

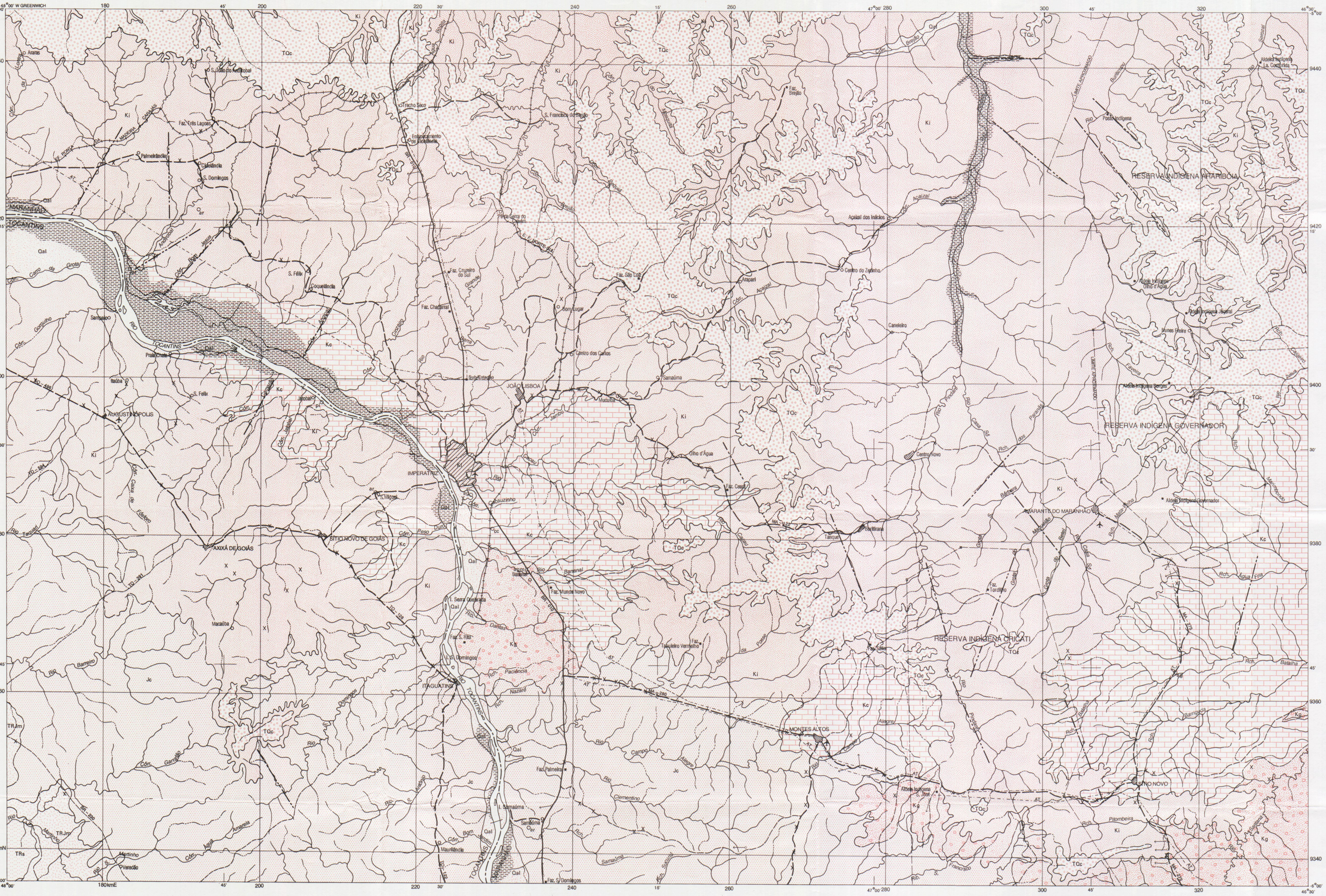
49°30' – 48°00'	48°00' – 46°30'	46°30' – 45°00'
RONDON DO PARÁ SB.22-X-B	AÇAILÂNDIA SB.23-V-A	VITORINO FREIRE SB.23-V-B
MARABÁ SB.22-X-D	IMPERATRIZ SB.23-V-C	BARRA DO CORDA SB.23-V-D
XAMBIOÁ SB.22-Z-B	TOCANTINÓPOLIS SB.23-Y-A	FORTALEZA DOS NOGUEIRAS SB.23-Y-B

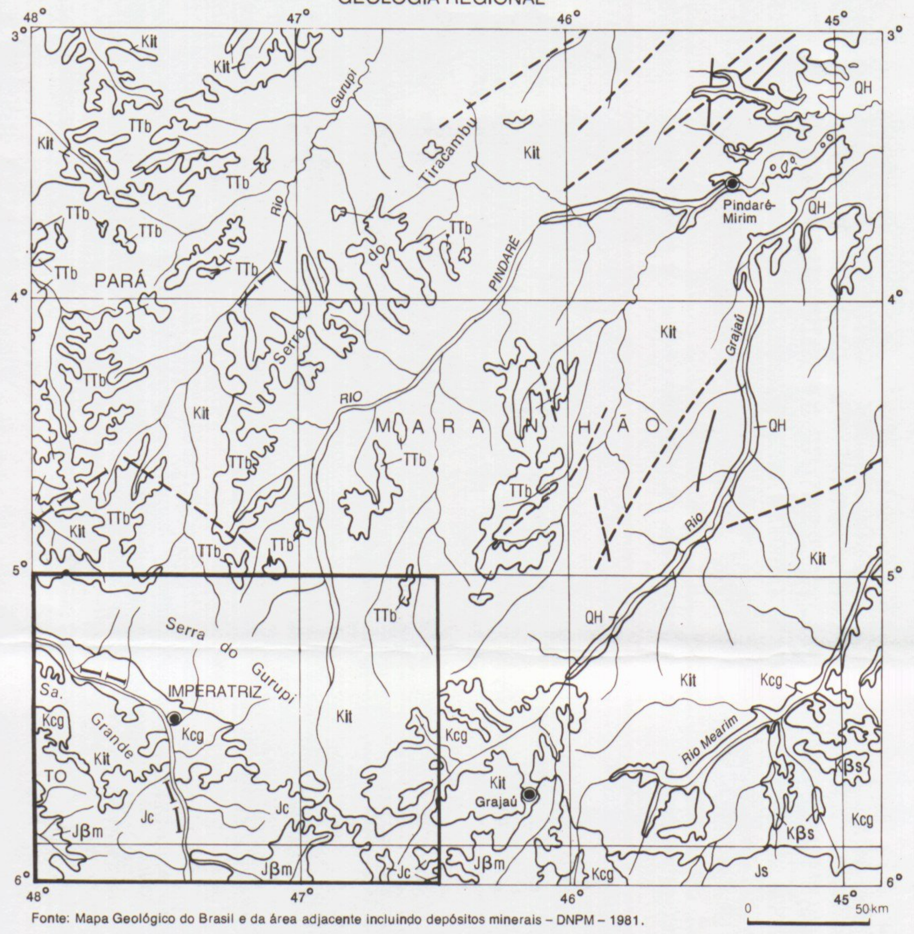
(Latitudes: -4°00', -5°00', -6°00', -7°00')

CPRM

Projeto Especial Mapa de Recursos Minerais, de Solos e de Vegetação para a Área do Programa Grande Carajás – Subprojeto Recursos Minerais, executado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM, para o Departamento Nacional da Produção Mineral – DNPM, desde 1985.
Folha elaborada pela Residência de Fortaleza da Superintendência Regional de Recife e concluída em janeiro de 1989.
Responsável técnico: Clodionor Carvalho de Araújo.
Supervisor: José Carvalho Cavalcante.
Coordenador do PGC: Odair Olivatti.
Para a realização deste tema foi utilizado, como base, o mapa geológico da Folha Imperatriz.

MINISTÉRIO DA INFRA-ESTRUTURA
SECRETARIA NACIONAL DE MINAS E METALURGIA
DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL





Fonte: Mapa Geológico do Brasil e da área adjacente incluindo depósitos minerais – DNPM – 1981.

QUATERNÁRIO

QH — Aluviões fluviais: depósitos marinhos, eólicos e fluvimarinhos. (Holoceno)

TERCIÁRIO

TTb — Grupo barreiras: sedimentos detríticos e lateríticos: arenitos, argilitos e conglomerados

CRETÁCEO

Kit — Arenitos, argilitos e calcários. (Formação Itapecuru)

Kcg — Arenitos, conglomerados, folhelhos, siltitos e calcários. (Formação Codó/Formação Grajaú)

Kβs — Bassaltos. (Formação Sardinha)

JURÁSSICO

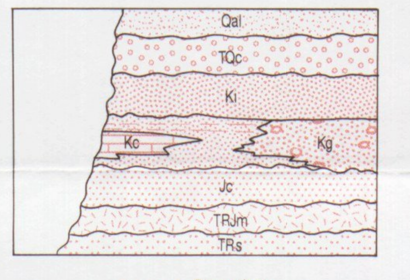
Jc — Arenitos, folhelhos e siltitos (Formação Corda)

Jβm — Basaltos. (Formação Mosquito)

Js — Folhelhos e arenitos. (Formação Sambaíba)

Contato definido — Fratura

RELAÇÃO ENTRE AS UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS



Discordância

CRONOSTRATIGRAFIA			LITOSTRATIGRAFIA	ROCHAS	AMBIÊNCIA	POTENCIAL MINERAL
COBERTURAS SEDIMENTARES REGENTES						
FANEROZÓICO	CENOZÓICO	QUATERNÁRIO	Qal Aluviões	Areias, silte e cascalhos	Continental - fluvial meandrante	Argilas, areias e cascalhos
		TERCIÁRIO	TQc Coberturas Detrítica e laterítica	Sedimentos semiconsolidados, mal selecionados, matriz areno-argilosa, com seixo de quartzo de cor amarelo - avermelhada. São por vezes lateríticas, esbranquiçadas e arroxeadas	Continental - fluvial, eluvial e coluvial	Cascalhos e bauxita
	Bacia Sedimentar do Parnaíba					
	MESOZÓICO	CRETÁCEO	Ki Fm. Itepecuru	Arenitos finos a médios, localmente grosseiros, níveis argilosos. Apresentam estratificação cruzada acanalada, às vezes, festonada	Continental - sistema fluvial "braided"	Areias e argilas
			Kg Kc Fm. Grajaú Fm. Codó	Arenitos finos a médios, com leitos conglomeráticos, creme, micáceos, com estratificação cruzada acanalada e tangencial	Continental - Leques deltaicos em ambientes lagunares	Areias e arenitos silicificados para brita
				Calcários, gipsita, folhelhos negros, laminados, betuminosas, margas com ostrácodes, gastrópodes e lamelibrânquios. Arenitos e siltitos	Lagunar, costeiro, águas rasas, influência marinha e lobos deltaicos	Gipsita, calcários e argilas
		JURÁSSICO	Jc Fm. Corda	Arenito fino a médio, de cor marrom-arroxeada, pintalgado ce caulim, contém estratificação cruzada, planoparalela e acanalada. Seqüência de ritmitos areno-pelíticos, laminados, arroxeados com "climbing - riplles"	Ambiente continental, associado a processos fluvial, eólico e lacustrino	Areias e arenitos para brita
			TRJm Fm. Mosquito	Basalto amigdaldidal, verde-escuro, semi-alterado, maciço, afanítico, constituído de diopsídio, augita, labradorite e minerais opacos	Ambiente continental - extravasamento de lavas básicas através de fissuras em condições subaéreas	Material para brita
		TRIÁSSICO	TRs Fm. Sambaíba	Arenitos finos a médios, bem selecionados, cores vermelha a rósea, normalmente friáveis, silicificação no topo	Sistema continental - eólico - dunas e interdunas	Areias

Contato definido
Contato aproximado
Fratura
X Afloramento descrito
O Ocorrência mineral
Paleocorrente
CIDADE
Povoado
Fazenda, aldeia indígena
Estrada pavimentada
Estrada sem pavimentação, tráfego permanente
Caminho
Estrada de ferro
Limite interestadual
Limite de reserva indígena
AT Linha de transmissão
Campo de pouso
Curso de água
Lagoa
Alagado

PROGRAMA LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS BÁSICOS DO BRASIL

PROJETO ESPECIAL MAPAS DE RECURSOS MINERAIS, DE SOLOS E DE VEGETAÇÃO PARA A ÁREA DO PROGRAMA GRANDE CARAJÁS

SUBPROJETO RECURSOS MINERAIS

CARTA GEOLÓGICA
FOLHA IMPERATRIZ

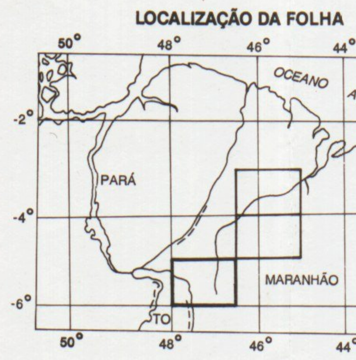
ESCALA 1:250.000

5 km 0 5 10 15 20 km

PROJEÇÃO TRANSVERSA DE MERCATOR

1990

LOCALIZAÇÃO DA FOLHA



Base cartográfica elaborada a partir da Folha SB.23-V-C Imperatriz, escala 1:250.000, 1ª ed., 1ª imp., DSG, 1986.
Origem da quilometragem UTM: Equador e Meridiano Central 45° W. GR., acrescidas as constantes: 10.000km e 500km, respectivamente. Datum horizontal: SAD 69 – Minas Gerais.
Declinação magnética do centro da folha em 1990: 19°07'. Cresce 7,4', anualmente.
Dados temáticos e atualização da base planimétrica foram transferidos pelos técnicos da SUREG/RE, responsáveis pelos trabalhos de campo, visualmente, a partir da interpretação de aerofotos e imagens de satélite.
Tratamento cartográfico dos elementos da base e do tema sob a responsabilidade do Centro de Cartografia – CECAR/CPRM.
Chefia: Regina Célia Gimenez Armesto.
Planejamento cartográfico geral: Célio Lima de Macedo e Milton Brand Baptista.
Preparo da base para desenho: SUREG/RE.
Orientação e preparo dos originais de compilação: Marina Nóbrega.
Especificações e revisão da execução cartográfica: Wilhelm P. de F. Bernard e Carlos A. da S. Copolillo.

ARTICULAÇÃO DA FOLHA

49°30' – 48°00'	48°00' – 46°30'	46°30' – 45°00'
RONDON DO PARÁ SB.22-X-B	AÇAILÂNDIA SB.23-V-A	VITORINO FREIRE SB.23-V-B
MARABÁ SB.22-X-D	IMPERATRIZ SB.23-V-C	BARRA DO CORDA SB.23-V-D
XAMBIOÁ SB.22-Z-B	TOCANTINÓPOLIS SB.23-Y-A	FORTALEZA DOS NOGUEIRAS SB.23-Y-B

(Latitudes: -4°00', -5°00', -6°00', -7°00')

CPRM

Projeto Especial Mapa de Recursos Minerais, de Solos e de Vegetação para a Área do Programa Grande Carajás – Subprojeto Recursos Minerais, executado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM, para o Departamento Nacional da Produção Mineral – DNPM, desde 1985.
Folha mapeada pela Residência de Fortaleza da Superintendência Regional de Recife e concluída em janeiro de 1989.
Responsável técnico: Ailton Salviano de Souza e Liano Silva Veríssimo.
Supervisor: José Carvalho Cavalcante.
Coordenador do PGC: Odair Olivatti.

Folhas Concluídas
Não-Impressas

NA.20-X-B/	Uriracoera [2]
NA.21-V-A	Conceição do Maú [2]
NA.20-X-D	Boa Vista [2]
NA.20-Z-B	Caracaraí [2]
NB.20-Z-B e	
NB.21-Z-A/	Monte Roraima [2]
NB.20-Z-D/	Vila Surumu/ [2]
NB.21-Y-C	Rio Maú [2]
NA.21-Z-B	Rio Citaré [2]
NA.22-V-B/	Rio Oiapoque [2]
NB.22-Y-D	Cabo Orange [2]
NA.22-V-D	Lourenço [2]
NA.22-Y-A	Serra do Tumucumaque [2]
NA.22-Y-B	Rio Araguari [2]
NA.22-Y-D	Macapá [2]
SA.21-X-B	Rio Maicuru [2]
SA.24-Y-A	Parnaíba 2
SA.24-Y-B	Acarau [2]
SA.24-Y-C	Granja [2]
SA.24-Y-D	Sobral [2]
SA.24-Z-C	Fortaleza [2]
SB.22-X-C	Rio Itacaiúnas [2]
SB.22-X-D	Marabá [2]
SB.22-Z-A	Rio Paraopebas [2]
SB.22-Z-D	Araguaína [4]
SB.24-V-A	Piripiri [2]
SB.24-V-B	Quixadá [2]
SB.24-V-C	Crateús 2
SB.24-V-D	Quixeramubim [2]
SB.24-X-A	Aracati [2]
SB.24-X-C	Morada Nova [2]
SB.24-Y-A	Valença do Piauí [2]
SB.24-Y-B	Iguatu [2]
SB.24-Y-C	Picos 2
SB.24-Y-D	Juazeiro do Norte [2]
SB.24-Z-A	Souza [2]
SB.24-Z-B	Caicó [2]
SB.24-Z-D	Patos [2]
SB.25-Y-A	Cabedelo [2]
SB.25-Y-C	João Pessoa [2]
SC.20-V-C	Abunã [2]
SC.20-V-D	Ariquemes [2]
SC.20-Y-B	Alto Jamari [2]
SC.20-Y-D	Serra dos Uopianes [2]
SC.20-Z-A	Rondônia [2]
SC.20-Z-B	Rio Branco [2]
SC.20-Z-C	Presidente Médici [2]
SC.20-Z-D	Pimenta Bueno [2]
SC.21-Z-B	Vila Guarita [2]
SC.22-X-D	Miracema do Norte [2]
SC.22-Z-B	Porto Nacional [2]
SC.22-Z-D	Gurupi [2]
SC.23-X-D	São Raimundo Nonato [2]
SC.23-Y-C	Natividade [2]
SC.23-Z-B	Xique-Xique [2]
SC.23-Z-D	Barra [2]
SC.24-V-A	Paulistana [2]
SC.24-V-B	Salgueiro [2]
SC.24-X-A	Floresta [2]
SC.24-X-B	Garanhuns 2
SC.24-X-C	Paulo Afonso [2]
SC.24-X-D	Santana do Ipanema [2]
SC.24-X-D-V	Arapiraca [1]
SC.24-Y-A	Mirangaba [2]
SC.24-Y-D-II	Gavião [1]
SC.24-Y-D-IV	Mundo Novo [1]
SC.24-Y-D-V	Pintadas [1]
SC.24-Y-D-VI	Serrinha [1]
SC.24-Z-A	Jeremoabo [2]
SC.24-Z-B/D	Aracaju/Estância [2]
SC.24-Z-C	Tobias Barreto [2]
SC.25-V-A	Recife [2]
SC.25-V-C	Maceió [2]
SD.20-V-B	Príncipe da Beira [2]
SD.20-X-A	Pedras Negras [2]
SD.20-X-B	Vilhena [2]
SD.20-X-C	Ilha do Sossego [2]
SD.20-X-D	Pimenteiras [2]
SD.21-Y-C	Mato Grosso [2]
SD.21-Y-D	Barra do Bugres [2]
SD.22-X-A	Araguaçu [2]
SD.22-X-B	Alvorada [2]
SD.22-X-C	São Miguel do Araguaia [2]
SD.22-Y-D	Barra do Garças [2]
SD.22-Z-A	Mozarlândia [2]
SD.22-Z-D-IV	Jaraguá [1]
SD.23-V-A	Arraias [2]
SD.23-V-C	Campos Belos [2]
SD.23-X-A	Barreiras [2]
SD.23-X-C	Santa Maria da Vitoria [2]
SD.23-Y-A	São João d'Aliança [2]
SD.23-Z-A	Manga [2]
SD.23-Z-B	Guanambi [2]
SD.24-V-A	Seabra [2]
SD.24-V-B	Itaberaba [2]
SD.24-V-D/	Jequié/ [2]
SD.24-X-C	Jaguaribe [2]
SD.24-X-A	Salvador [2]
SD.24-Y-B/	Ilhéus/ [2]
SD.24-Z-A	Itacaré [2]
SD.24-Y-B-V	Ibicaraí [1]
SD.24-Y-B-VI	Itabuna [1]
SD.24-Y-C	Rio Pardo [2]
SD.24-Y-D/	Itapetinga/ [2]
SD.24-Z-C	Canavieiras [2]
SE.23-V-A	Unaí [2]
SE.23-V-C	Paracatu [2]
SE.23-V-D	João Pinheiro [2]
SE.23-X-A	Montes Claros [2]
SE.23-X-B	Araçuaí [2]
SE.23-X-C	Pirapora [2]
SE.23-X-D	Capelinha [2]
SE.23-Y-A	Patos de Minas [2]
SE.23-Y-B	Três Marias [2]
SE.23-Y-C	Uberaba [2]
SE.23-Y-D	Bom Despacho [2]
SE.23-Z-A	Curvelo [2]
SE.24-V-C	Teófilo Otoni [2]
SE.24-Y-A	Governador Valadares [2]
SE.24-Y-C	Colatina [2]
SF.21-V-B	Baía Negra [2]
SF.21-X-A	Miranda [2]
SF.23-V-A	Franca [2]
SF.23-V-B	Furnas [2]
SF.23-V-C	Ribeirão Preto [2]
SF.23-V-D	Varginha [2]
SF.23-X-A	Divinópolis [2]
SF.23-X-B	Ponte Nova [2]
SF.23-X-B-II	Ponte Nova [1]
SF.23-X-B-IV	Rio Espera [1]
SF.23-X-C	Barbacena [2]
SF.23-X-C-III	Barbacena [1]
SF.23-X-C-IV	Lima Duarte [1]
SF.23-X-D	Juiz de Fora [2]
SF.23-Y-A	Campinas [2]
SF.23-Y-B	Guaratinguetá [2]
SF.23-Y-C	São Paulo [2]
SF.23-Y-D	Santos [2]
SF.24-V-A-II	Afonso Cláudio [1]
SF.24-V-A-III	Domingos Martins [1]
SF.24-V-A-V	Cachoeiro Itapemirim [1]
SG.22-X-A	Telêmaco Borba [2]
SG.22-X-B/	Itararé/ [2]
SG.22-X-C	Ponta Grossa [2]
SG.22-X-D/	Curitiba/ [2]
SG.23-V-C	Cananéia [2]
SG.23-V-A	Iguape [2]
SG.22-Z-D	Florianópolis [2]
SH.21-Z-D	Bagé [2]
SH.21-Z-B	São Gabriel [2]
SH.22-X-B	Criciúma [2]
SH.22-Y-D/	Pelotas/ [2]
SH.22-Z-C	Mostarda [2]
SI.22-V-A/	Jaguarão/ [2]
SI.22-V-B	Rio Grande [2]

Memória Técnica

- Mapas de serviço disponíveis para cópias heliográficas (*)
- Disquetes de computador com análises químicas, petrográficas, mineralógicas etc (*)
- Sistema de Informações Geológicas do Brasil – SIGA (**)
- Bases de Dados:

GEOB e GTM	– Bibliografia
META	– Ocorrências Minerais
AFLO	– Descrição de Afloramento
PETR	– Análises Petrográficas
SIGEO	– Projetos de Geologia, Geoquímica, Geofísica
SISON	– Dados de Sondagem
DOTE	– Acervo Bibliográfico da CPRM
PROJ	– Carteira de Projetos da CPRM

Locais de Acesso: (*) DNPM: Brasília e Distrito Regional; (**)Brasília e Distritos Regionais e CPRM: Rio de Janeiro

Este Texto Explicativo foi editado pelo Serviço de Edições Técnicas – SETEC, da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM, usando tecnologia digital para edição de textos, uma das facilidades do Sistema de Informações para Recursos Naturais – SIR, recentemente desenvolvido pela CPRM, que abriga, entre outros, importantes sistemas de propriedade do DNPM, como o Sistema de Informações Geológicas do Brasil – SIGA, com seu módulo gráfico – SIGRAF, o Sistema de Estatística e Amostragem em Geoquímica – SEAG, além de bases de dados voltadas para outras áreas das geociências.

Uma versão integral deste texto, bem como dos demais que estão sendo produzidos pelo Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil–PLGB, encontra-se na base de dados RELA, o que o torna acessível através do SIGA e, por solicitação especial, em versão em microficha padrão COM (Computer Output Microfilm).