

MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA
DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL
CONVÊNIO DNPM-CPRM

PROJETO CARVÃO ENERGÉTICO NA
BACIA TOCANTINS-ARAGUAIA - FASE II
RELATÓRIO FINAL
VOLUME I
TEXTO E ILUSTRAÇÕES

I-96

	SUREMI SEDDIE
ARQUIVO TÉCNICO	
Registro nº	1261
N.º de Volumes	4 v.: 1-5
PHI 009125	



Gilberto Scislewski
Joffre Valmório de Lacerda Filho
Edson Gaspar Martins

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS
SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE GOIÂNIA
JANEIRO 1983



PROJETO CARVÃO ENERGÉTICO NA
BACIA TOCANTINS-ARAGUAIA - FASE II
RELATÓRIO FINAL

CHEFE DO PROJETO:

Gilberto Scislewski

EQUIPE EXECUTORA:

Edson Gaspar Martins

João Cardoso Ribeiro Morais Filho

João Olímpio Souza

Joffre Valmório de Lacerda Filho

Luiz Carlos Moreton

COORDENAÇÃO - GOIÂNIA:

Gilberto Scislewski

Odair Olivatti

SUPERVISÃO-RIO DE JANEIRO:

Amadeu Paiva Santos

PROJETO CARVÃO ENERGÉTICO NA
BACIA TOCANTINS-ARAGUAIA - FASE II
RELATÓRIO FINAL

ÍNDICE DOS VOLUMES

VOLUME I - TEXTO E ILUSTRAÇÕES

VOLUME II - ANEXOS

Mapas Geológicos, escala 1:100.000 das Folhas
SB.22-X-D-V, SB.22-X-D-VI, SB.22-Z-B-II,
SB.22-Z-B-III, SB.22-Z-B-V, SB.22-Z-B-VI,
SB.22-Z-D-II, SB.22-Z-D-III, SB.22-Z-D-V,
SB.22-Z-D-VI, SB.23-Y-C-I, SB.23-Y-C-II,
SB.23-Y-C-IV e SB.23-Y-C-V.

VOLUME III - ANEXOS

Mapas de Caminhamento, escala 1:100.000 das Fo
lhas SB.22-X-D-V, SB.22-X-D-VI, SB.22-Z-B-II,
SB.22-Z-B-III, SB.22-Z-B-V, SB.22-Z-B-VI,
SB.22-Z-D-II, SB.22-Z-D-III, SB.22-Z-D-V,
SB.22-Z-D-VI, SB.23-Y-C-I, SB.23-Y-C-II,
SB.23-Y-C-IV e SB.23-Y-C-V.

VOLUME IV - APÊNDICE

FOLHA SB.22-X-D-V

Fichas de Descrição de Afloramentos

FOLHA SB.22-X-D-VI

Fichas de Descrição de Afloramentos

Ficha de Cadastramento de Ocorrências Minerai

FOLHA SB.22-Z-B-II

Fichas de Descrição de Afloramentos

FOLHA SB.22-Z-B-III

Fichas de Descrição de Afloramentos

FOLHA SB.22-Z-B-V

Fichas de Descrição de Afloramentos

FOLHA SB.22-Z-B-VI

Fichas de Descrição de Afloramentos

Boletins de Resultados de Análises Petrográficas

FOLHA SB.22-Z-D-II

Fichas de Descrição de Afloramentos

Boletim de Resultado de Análise Petrográfica

Boletim de Resultados de Análises Químicas

Ficha de Cadastramento de Ocorrências Mineraiis

FOLHA SB.22-Z-D-III

Fichas de Descrição de Afloramentos

Boletins de Resultados de Análises Petrográficas

Boletim de Resultados de Análises Químicas

Fichas de Cadastramento de Ocorrências Mineraiis

FOLHA SB.22-Z-D-V

Fichas de Descrição de Afloramentos

Boletim de Resultado de Análise Petrográfica

FOLHA SB.22-Z-D-VI

Fichas de Descrição de Afloramentos

Boletins de Resultados de Análises Químicas

Fichas de Cadastramento de Ocorrências Mineraiis

FOLHA SB.23-Y-C-I

Fichas de Descrição de Afloramentos



Boletim de Resultados de Análises Químicas
Fichas de Cadastramento de Ocorrências Mineraiis

FOLHA SB.23-Y-C-II

Fichas de Descrição de Afloramentos

Boletim de Resultado de Análise Petrográfica

Fichas de Cadastramento de Ocorrências Mineraiis

FOLHA SB.23-Y-C-IV

Fichas de Descrição de Afloramentos

Boletim de Resultados de Análises Químicas

Boletim de Resultados de Análises Paleontológicas

Fichas de Cadastramento de Ocorrências Mineraiis

FOLHA SB.23-Y-C-V

Fichas de Descrição de Afloramentos

Boletins de Resultados de Análises Químicas

Fichas de Cadastramento de Ocorrências Mineraiis

APRESENTAÇÃO

O trabalho ora apresentado constitui o Relatório Final da Fase II do Projeto Carvão Energético na Bacia Tocantins-Araguaia, realizado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM, para o Departamento Nacional da Produção Mineral - DNPM. Representa os resultados obtidos do mapeamento geológico prospectivo, escala 1:100.000, cujo enfoque principal é o informe descritivo, objetivando à prospecção de Carvão Energético, através de estudos de ambientes sedimentares e litofacies dos horizontes estratigráficos favoráveis à ocorrência deste bem mineral, na bacia do Maranhão.

É formado por 04 volumes, contendo texto e ilustrações (Volume I), mapas geológicos e de caminamento (Volumes II e III) e fichas de descrição de afloramentos, de cadastramento de ocorrências minerais e boletins de análises petrográficas, químicas e paleontológicas (Volume IV).

Como seria de se esperar, o desenvolvimento desta tarefa exigiu a mobilização de grandes recursos humanos e materiais, exigindo da equipe técnica a superação de vários problemas, advindos, principalmente, das condições inóspitas que predominam em vastas regiões da área estudada.

Na equipe executora dos trabalhos do projeto figuraram os geólogos enunciados a seguir, com suas respectivas siglas, utilizadas nas identificações dos afloramentos visitados e amostras coletadas:

	<u>SIGLA</u>
GILBERTO SCISLEWSKI (Chefe do Projeto)	GS
EDSON GASPAR MARTINS	GM
JOÃO CARDOSO RIBEIRO MORAIS FILHO	JM

• SIGLA

JOÃO OLÍMPIO SOUZA

JO

JOFFRE VALMÓRIO DE LACERDA FILHO

JV

LUIZ CARLOS MORETON

LM

A coordenação esteve a cargo dos geólogos GILBERTO SCISLEWSKI, Chefe da Divisão de Geologia - DIVGEO, e ODAIR OLIVATTI, Coordenador de Recursos Minerais - COREMI, da Superintendência Regional de Goiânia - SUREG-GO, da CPRM, e a supervisão dos trabalhos ficou a cargo do Departamento de Geologia Econômica - DEGEC, da Superintendência de Recursos Minerais - SUREMI da CPRM, através do geólogo AMADEU PAIVA SANTOS.

S U M Á R I O

RESUMO	1
ABSTRACT	2
1. INTRODUÇÃO	3
1.1. Histórico	3
1.2. Objetivos	4
1.3. Metodologia	4
1.4. Dados Físicos de Produção	6
1.5. Área, Localização e Acesso	6
1.6. Aspectos Sócio-Econômicos	8
1.7. Trabalhos Anteriores	10
2. ASPECTOS FISIAGRÁFICOS	13
2.1. Clima	13
2.2. Vegetação	14
2.3. Solos	17
2.4. Hidrografia	18
3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	20
4. ESTRATIGRAFIA	24
4.1. Comentários Gerais	24
4.2. Unidades Estratigráficas	24
4.2.1. Pré-Cambriano	24
4.2.1.1. Histórico	24
4.2.1.2. Super Grupo Baixo-Araguaia .	25

4.2.1.2.1.	Grupo Estrondo - Pçe	25
4.2.2.	Paleozóico	28
4.2.2.1.	Formação Pimenteiras - Dp ..	28
4.2.2.1.1.	Histórico	28
4.2.2.1.2.	Distribuição e Espessura .	30
4.2.2.1.3.	Relações Estratigráficas .	30
4.2.2.1.4.	Litologia	31
4.2.2.1.5.	Ambiente de Deposição	33
4.2.2.1.6.	Idade e Paleontologia	34
4.2.2.1.7.	Correlações	35
4.2.2.2.	Formação Cabeças - Dc	35
4.2.2.2.1.	Histórico	35
4.2.2.2.2.	Distribuição e Espessura .	36
4.2.2.2.3.	Relações Estratigráficas .	36
4.2.2.2.4.	Litologia	37
4.2.2.2.5.	Ambiente de Deposição	37
4.2.2.2.6.	Idade e Paleontologia	38
4.2.2.2.7.	Correlações	39
4.2.2.3.	Formação Longá	39
4.2.2.3.1.	Histórico	39
4.2.2.3.2.	Distribuição e Espessura .	40
4.2.2.3.3.	Relações Estratigráficas .	40
4.2.2.3.4.	Litologia	41
4.2.2.3.5.	Ambiente de Deposição	41
4.2.2.3.6.	Idade e Paleontologia	42
4.2.2.3.7.	Correlações	43
4.2.2.4.	Formação Poti - Cpo	43
4.2.2.4.1.	Histórico	43

4.2.2.4.2.	Distribuição e Espessura .	44
4.2.2.4.3.	Relações Estratigráficas .	44
4.2.2.4.4.	Litologia	45
4.2.2.4.5.	Ambiente de Deposição	46
4.2.2.4.6.	Idade e Paleontologia	46
4.2.2.4.7.	Correlações	47
4.2.2.5.	Formação Piauí Cpi.....	47
4.2.2.5.1.	Histórico	47
4.2.2.5.2.	Distribuição e Espessura .	48
4.2.2.5.3.	Relações Estratigráficas .	49
4.2.2.5.4.	Litologia	49
4.2.2.5.5.	Ambiente de Deposição	50
4.2.2.5.6.	Idade e Paleontologia	51
4.2.2.5.7.	Correlações	52
4.2.2.6.	Formação Pedra de Fogo (Ppf)	52
4.2.2.6.1.	Histórico	52
4.2.2.6.2.	Distribuição e Espessura .	53
4.2.2.6.3.	Relações Estratigráficas .	54
4.2.2.6.4.	Litologia	55
4.2.2.6.5.	Ambiente de Deposição	57
4.2.2.6.6.	Idade e Paleontologia	58
4.2.2.6.7.	Correlações	59
4.2.3.	Paleozóico/Mesozóico	59
4.2.3.1.	Formação Motuca - P ^{RM}	59
4.2.3.1.1.	Histórico	59
4.2.3.1.2.	Distribuição e Espessura .	60
4.2.3.1.3.	Relações Estratigráficas .	61
4.2.3.1.4.	Litologia	61
4.2.3.1.5.	Ambiente de Deposição	63

4.2.3.1.6.	Idade e Paleontologia	64
4.2.3.1.7.	Correlações	65
4.2.4.	Mesozóico	65
4.2.4.1.	Formação Sambaíba (Rs)	65
4.2.4.1.1.	Histórico	65
4.2.4.1.2.	Distribuição e Espessura .	66
4.2.4.1.3.	Relações Estratigráficas .	67
4.2.4.1.4.	Litologia	68
4.2.4.1.5.	Ambiente de Deposição	69
4.2.4.1.6.	Idade e Paleontologia	69
4.2.4.1.7.	Correlações	69
4.2.4.2.	Formação Mosquito - R _{Jm}	70
4.2.4.2.1.	Histórico	70
4.2.4.2.2.	Distribuição e Espessura .	71
4.2.4.2.3.	Relações Estratigráficas .	71
4.2.4.2.4.	Litologia	72
4.2.4.2.5.	Idade e Paleontologia	73
4.2.4.3.	Formação Corda - Jc	74
4.2.4.3.1.	Histórico	74
4.2.4.3.2.	Distribuição e Espessura .	75
4.2.4.3.3.	Relações Estratigráficas .	76
4.2.4.3.4.	Litologia	76
4.2.4.3.5.	Ambiente de Deposição	77
4.2.4.3.6.	Idade e Paleontologia	77
4.2.4.3.7.	Correlações	78
4.2.5.	Cenozóico	78
4.2.5.1.	Coberturas Detrito-Lateríti- cas - TQdl	78

4.2.5.2.	Quaternário Aluvionar (Qa) .	80
5.	GEOLOGIA ESTRUTURAL	82
6.	GEOLOGIA HISTÓRICA	85
7.	DEFINIÇÃO, ORIGEM, GÊNESE E EVOLUÇÃO DO CARVÃO	89
7.1.	Introdução	89
7.2.	Definição	89
7.3.	Origem das Jazidas de Carvão	89
7.4.	Gênese	92
7.5.	Evolução	93
8.	CARVÃO NA BORDA SUDOESTE DA BACIA DO MARANHÃO	97
8.1.	Introdução	97
8.2.	Formação Poti	99
8.3.	Formação Piauí	100
8.4.	Formação Pedra de Fogo	102
9.	GEOLOGIA ECONÔMICA	104
9.1.	Introdução	104
9.2.	Carvão	104
9.3.	Folhelho Oleífero	105
9.4.	Turfa	107
9.5.	Gipsita	107
9.6.	Calcários	108
9.7.	Diamante	110
9.8.	Ouro	111
10.	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	114

11.	BIBLIOGRAFIA	117
12.	ILUSTRAÇÕES	
	12.1. Fotos	
	12.2. Figuras	
13.	ANEXOS	
	13.1. Mapas Geológicos, escala 1:100.000	
	13.2. Mapas de Caminhamento, escala 1:100.000	
14.	APÊNDICE	
	14.1. Fichas de Descrição de Afloramentos	
	14.2. Boletins de Resultados de Análises Petrográficas	
	14.3. Boletins de Resultados de Análises Químicas	
	14.4. Boletins de Resultados de Análises Paleontológicas	
	14.5. Fichas de Cadastramento de Ocorrências Minerais	

RESUMO

O Projeto Carvão Energético na Bacia Tocantins-Araguaia compreende uma área de 32.500 km², localizada no norte do Estado de Goiás, sudeste do Pará e sudoeste do Maranhão. Esta área foi selecionada levando-se em consideração sua semelhança geológica com o Pensilvaniano das "coal mesures" norte-americanas e pelas inúmeras referências bibliográficas quanto à existência de material carbonoso e leitos de carvão nesta região.

Seus principais objetivos foram definir os paleoambientes de deposição da Sequência Permo-Carbonífera da bacia do Maranhão, na área escolhida e avaliar o seu potencial para carvão, através de mapeamento geológico prospectivo, escala 1:100.000, incluindo estudos faciológicos e ambientais que permitissem delimitar áreas mais favoráveis para trabalhos de maior detalhe e sondagem.

Durante a fase de campo foram estudados 769 afloramentos e visitadas todas as ocorrências de material carbonoso citadas na bibliografia. O detalhamento destes afloramentos e ocorrências, levou-nos a conclusão de que as condições paleogeográficas, paleoclimáticas e tectônicas reinantes na época da deposição dos sedimentos Permo-Carboníferos na área do projeto, não foram favoráveis à deposição e acumulações de carvão economicamente explorável, embora tenham sido detectadas ocorrências de lentículas de linhito e folhelhos oleígenos nestes sedimentos.

Por esta razão recomenda-se que não sejam realizados estudos de maior detalhe na região, para este bem mineral.

ABSTRACT

The main purposes of the Energetic Coal mapping project in the Tocantins-Araguaia hidrographic basin, were to define the deposition paleoenvironments of the Permo-Carboniferous Sequence in the Maranhão Sedimentary Basin in 32.500 km², covering the northernmost part of Goiás, southeast of the Pará and the southwestern portion of the Maranhão States.

This area was selected taking into account, on hypothetical basis, analogies with the Pensilvanian of North América, related to several references in the literature on carbonaceous material and coal bed occurrences.

The evaluation of the area was carried out through a prospective geological surveying on 1:100.000 scale, which included faciological and environmental studies, providing to delineate the most favorable areas to perform further detailed work and drilling.

The studies carried out concluded that the paleogeographic, paleoclimatic and tectonic conditions developed at the time of deposition of the Permo-Carboniferous sediments, were not favorable to the deposition and accumulation of coal on an economically exploitable point of view. Nevertheless occurrences of lignite in small lenses and the presence of oil shales in those sediments have been found, is not recommend to perform more detailed studies in the area, regarding coal exploration programs.

1. INTRODUÇÃO

1.1. Histórico

A partir do estabelecimento, por parte do Governo Federal, de uma filosofia de pesquisa e utilização de fontes alternativas de energia, foi criado o Plano Energético Nacional, que estabelece as diretrizes gerais para o deseenvolvimento destas fontes alternativas, com o intuito de substituir o petróleo, principalmente por carvão e álcool.

Assim, em atenção a esta política Energética Federal, o Departamento Nacional da Produção Mineral - DNPM, conhecedor da existência de uma extensa área com indícios e ocorrências de carvão, na borda SW da bacia do Maranhão, seleccionou uma área de aproximadamente 32.500 km², abrangendo o extremo norte do Estado de Goiás, entre os rios Araguaia e Tocantins e pequena parte dos estados do Pará e do Maranhão, onde ocorrem formações geológicas pertencentes a esta bacia, consideradas promissoras para a pesquisa deste mineral.

Para a consecução deste trabalho, foi solicitada do à Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM, através da solicitação de serviços DNPM/DGM/CPRM nº 031/82 que efetuasse o detalhamento da programação e respectiva estimativa orçamentária, de forma a atender os objetivos estabelecidos no anteprojeto.

Observadas as formalidades de praxe, foi implantado o Projeto Carvão Energético na Bacia Tocantins-Araguaia e autorizado, através do Telex nº 337/SUREMI/82, o inicio da fase operacional do projeto a partir de 1º de julho de 1982 com a indicação e composição da equipe técnica.

1.2. Objetivos

Em atenção à política energética federal, esta belecida pelo Plano Energético Nacional, que visa à ampliação das reservas de carvão e à descoberta e definição de novas áreas, foi implantado o Projeto Carvão Energético na Bacia Tocantins-Araguaia, cujos principais objetivos foram o estudo da faciologia, paleogeografia e ambiente de deposição das unidades permo-carboníferas da bacia do Maranhão, na região selecionada, com a finalidade primordial de localizar e definir ambientes favoráveis à deposição e acumulação daquele bem mineral.

1.3. Metodologia

Os trabalhos realizados pelo Projeto Carvão Energético na Bacia Tocantins-Araguaia, seguiram as diretrizes técnicas e operacionais, usualmente utilizadas pela CPRM, relativas a mapeamento geológico sistemático e prospectivo, procurando acompanhar o estabelecido no anteprojeto apresentado pelo Departamento Nacional da Produção Mineral - DNPM.

Como atividade de campo estavam previstos o mapeamento geológico prospectivo através de perfis verticais perpendiculares ao acamamento das unidades estratigráficas passíveis de conterem carvão, coleta de amostras para estudos sedimentológicos, ambientais e geocronológicos, avaliação e amostragem das ocorrências de material carbonoso e análises especiais para carvão, além de análises diversas.

Porém, devido a peneplanização destas unida

des na área do projeto, não foi possível a realização de seções e perfis verticais que permitissem um estudo detalhado de cada formação partindo da base para o topo. Para que esta impossibilidade não viesse acarretar deficiências nos trabalhos, foram realizados perfis de barco ao longo das drenagens que cortam estes sedimentos. Com estes perfis foi possível obter-se todos os dados necessários para atingir-se os objetivos a que se propunha o projeto.

Como mapas de serviço, foram utilizados os mapas fotogeológicos, confeccionados quando da realização do relatório bibliográfico, os quais foram elaborados a partir da fotointerpretação em aerofotos convencionais, escala 1:60.000, combinada com a análise de imagens LANDSAT e de RADAR, escala 1:250.000, além de dados técnicos de mapeamentos geológicos anteriores.

Os dados obtidos na fotointerpretação, aliados à observação direta procedida no terreno, efetuados no período julho a outubro/82, permitiram a identificação dos contatos, características geológicas e elementos estruturais das diversas unidades estratigráficas aflorantes na região. Estes resultados foram plotados em mapas planimétricos, confeccionados pela CPRM-SUREG-GO, em escala 1:100.000 a partir de bases planialtimétricas, escala 1:100.000, do IBGE.

Concluídos os trabalhos de campo e de laboratório da Fase II, e não tendo sido selecionadas áreas favoráveis à pesquisa de carvão, que propiciassem a continuidade dos trabalhos, passou-se à elaboração do Relatório Final do projeto.

1.4. Dados Físicos de Produção

Os dados numéricos da produção total, realizada durante os trabalhos do projeto, são os seguintes:

- Mapeamento prospectivo, escala 1:100.000	32.500 km ²
- Deslocamentos	47.404 km
- Caminhamentos geológicos	9.673 km
- Afloramentos estudados	769
- Perfis estratigráficos verticais	15
- Amostras coletadas	260
- Ocorrências minerais cadastradas (sendo 18 inéditas)	47
- Análises petrográficas	09
- Análises paleontológicas	02
- Análises químicas:	
- Para carvão	04
- Para avaliação de calcários...	04
- Para turfa	01
- Para trona	01

1.5. Área, Localização e Acesso

A área do Projeto Carvão Energético na Bacia Tocantins-Araguaia abrange, principalmente, o extremo norte do Estado de Goiás, entre os rios Araguaia e Tocantins e pequena parte dos estados do Pará e do Maranhão. No Estado de Goiás, envolve parcialmente os municípios de Araguatins, Ana

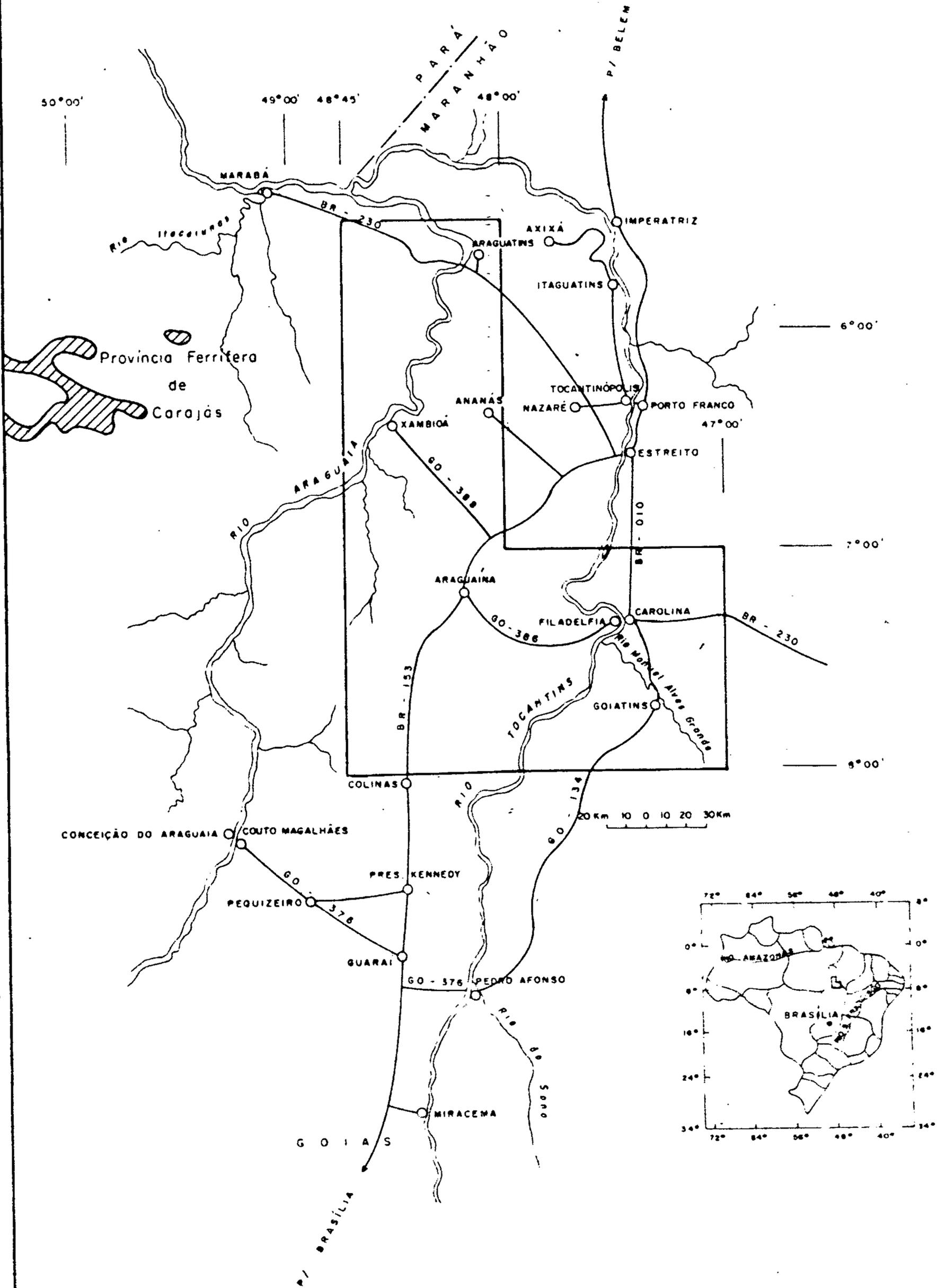
nás, Araguaína, Araguanã, Babaçulândia, Filadélfia, Goiatins e Xambioá. No Estado do Pará, parte do município de São João do Araguaia, e no Maranhão, Carolina e Riachão. Ocupa uma superfície de aproximadamente 32.500 km², representada por 9 quadriculas inteiras e 5 parciais de 30' x 30' do padrão cartográfico internacional, sendo limitada pelas seguintes coordenadas (Fig. 01):

- A - 5° 30' Lat. S - 48° 45' Long. W
- B - 5° 30' Lat. S - 48° 00' Long. W
- C - 7° 00' Lat. S - 48° 00' Long. W
- D - 7° 00' Lat. S - 47° 00' Long. W
- E - 8° 00' Lat. S - 47° 00' Long. W
- F - 8° 00' Lat. S - 48° 45' Long. W

O acesso, a partir de Goiânia, é efetuado através da rodovia asfaltada GO-080, até São Francisco e daí em diante pela rodovia BR-153 (Belém-Brasília), que corta a área no sentido norte-sul, passando pela cidade de Araguaína. Outras rodovias importantes para a região são a GO-386 que liga Araguaína a Araguanã e Filadélfia, GO-580 que liga Araguaína a Babaçulândia, GO-388 ligando Araguaína a Xambioá; GO-136, que liga Araguaína a Ananás e Araguatins; e a BR-230, que liga Carolina a Riachão e a Estreito.

Além destas, a área conta com boa malha de estradas vicinais, que interligam fazendas e pequenos povoados, as quais, normalmente apresentam péssimas condições de tráfego.

Os transportes fluviais, apesar de a região ser bastante cortada por rios navegáveis, ainda não foram desenvolvidos como seria desejável, sendo mais expressivo, apenas em determinadas regiões dos rios Araguaia e Tocantins.



PROJETO CARVÃO ENERGÉTICO NA BACIA TOCANTINS - ARAGUAIA

MAPA DE LOCALIZAÇÃO E ACESSO

Fig - 01

O transporte aéreo ainda não alcançou o grau de desenvolvimento condizente com a importância da região estudada. Das cidades situadas dentro da área do projeto, apenas Araguaína é servida por linha aérea regular. Nas cidades menores, o tráfego aéreo é operado por pequenos aviões (táxi-aéreo).

1.6. Aspectos Sócio-Econômicos

Devido à sua localização, a área abrangida pelo projeto apresenta uma população predominantemente rural, sendo poucos os centros urbanos importantes. Dentre estes, destaca-se a cidade de Araguaína. As demais, em ordem de crescente de importância são: Carolina no Maranhão e Filadélfia, Xambioá, Babaçulândia, Araguatins, Ananás e Goiatins, em Goiás.

A cidade de Araguaína, elevada à categoria de Comarca em 1958, representa o núcleo populacional de maior desenvolvimento, contando, hoje, com uma população acima de 40.000 habitantes. Possui três unidades hospitalares, uma estação de rádio difusão, um jornal semanário, quatro bancos privados, três bancos oficiais, cinquenta e seis unidades escolares de 1º grau, duas unidades escolares de 2º grau, seis bibliotecas, um cinema, rede telefônica urbana e interurbana; uma estação repetidora de televisão, uma agência de correios e telégrafos, energia hidroelétrica da rede estadual. Conta ainda, com um frigorífico, vários estabelecimentos comerciais, pequenas indústrias de madeiras e serralherias.

A segunda cidade, em importância na região, é Carolina, com população em torno de 30.000 habitantes. É servida por três unidades bancárias, dois hospitais, vários

estabelecimentos de ensino de 1º e 2º graus, um estaleiro, rede telefônica, energia elétrica de uma pequena usina hidroelétrica, situada no rio Itapicuru, um cinema, uma agência de correios e telégrafos e vários estabelecimentos comerciais.

Filadélfia, fundada em 1857, elevou-se à categoria de cidade em 1948, conta com aproximadamente 30.000 habitantes, sendo 10.000 na zona urbana e 20.000 na zona rural. Possui um estabelecimento bancário oficial e um privado, quarenta e duas unidades escolares de 1º grau e energia elétrica da CELG.

Xambioá conta com uma população de 15.000 habitantes, sendo 5.000 na zona urbana e 10.000 na zona rural. Possui onze escolas de 1º grau e um estabelecimento bancário oficial, assistência médica e energia elétrica.

As outras cidades, apesar de algumas delas serem muito antigas, são de importância menor, devido principalmente à sua localização, e por serem servidas por uma malha rodoviária ainda insuficiente e não pavimentada, que dificulta o tráfego, nos períodos de chuvas.

Os transportes fluviais são pouco explorados, sendo mais expressivos nos rios Tocantins e Araguaia, sendo utilizados, principalmente, para deslocamentos entre as fazendas e destas para as sedes municipais.

A pecuária é a principal atividade econômica e responsável pela ocupação da grande maioria da população.

Outro fator importante na economia regional é a extração vegetal que, em determinados locais, concorre com a pecuária na geração de renda e na absorção de mão-de-obra.

Dentre os principais produtos deste estrativismo destacam-se a madeira, nas áreas da floresta equatorial

(Pará, norte de Goiás e oeste do Maranhão), em menor escala, o côco babaçu, em Goiás e no Maranhão.

A agricultura é representada, principalmente, pela rizicultura complementada pelas lavouras comuns dos climas tropicais, como: feijão, algodão, banana, laranja, mandioca, melancia, mamona, abóbora e milho.

1.7. Trabalhos Anteriores

Os primeiros conhecimentos geológicos da área abrangida pelo projeto são devidos ao Conde FRANCIS DE CASTELNAU que, em 1846, realizou uma viagem pelo rio Araguaia, colhendo algumas informações litológicas.

No início do século, mais precisamente em 1913, ARROJADO LISBOA publicou os seus estudos sobre a geologia do sul-sudeste do Maranhão, referindo que o seu assistente HANS BAUMANN observou, pela primeira vez, a presença do "permiano" ao longo do rio Tocantins, na região norte de Goiás, tendo observado a presença de material betuminoso, associado a gipso, na barra do rio Sereno com o rio Manoel Alves Grande.

Desde então os trabalhos sobre a geologia local tornaram-se mais assíduos.

Em 1933 MORAES RÊGO percorreu o rio Tocantins, publicando as observações por ele efetuadas.

Em 1934 AXEL LOEFGREN fez um reconhecimento nos seguintes itinerários: a) rio Araguaia, de Balisa a Conceição do Araguaia, e dessa cidade até o divisor Araguaia-Xingu, rumo NW; b) de Couto Magalhães a Miracema do Norte, rumo SE, e, c) rio Tocantins, de Tocantínia à sua foz.

OTHON H. LEONARDOS e AMÉRICO BARBOSA DE OLIVEI

RA descenderam, em 1938, os rios Maranhão e Tocantins, colhendo informações litológicas, que em nada acrescentaram às resultantes das observações de HANS BAUMANN e MORAES RÊGO.

Aqueles autores, seguiram-se CAMPBELL, ALMEIDA e SILVA, geólogos do Conselho Nacional do Petróleo que, em 1949, revelaram novos dados sobre a estratigrafia da região Tocantins-Araguaia, em relação aos padrões estabelecidos por PLUMMER na bacia do Maranhão, em 1946.

Após os estudos realizados por F.A. GOMES em 1947, na região Balsas-Carolina, o Conselho Nacional do Petróleo efetuou, na região, duas sondagens, sendo uma delas na cidade de Carolina, cujos testemunhos foram analisados por W. KEGEL, em 1953.

Em 1957, OCTÁVIO BARBOSA e FRANKLIN DE ANDRADE GOMES realizaram estudos sobre carvão mineral na bacia Tocantins-Araguaia, nas proximidades da cidade de Carolina, sugerindo modificações na coluna estratigráfica desta bacia.

De grande importância para o conhecimento da geologia da região, são os trabalhos realizados pela PETROBRÁS que, de 1956 a 1972, efetuou, na área, vários estudos geológicos, os quais vieram em muito aumentar os conhecimentos que se tinham desta bacia. Dentre estes trabalhos destacam-se:

a. Cretáceo and Juro-Triassic Investigations in West-Central Maranhão - W.D. ROBERTS, 1959;

b. Pesquisas Geológicas na Bacia do Parnaíba - B.K. BLANKENAGEL, 1962;

c. Maranhão Basin Study Revision (J.C. MESNER e L.C.P. WOOLDRIDGE, 1962);

d. Mapa Geológico Geral da Bacia do Mara

nhão - G.A. AGUIAR, 1971.

A área do projeto é totalmente coberta pela parte oriental do Projeto Araguaia (BARBOSA et alii, 1966) realizado pela PROSPEC S/A para o DNPM, o qual teve por objetivos:

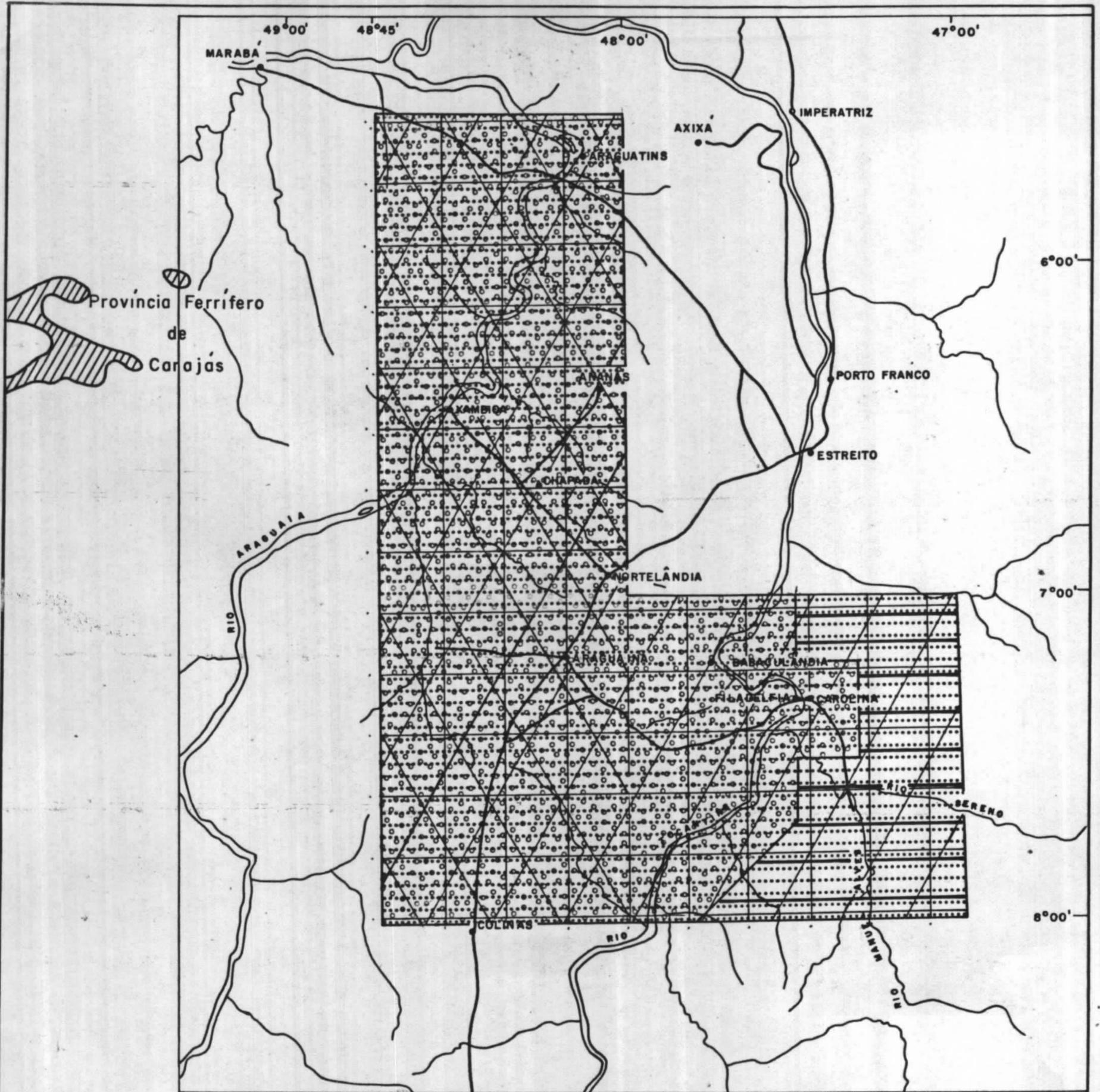
- a. a geologia estratigráfica e tectônica;
- b. o inventário das ocorrências geológico-econômicas;
- c. a geologia aplicada ao conhecimento da natureza dos obstáculos que dificultam a navegação do rio Tocantins e sua possível remoção.

Outros trabalhos de grande valia para a região foram desenvolvidos pelo Projeto RADAMBRASIL, nos anos de 1973 e 1974.

Nos limites da porção sul-sudeste da área foi executado, pela PROSPEC, para o DNPM, o Projeto Leste do Tocantins/Oeste do Rio São Francisco (MOUTINHO DA COSTA et alii, 1976), o qual constou de mapeamento geológico sistemático na escala 1:250.000 e da avaliação dos recursos minerais de uma vasta área, envolvendo partes dos estados de Minas Gerais, Goiás, Bahia, Maranhão e Piauí.

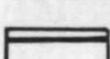
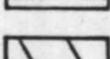
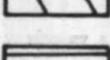
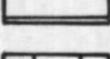
Mais recentemente, visando uma exposição do quadro geo-econômico da região, o DNPM confiou à CPRM a execução do Projeto Estudo Global dos Recursos Minerais da Bacia Sedimentar do Parnaíba, desenvolvido por ENJÓLRAS DE A. MEDEIROS LIMA e JAIRÓ FONSECA LEITE, cujo Relatório Final foi entregue em 1978.

Os principais trabalhos desenvolvidos na área podem ser visualizados num quadro sinótico, na Fig. 02.



LEGENDA

PROJETOS GEOLÓGICOS NA REGIÃO

-  PROJETO CARVÃO ENERGÉTICO DA BACIA TOCANTINS/ARAGUAIA - DNPM/CPRM - SUREG-80
-  PROJETO ARAGUAIA DNPM - 1966
-  PROJETO RADAM 1973
-  PROJETO LESTE TOCANTINS/OESTE DO RIO SÃO FRANCISCO DNPM/CPRM 1976
-  P.G.B.C., MME/DNPM 1976
-  PROJETO ESTUDO GLOBAL DOS RECURSOS MINERAIS DA BACIA SEDIMENTAR DO PARANAIBA DNPM/CPRM.
-  CARTA GEOLÓGICA DO BRASIL AO MILIONESIMO FOLHAS TOCANTINS (SC-22) RIO SÃO FRANCISCO (SC-23) DNPM.



PROJETO CARVÃO ENERGÉTICO NA BACIA TOCANTINS - ARAGUAIA

Fig.-02

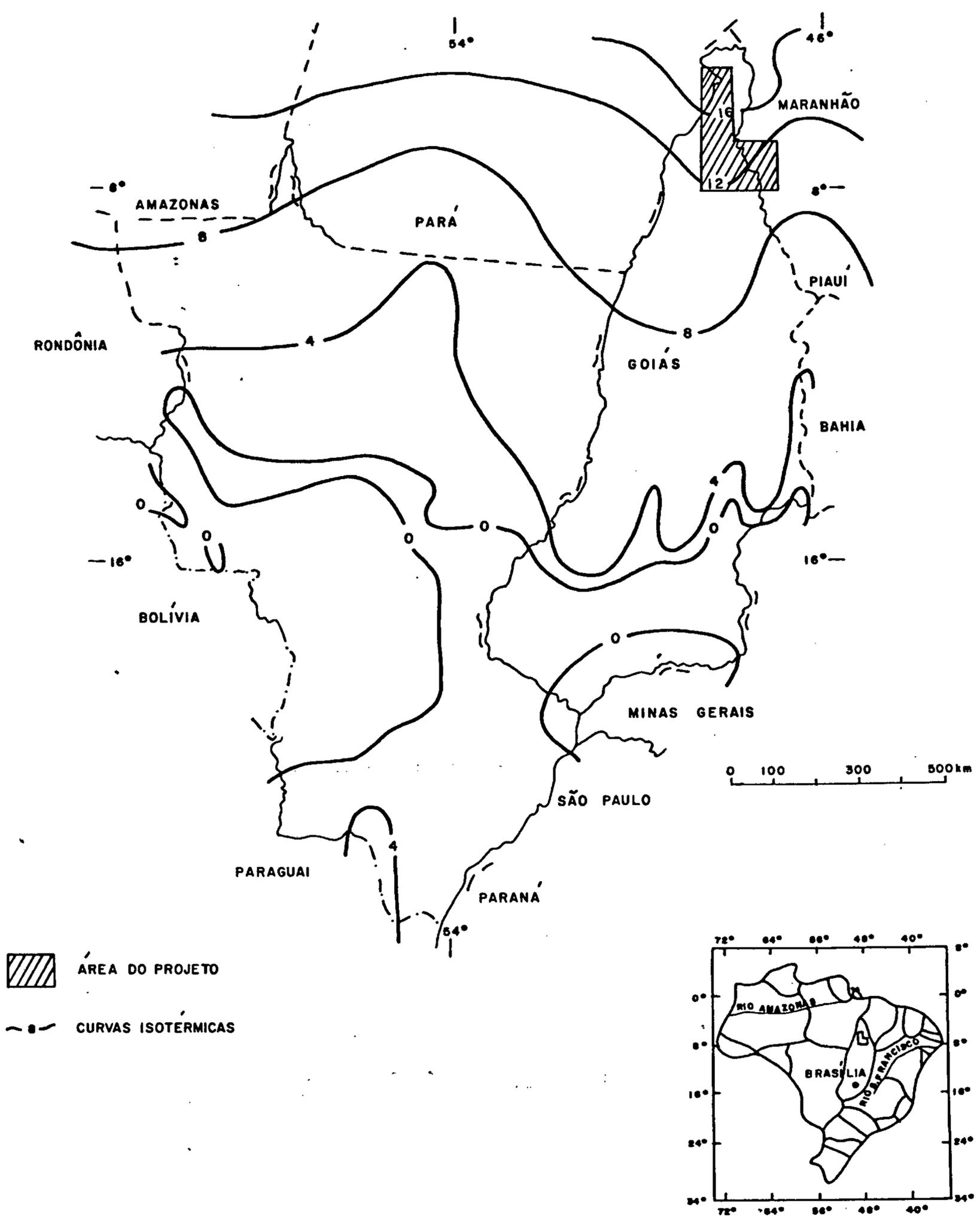
2. ASPECTOS FISIOGRAFICOS

2.1. Clima

Na área abrangida pelo projeto, com base na classificação de KÖEPPEN (1948), predominam, basicamente dois tipos climáticos: tropical úmido (Aw) e equatorial (Am).

O clima tropical úmido caracteriza-se por apresentar duas estações distintas; verão chuvoso (novembro e maio) e inverno seco, nos meses restantes. Devido à existência destas duas estações, observa-se, na área, notável variação de temperatura. Os meses mais frios são junho e julho, quando ocorrem temperaturas médias mensais em torno de 18°C , variando, porém, com a altitude. Os meses mais quentes correspondem a agosto, setembro, outubro e novembro, quando é maior a insolação. Nesses meses a temperatura média mensal é superior a 25°C . As temperaturas médias anuais variam entre 21° e 26°C , sendo que as mais elevadas atingem 38°C (Figs. 03 e 04). A precipitação média anual está em torno de 1.600 mm, e a vegetação característica neste tipo de clima é o cerrado.

O clima equatorial, restrito à porção mais setentrional do projeto, também possui duas estações, à semelhança do clima Aw, só que, na estação chuvosa o volume das precipitações é bem maior, em torno de 2.500 mm anuais, suficientes para manter a existência de uma floresta densa.

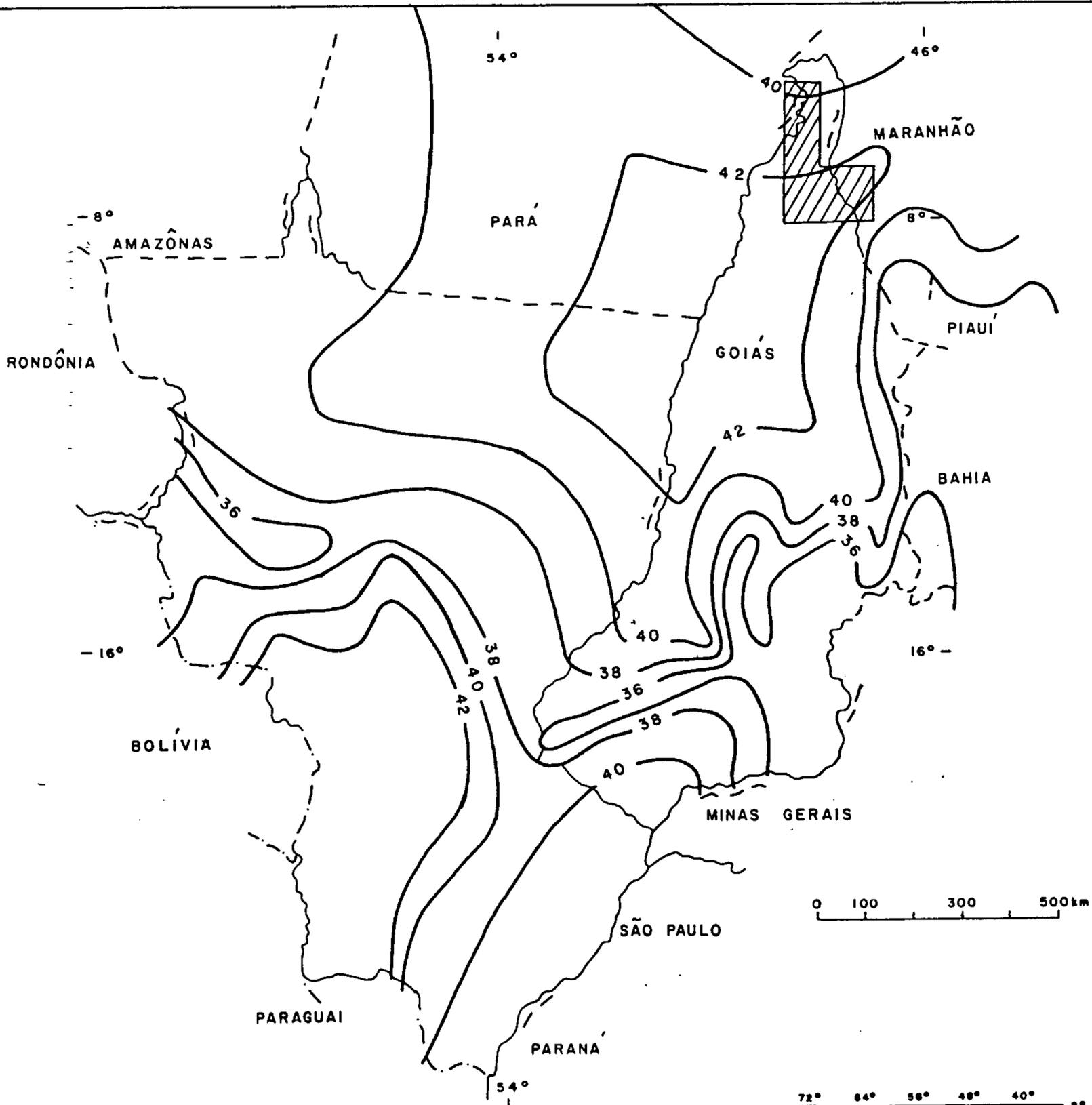


PROJETO CARVÃO ENERGÉTICO NA BACIA TOCANTINS - ARAGUAIA

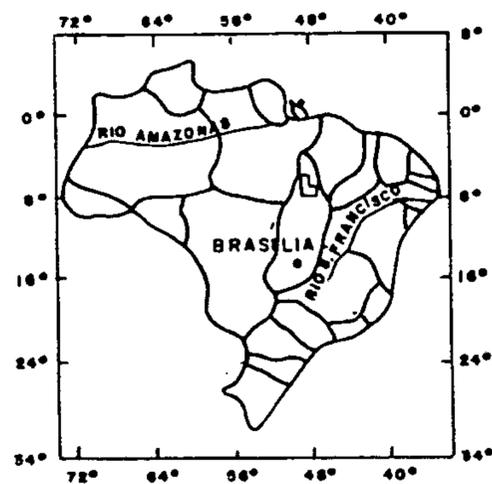
TEMPERATURA MÍNIMA ABSOLUTA DO ANO (°C) (JUNHO OU JULHO)

EXTRAIDO DE NIMER (1977)

Fig.-03



-  ÁREA DO PROJETO
-  CURVAS ISOTÉRMICAS



PROJETO CARVÃO ENERGÉTICO NA BACIA TOCANTINS - ARAGUAIA

TEMPERATURA MÁXIMA ABSOLUTA DO ANO (°C) (SETEMBRO OU OUTUBRO)

EXTRAÍDO DE NIMER (1977)

Fig.-04

2.2. Vegetação

A cobertura vegetal da área é representada por cerrados, floresta de transição, floresta equatorial, matas-galerias e campos. Estas paisagens fitológicas refletem as condições climáticas e de umidade reinantes nas suas diferentes áreas. O relevo, condicionado pela litologia, assume também um papel importante na limitação das unidades florísticas. Localmente, a cobertura vegetal original foi substituída por pastagens, sendo comum na região a prática das queimadas, o que provoca uma degradação lenta e gradual dos cerrados.

Cerrados - Os cerrados, em suas várias feições, são característicos da sub-região de clima Aw, com estações seca e chuvosa bem diferenciadas e associados aos solos de baixa fertilidade, desenvolvidos onde predominam os chapadões areníticos. É o tipo de vegetação dominante na área do projeto, ocorrendo em suas porções centro-leste e centro-sul. Para oeste e norte o cerrado cede lugar às florestas de transição e equatorial, em virtude das mudanças climáticas e melhores condições de umidade dos solos.

Normalmente, o cerrado apresenta duas feições fundamentais: cerradão e campo cerrado.

O Cerradão é constituído por concentrações de árvores de 6 a 10 metros de altura, densamente dispostas, cujas copas não se tocam, apresentando um tapete de gramíneas ralo, e contendo plantas lenhosas rasteiras e palmeiras anãs. Já o Campo Cerrado é caracterizado por apresentar árvores esparsas e tortuosas de pequeno porte, de 2 a 5 metros de altura e um tapete de gramíneas contínuo.

As espécies arbóreas mais comuns encontradas nos cerrados da região são: barbatimão (Stryphnodendron barbatimão), cajui (Anacardium sp), canela-de-veado, pau-de-colher-de-vaqueiro (Salvertia convallariodora), faveira-de-bolota (Parkia platycephala), faveiro (Dimorphandra molis), jatobá (Hymenaea sp), mangabeira (Hancornia speciosa), murici (Byrsonima crassifolia), pau-terra (Qualea sp), pequi (Caryocar brasiliensis), Sambaiba ou lixeira (Curatella americana) e Tingui (Magonia pubescens). No estrato das gramíneas predomina o capim agreste (Diectoris fastigiata) e o capim barba de bode (Aristida sp).

A Floresta de Transição é constituída por uma associação florística complexa, com feições variáveis, pois representa a passagem do cerrado para a floresta equatorial, onde destacam-se: axixá (Sterculia sp), caneleira (Cenostigma sp), caraíba (Tabebuia caraíba), pau-d'arco (Tabebuia sp), mangabeira (Hancornia speciosa) e pau-terra (Qualea sp). Nas regiões baixas desenvolvem-se aglomerações de palmeiras babaçu (Orbignya oleifera e Orbignya martiniana). Geralmente, quando do desmatamento destas florestas, os babaçuais propagam-se vertiginosamente ocupando o lugar da vegetação original.

Este tipo florístico ocupa uma faixa de direção N-S, na porção central do projeto, seguindo, a grosso modo, a linha de contato entre as unidades geológicas pertencentes à bacia do Maranhão com as rochas pré-silurianas que ocorrem na porção oeste da área. Nestas regiões e na porção norte do projeto esta floresta grada para a floresta equatorial.

A Floresta Equatorial é típica dos climas quentes e úmidos, caracterizando-se por apresentar árvores de

grande porte, muitas vezes com mais de 15 metros de altura. Função das características dos solos e do relevo, neste tipo de vegetação ocorrem variações na composição das espécies dominantes. Nos platôs apresenta-se muito densa, estrutura bastante uniforme, predominando árvores de grande porte, dentre as quais se destacam: angelim (Himenolobium sp), massa randuba (Minusap sp), mogno (Switenia sp), canela-de-velho (Miconia seriales) e pau-d'arco (Tecoma heptophylla).

Nas depressões, onde predominam os solos aluviais, desenvolvem-se árvores menores, geralmente palmáceas e arbustos, com raras árvores emergentes, providas de sapopemas e com tronco afilado. Entre as espécies mais frequentes desse tipo, temos: açazeiro (Euterpe olracea), sapucaia (Lecythis paraensis), mamona (Bombax equatium) e sumáma (Ceiba pentadra).

As Matas-Galerias dispõem-se ao longo dos cursos d'água que ocorrem, principalmente, na região dos cerrados. Normalmente são densas e compostas por palmáceas e árvores de porte elevado, sendo frequentes o buriti (Mauritia vinifera), o babaçu (Orgignya oleifera), o jatobá (Hymenaca sp), a pindaíba (Xylopia sp), o pau-de-tucano (Vochysia sp) e o óleo-vermelho (Copaifera sp).

Os Campos são caracterizados pelo predomínio do estrato herbáceo sobre o arbóreo, que é representado por arbustos e subarbustos esparsos. Dentre as gramíneas destacam-se o capim agreste e o capim barba de bode.

2.3. Solos

A área do projeto é caracterizada pela presença de poucos tipos pedológicos, controlados pelo clima, vegetação, relevo e natureza litológica do substrato rochoso. Assim, podem-se distinguir os seguintes tipos: solos podzólicos, solos lateríticos e latossolos, litossolos, solos arenosos e solos aluviais.

Solos Podzólicos - Caracterizam-se por apresentarem textura argilosa, por vezes cascalhentos, de cores vermelha a amarelada, possuindo um horizonte "A" rico em matéria orgânica de espessura acentuada, fofo, úmido e de textura frouxa. Predominam na região da floresta equatorial, aparecendo associados aos latossolos.

Solos Lateríticos e Latossolos - São os predominantes na região, possuem textura argilosa e cores vermelha e amarelada, cujo perfil completo dificilmente pode ser observado. São comuns concreções limoníticas na forma de abundantes pisólitos. Em geral sua espessura é pouco acentuada, da ordem de alguns decímetros, sendo raros os melhores desenvolvidos. Apresentam uma cobertura vegetal variando de uma transição floresta-cerrado a cerrado.

Litossolos - São solos que se desenvolvem principalmente sobre a Formação Pedra de Fogo, nas regiões onde os níveis de silexito encontram-se expostos. Em geral são pouco espessos, imaturos e pedregosos contendo fragmentos de silexito dispersos em matriz geralmente areno-argilosa, de cor amarela ou avermelhada. São controlados pelo substrato rochoso e pela topografia acidentada, onde os materiais são facilmente removidos pelos processos erosivos.

Solos Arenosos - Ocorrem irregularmente, cobrindo extensas áreas onde predominam os sedimentos arenosos. Apresentam coloração variando de cinza-rosado a rosa-avermelhado, dependendo do tipo litológico do qual se origininaram. Em geral são bastante permeáveis, muito frouxos, de granulação média, com grãos bem arredondados.

Solos Aluviais - Originados de sedimentos recentes, depositados pelos cursos d'água, confinam-se às suas margens e confluências ou encontram-se distribuídos em amplas planícies aluviais. Na área, ocorrem nos rios Araguaia e Tocantins e seus principais afluentes.

Apresentam textura arenosa, por vezes pedregosa, sem compactação, muito permeáveis. Os seus componentes são partículas grosseiras, com cantos desgastados pela ação do transporte.

2.4. Hidrografia

Toda a área do projeto é drenada pelo sistema hidrográfico dos rios Tocantins-Araguaia, cujo principal coletor é o rio Araguaia, através de seus afluentes da margem direita. O rio Tocantins, que drena o canto leste-sudeste, é o mais importante rio da região e assinala o limite entre os estados de Goiás e Maranhão. Seus principais afluentes da margem direita, na região, são os rios Manoel Alves Pequeno, Tana, Feio e Manoel Alves Grande. Seus tributários da margem esquerda são rios de pequeno porte, podendo citar-se, entre eles o Canabrava, Pau Seco, Curicaca e os ribeirões Gameleira, João Aires, Inhumas, Arraias, Jatobá, Mombuca e Santo Antônio.

O rio Araguaia que delimita os estados do Pará e Goiás, tem como afluente principal, na margem direita o rio Lontra, outros afluentes importantes da margem direita são o Barreiro, Corda, das Piranhas e São Martinho, havendo ainda outros de menor importância. Os principais tributários, pela margem esquerda são os rios Xambioá, Gameleira e os ribeirões Axixá, Sucupira e Menegildo. Parte da rede hidrográfica é caracterizada por declives fortes, principalmente o rio Tocantins que é marcado por grandes rápidos e corredeiras. Outro aspecto importante da rede hidrográfica é o caráter torrencial dos rios, principalmente em função do regime pluviométrico.

3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

A área do projeto situa-se na borda sudoeste da Bacia Sedimentar do Maranhão, fazendo parte da Depressão Ortoclinal do Médio Tocantins que, segundo LIMA e LEITE (1978), é uma unidade geomorfológica intimamente associada a um sistema de falhas paralelas de grande extensão, orientada N-S e cortada obliquamente por falhas de menor porte, que causaram a formação de amplos patamares estruturais das formações paleozóicas da bacia. Estes patamares foram pediplanizados e apresentam um caimento suave em direção à calha do rio Tocantins. O caimento é controlado pelo mergulho das camadas sedimentares na mesma direção. O caráter escalonado destes patamares pode ser observado a sudoeste da Folha Ananás.

Estes fatores estruturais, juntamente com os parâmetros climáticos e litológicos, originaram o desenvolvimento do relevo modelado nas diversas litologias aflorantes na área.

Serra do Sororó, serra Verde, serra Tiracatinga, serra das Andorinhas, serra do Estrondo e serra das Cordilheiras, são denominações locais de um conjunto de cristas com topos aplainados que formam o divisor de águas Tocantins-Araguaia, e que delimitam, a oeste, a Depressão Ortoclinal do Médio Tocantins.

O relevo esculpido nas rochas pré-silurianas que representam o embasamento da bacia, é constituído, predominantemente, por morros abaulados, com encostas íngremes. Localmente, o relevo desta unidade é bastante complexo, devido aos dobramentos que afetaram suas rochas. Assim, a norte de Xambioá observam-se estruturas dobradas e topograficamen

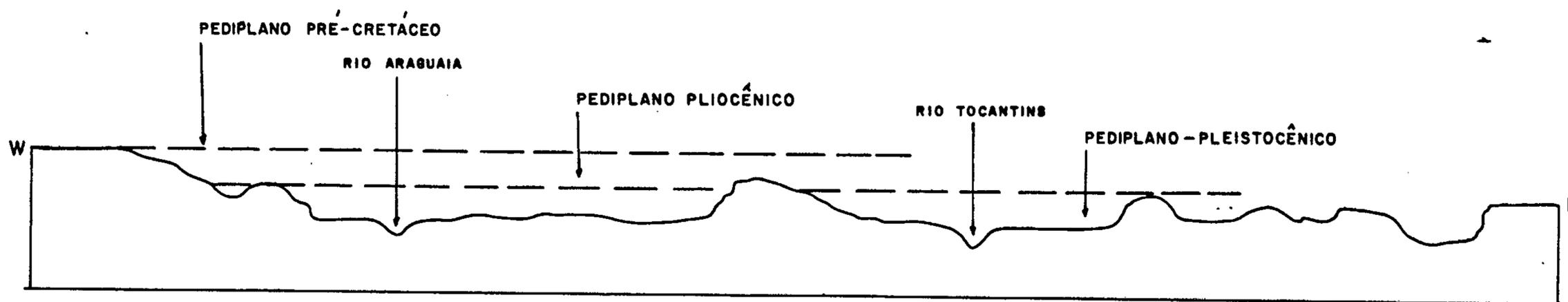
te invertidas pela erosão, formando um "braquissinclinal recumbente" (BARBOSA et alii, 1966). A sul da mesma cidade observam-se duas estruturas dômicas que, na realidade, são duas anticlinais escavadas em cujas bordas a erosão esculpiu cristas em "hog back".

Na Folha Ananás o rio Araguaia formou uma garganta de superimposição, sobre estruturas do Grupo Estrondo, e o rio Corda na mesma região, elaborou uma "percée" anclinal na "cuesta" da borda da bacia.

Nas formações que compõem a Bacia Sedimentar do Maranhão o relevo esculpido nas diversas litologias que a constituem depende, principalmente, das características litológicas de cada uma. Assim, as formações arenosas, porosas e permeáveis, tais como as formações Cabeças, Piauí e Sambaíba, favorecem o desenvolvimento de um relevo caracterizado por extensos chapadões, muitas vezes limitados por escarpas abruptas, como pode ser observado na Formação Sambaíba, nas proximidades de Carolina-MA (Foto 01).

As unidades pelíticas sofreram um maior desgaste pela ação erosiva das águas, o que intensificou o ravinamento e posterior arrasamento das saliências topográficas. Em consequência, estas unidades apresentam um relevo colinoso e formas abauladas, ou mesmo plano-ondulado. São exemplos deste tipo de relevo as áreas onde predominam as facies pelíticas das formações Motuca e Poti, além das soleiras de diabásio e derrames basálticos.

Nas unidades pelíticas que apresentam intercalações areníticas subordinadas, como as formações Pimentei ras e Longá, geralmente desenvolvem-se mesetas com múltiplos patamares, com o topo arenítico protegendo-as da erosão. Todavia com a destruição gradual destes topos protetores, as



PROJETO CARVÃO ENERGÉTICO NA BACIA TOCANTINS - ARAGUAIA

PERFIL GEOMORFOLÓGICO ESQUEMÁTICO

Fig.- 05

mesetas transformam-se em morros abaulados. Nas formações Piauí e principalmente Pedra de Fogo, este aspecto é dado pelos níveis de silexito alternando-se com os níveis pelíticos. Surge, então, um relevo tabular típico, com níveis de silexito constituindo o topo das mesetas.

Quanto à evolução do relevo e de acordo com KING (1956), BRAUN (1971) e mais recentemente LIMA e LEITE (op. cit.), observa-se na área, três ciclos erosivos: Sul-Americano, Velhas e Paraguaçu (Fig. 05).

Durante a fase epirogênica do ciclo Sul-Americano, que se estendeu do Cretáceo Superior ao Terciário Superior, o rio Tocantins ter-se-ia adaptado aos falhamentos do bordo oeste da bacia. Na fase de pediplanação, os sedimentos da bacia foram nivelados com as rochas do embasamento. Assim, alguns trechos mais altos das serras do Estrondo, das Cordilheiras e das Andorinhas, correspondem a uma pediplanação terciária que reelaborou um pediplano Cretácico ou mesmo Pré-Cretácico. No final da fase predominavam extensas planícies, com desenvolvimento de forte lateritização.

No ciclo Velhas, a partir do Terciário Superior até o recente, deu-se o último soerguimento epirogênico no Brasil. Este ciclo desmanchou a superfície Sul-Americana, entalhando uma nova superfície, em parte superposta, toda compartimentada em função de diferentes níveis de base de erosão.

De acordo com LIMA e LEITE (op. cit.) as feições geomorfológicas da área estudada desenvolveram-se sobre a superfície Sul-Americana, dentro do ciclo Velhas. A superfície de aplainamento Velhas desenvolveu-se em diversos níveis, sendo que a superfície de base está presente no relevo rebaixado dos interflúvios dos rios Tocantins e Araguaia.

O ciclo Paraguaçu compreende os estágios erosivos mais jovens (Pleistoceno até o recente), os quais podem estar ligados a movimentos tectônicos na foz dos grandes rios regionais. Esta erosão está propiciando o aluvionamento ao longo das planícies aluviais mais baixas dos rios Tocantins e Araguaia.

4. ESTRATIGRAFIA

4.1. Comentários Gerais

As diversas unidades geológicas que afloram na área do projeto, são representadas por rochas que vão desde o pré-cambriano até o recente, sendo que apenas aquelas pertencentes à Bacia Sedimentar do Maranhão foram estudadas em detalhe.

Nos trabalhos de análise das descrições, feitas por diversos autores que trabalharam na área, e com os dados obtidos durante a execução do atual projeto, montou-se uma coluna estratigráfica para a bacia (Fig. 06) e também uma coluna abrangendo a região compreendida pelo atual trabalho (Fig. 07).

4.2. Unidades Estratigráficas

4.2.1. Pré-Cambriano

4.2.1.1. Histórico

Os primeiros dados geológicos sobre as rochas Pré-Cambrianas da região foram obtidos por MORAES RÊGO, em 1933, o qual denominou de "Série do Tocantins" a um conjunto de metamorfitos, mais jovens do que a denominada "Série Araxá" de BARBOSA et alii (op. cit.), esta correspondente à Série Minas. PUTY et alii (1972), nos trabalhos do Projeto Maranhá, consideraram estas séries como Grupos. HASUI et alii (1975) propuseram a denominação de Grupo Estrondo para a unidade antes descrita como Araxá. MONTALVÃO (1976), in HASUI et alii (1977), considera todo o conjunto como Grupo

PROJETO CARVÃO ENERGÉTICO NA BACIA TOCANTINA-ARAQUAIA
COLUNA LITOESTRATIGRÁFICA DA BACIA DO MARANHÃO

LIMA e LEITE (1978)
COSTA (1940)

EON	ERA	PERÍODO	SÉRIE	IDADE/ANDAR	INTERVALO BIOESTRATIGRÁFICO	UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA	LITOLOGIA	DESCRIÇÃO	AMBIENTE									
FALEOZOÓICO	CENOZOÓICA	QUATERNÁRIO				Aluviões (Qa)		Argilas, areias, calhaus	Continental									
						Coberturas (TQC)		Coberturas areno-argilosas, lateríticas, eluviões, depósitos de talude										
		TERCIÁRIO			Mioceno Inferior		Formação Pirabas (Tp)		Calcários fossilíferos, margas e argilitos	Marinho								
							Formação Itapecuru (Kl)		Arenito vermelho, argiloso, com níveis de siltito e argilito vermelho	Continental fluvial								
		CRETÁCEO	Inferior	Albiano			Formação Codó (Kc)		Codó: Folhelhos, calcários, gipsita, arenito fino Grajaú; Arenito médio, folhelho e sílex	Codó: Marinho restrito Grajaú: Flúvio-deltaico								
							Formação Grajaú (Kg)											
	Aptiano					Formação Sardinha (Ks)		Basalto cinza-escuro, amigdaloidal	Extrusão fissural de lavas no continente, em condições subaéreas									
						Formação Corda (Jc)		Arenito vermelho e arroxeadado, fino a médio, estratificação cruzada laminar, argiloso, nível de siltito e folhelho localmente fossilífero. Horizonte de sílex, conglomerados basais.	Fluvial lacustre com faixa eólica									
	JURÁSSICO	Superior				Formação Pastos Bons (Jpb)		Arenito e mudstone róseo e esverdeado, fino e médio, estratificação cruzada, folhelho cinza.	Fluvial e lacustre									
						Formação Mosquito (Rjm)		Basalto de cor verde-escuro a preto, com matriz afanítica, amigdaloidal, com zeólitas e calcedônia. Na base, localmente, ocorrem intercalações de arenito Sambaíba.	Extrusão fissural de lavas no continente, em condições subaéreas									
						Formação Sambaíba (Rs)		Arenito rosa a esbranquiçado, de granulação fina a média, grãos subarredondados a esféricos, com pelúculas de argila envolvendo os grãos, estratificação cruzada planar, de grande porte.	Continental fluvial e eólico									
	TRIÁSSICO	Inferior				Formação Motuca (Pm)		Arenito vermelho, fino a médio, argiloso, com intercalações de siltito argiloso e folhelho vermelho.	Marinho, lagunar, continental fluvial com contribuição eólica									
						Formação Pedra de Fogo (Ppf)		Arenito rosa, fino a médio, argiloso; siltito e folhelho vermelho a violáceo, estrutura de "alumping", níveis de calcário e sílex, com faixas oolíticas ou nodulares, com intercalações de gipsita e anidrita.	Continental, marinho e lagunar									
	PALEOZOÓICO	PERMIANO				XVI												
											Médio			XV				
		Inferior			XIII													
										Superior	Stephaniano		XIV					
		Inferior	Westfaliano		XIII													
										Superior	Namuriano		XII					
		Inferior	Viseano		XI													
										Superior	Struniano		VIII					
		Inferior	Frasniano		VII													
										Superior	Givetiano		VI					
Inferior		Eifeliano		V														
	Superior																	
Inferior																		
	Superior																	
Inferior																		
	Superior																	
Inferior																		
	Superior																	
Inferior																		
	Superior																	
Inferior																		
	Superior																	
Inferior																		
	Superior																	
Inferior																		
	Superior																	
Inferior																		
	Superior																	
Inferior																		
	Superior																	
Inferior																		
	Superior																	
Inferior																		
	Superior																	
Inferior																		
	Superior																	
Inferior																		
	Superior																	
Inferior																		
	Superior																	
Inferior																		
	Superior																	
Inferior																		
	Superior																	
Inferior																		
	Superior																	
Inferior																		
	Superior																	
Inferior																		
	Superior																	
Inferior																		
	Superior																	
Inferior																		
	Superior																	
Inferior																		
	Superior																	
Inferior																		
	Superior																	
Inferior																		
	Superior																	
Inferior																		
	Superior																	
Inferior																		
	Superior																	
Inferior																		
	Superior																	
Inferior																		
	Superior																	
Inferior																		
	Superior																	
Inferior																		
	Superior																	
Inferior																		
	Superior																	
Inferior																		
	Superior																	
Inferior																		
	Superior																	
Inferior																		
	Superior																	
Inferior																		
	Superior																	
Inferior																		
	Superior																	
Inferior																		
	Superior																	
Inferior																		
	Superior																	
Inferior																		
	Superior																	
Inferior																		
	Superior																	
Inferior																		
	Superior																	
Inferior																		
	Superior																	
Inferior																		
	Superior																	
Inferior																		
	Superior																	
Inferior																		
	Superior																	
Inferior																		
	Superior																	
Inferior																		
	Superior																	
Inferior																		
	Superior																	
Inferior																		
	Superior																	
Inferior																		
	Superior																	
Inferior																		
	Superior																	
Inferior																		

CRONOESTRATIGRAFIA						UNIDADE LITOSTRATIGRÁFICA	LITOLOGIA	DESCRIÇÃO	AMBIENTE			
ERA	PERÍODO	SÉRIE	IDADE/ANDAR	INTERVALO LITOSTRATIGRÁFICO								
PALEOZOÓICO	CEZOÓICA	QUATERNÁRIO				Aluviões (Qa)		Argilas, areias, calhaus	Continental			
		TERCIÁRIO				Coberturas (TQD1)		Coberturas areno-argilosas, lateríticas, eluviões, depósitos de talude				
	MESOZOÓICA	JURÁSSICO	Superior				Formação Corda (Jc)		Arenito vermelho e arroxado, fino a médio, estratificação cruzada laminar, argiloso, nível de siltito e folhelho localmente fossilífero. Horizonte de sílex, conglomerados basais.	Fluvial lacustre com faixa eólica		
			Médio				Formação Mosquito (Rm)		Basalto verde-escuro a preto com matriz afanítica, amigdaloidal, com zeolitas e calcedônia. Na base, localmente ocorrem intercalações de arenito Sambaíba.	Extrusão fissural de lavas no contígua, em condições subaéreas		
			Inferior									
			TRIÁSSICO	Superior					Formação Sambaíba (Rsa)		Arenito róseo a esbranquiçado, fino a médio, grãos subarredondados a esféricos, película de argila envolvendo os grãos, estratificação cruzada planar de grande porte.	Continental, fluvial e eólico
				Médio								
				Inferior					Formação Motuca (PRm)		Arenito avermelhado, fino a médio, argiloso, com intercalações de siltito argiloso e folhelho vermelho.	Marinho, lagunar, continental fluvial com contribuição eólica
		FERMIANO	Superior				XVI					
			Médio									
			Inferior					Formação Pedra de Fogo (Ppf)		Arenito róseo, fino a médio, argiloso, siltito e folhelho vermelho e violáceo, estrutura de "slumping", níveis de calcário e sílex, com faixas oolíticas ou modulares, contendo níveis de gipsita e anidrita.	Continental, marinho e lagunar	
			CARBONÍFERO	Superior	Stephaniano			XIV	Formação Piauí (Cpi)		Arenito róseo e esbranquiçado, médio, estratificação cruzada planar de grande porte e tipo torrencial, estrutura do corte e preenchimento. Siltitos argilosos e folhelhos vermelhos, homogêneos, nível delgado de sílex. Raros calcários.	Essencialmente fluvial, com breves ingressos marinhos, faixa eólica no topo
					Westfaliano			XIII				
				Inferior	Namuriano				XII	Formação Poti (Cpo)		Arenito róseo-esbranquiçado, fino a médio, com intercalações de siltito e folhelho cinza, arroxado e vermelho, micaceo, com restos vegetais. Conglomerados intraformacionais.
			Viseano									
			Tournaisiano			XI	Formação Longá (DCl)		Folhelhos e siltitos cinza-escuro e arroxados, micromicáceos, aleitamento regular ondulado, estrutura mosqueada, bloco turbado, rastros de vermes, flaser. Arenitos finos, homogêneos.	Marinho litorâneo a inframarinho, planície de maré		
						X						
	DEVONIANO	Superior	Struniano				VIII	Formação Cabeças (Dc)		Arenito esbranquiçado, fino a médio, estratificação cruzada. Nível de siltito e folhelho cinza, lentes ocasionais de paraconglomerado.	Marinho, litorâneo e deltaico	
			Frameniano			VII						
			Frasniano				VI	Formação Pimenteiras (Dp)		Alternância de arenitos creme e esverdeados, finos, e siltitos e folhelhos cinza arroxados, com aleitamento regular ondulado, marcas de vermes, flaser. Níveis de oolitos ferruginosos ou carbonáticos.	Marinho inframarinho a litorâneo, planície de maré	
		Civetiano			V							
		Eifeliano										
		PROTEROZOÓICO		Médio								
						Supergrupo Baixo Araçuaia	Grupo Estreito	Biotita gnaisse e biotita-quartzo xisto, com intercalações de quartzitos friáveis e lentes de talco xisto. Muscovita-biotita xisto, granada-biotita xisto, estaurolita xisto e grafita xisto; lentes de microfilitos e quartzitos. Ortoquartzitos, muscovita quartzitos, biotita quartzitos				

Araxá, subdividindo-o nas formações Lontra, São Geraldo, Serra dos Martírios e Tocantins, elevando novamente à categoria de Grupo a Formação Tocantins em 1978. HASUI et alii (1977) esboçaram um novo arranjo estratigráfico para a faixa de Dobramentos Paraguai-Araguaia, reunindo as rochas ali ocorrentes em um grupo denominado Baixo Araguaia, composto pelas formações Estrondo, Couto Magalhães e Pequizeiro. ABREU (1978) propõe elevar o Grupo Baixo Araguaia à categoria de Super Grupo, composto pelo Grupo Estrondo, dividindo-o nas formações Morro do Campo e Xambioá e pelo Grupo Tocantins, compreendendo as formações Couto Magalhães e Pequizeiro. A estratigrafia aqui adotada, na área de interesse, é a de COSTA (1980) que divide o Grupo Estrondo em três formações: Morro do Campo, Xambioá e Canto da Vazante, que corresponde à parte superior da Formação Xambioá, de ABREU (op. cit.).

Todavia, o estudo destes metamorfitos não foi o objetivo principal do projeto e, após os reconhecimentos de campo, certificou-se, ocorrerem na área, simplesmente as litologias inerentes ao Grupo Estrondo, parte integrante do Super Grupo Baixo-Araguaia.

4.2.1.2. Super Grupo Baixo-Araguaia

4.2.1.2.1. Grupo Estrondo - Põe

Na área estudada, este grupo foi considerado indiviso, pois o caráter geral dos trabalhos não permitiu a individualização de suas formações.

Estende-se, continuamente, na direção norte-sul, por toda orla oeste do projeto, ultrapassando os limites do mesmo; quase sempre, com relevos de destaque topográfico.

O contato superior com as rochas sedimentares da bacia do Maranhão, é assinalado por discordância erosiva e angular com os sedimentos da Formação Pimenteiras, ou localmente tectônico com esta e/ou outras unidades da bacia. Inferiormente os contatos não foram detectados, porém, seriam discordantes, segundo COSTA (op. cit.).

Quanto às litologias, identificou-se na área, predominantemente, muscovita-biotita-quartzo xistos feldspáticos e, em menor escala, biotita xistos, granada-biotita xistos, grafita xistos, quartzo xistos, quartzitos micáceos e subordinadamente anfibolitos lenticulares, bem como granito gnaiesses.

Os micaxistos feldspáticos são rochas de cor cinza-escuro ou esverdeada, granulação média, textura grano ou porfirolepidoblástica, estrutura sempre foliada e minerais, na maioria, orientados. Exibem, frequentemente, veios de quartzo sob a forma de plaquetas finas a médias ou então cristais alongados de feldspatos, dispostos ou encaixados paralelamente à foliação da rocha, conferindo à mesma, um aspecto gnáissico em escala de afloramentos. Microscopicamente (fichas 1026 e 1028), são constituídos essencialmente por quartzo, plagioclásio, microclínio, biotita e muscovita. Os acessórios são carbonatos, epidoto, opacos, turmalina, sericita e clorita; revelando, assim, metamorfismo de médio e baixo graus. A presença de porfiroblastos de feldspatos sugere origem piroclástica ou vulcânica.

Os quartzo xistos apresentam coloração cinza-claro, textura granolepidoblástica, granulação fina a média, estrutura orientada, constituídos sobretudo por quartzo e acessoriamente por muscovita, sericita e alguma biotita. Parecem representar uma transição para os quartzitos micáceos.

ceos. Estes são de coloração cinza a cinza-esbranquiçado, textura granoblástica média, estrutura orientada, por vezes maciça e constituídos, essencialmente, por quartzo, participando secundariamente muscovita, sericita, biotita, carbonato, zircão, opacos, clorita, epidoto e apatita (fichas 10.210 e 10.214). Os grafita xistos são rochas finas, por vezes nematoblásticas, de coloração escura, intercaladas subordinadamente nos biotita xistos e granada-biotita xistos, que são também litotipos finos, lepidoblásticos, com foliação proeminente e quase sempre avermelhados, devido a frequente alteração.

Os anfíbolitos são rochas retrometamorfisadas, lenticulares, de coloração escura, granulação fina, igualmente foliadas, constituídas sobretudo por anfíbólios, medindo no ponto GS-48, 30 m de espessura. As ocorrências são reduzidas e encontram-se encaixadas em concordância estrutural nos micaxistos.

Os granitos gnáissicos apresentam coloração rósea, textura granoblástica média e estrutura sub-orientada, às vezes, maciça. Microscopicamente, são constituídas por quartzo, microclínio e acessórios.

Dentre outras litologias, HASUI et alii (1981) descrevem tremolita ou antofilita xistos, esteatitos e talco xistos que ao lado dos anfíbolitos já mencionados, denotam as manifestações máfico-ultramáficas sindeposicionais, indicando, ao mesmo tempo, a impossibilidade de este grupo representar coberturas plataformais. Além deste evento magmático pré-tectônico, esses autores citam mais dois episódios relacionados principalmente ao Grupo Estrondo. O primeiro é representado por pequenos corpos graníticos, não orientados e o segundo e último por diques de diabásios não deformados.

Estruturalmente o Grupo Estrondo é de grande complexidade. As feições primárias não foram verificadas, porém, as estruturas de origem tectono-metamórfica são proeminentes, incluindo bandeamento metamórfico, acentuada foliação, lineação mineral e microdobras, além de mega anticlinais. Esse conjunto estrutural desenvolveu-se em vários ciclos, todavia, guarda preferencialmente uma orientação submeridiana, variando em torno de 10° a 20° , ora para leste, ora para oeste, com mergulhos médios e altos para leste e, consequente vergência para oeste. Em escala de afloramentos observam-se, pelo menos, três fases de deformações. A primeira é marcada pelo desenvolvimento de veios de quartzo e foliação; a segunda seria marcada pelo dobramento dessas feições e finalmente a terceira é balizada por intensa crenulação superimposta. (Foto 02).

Quanto à idade, os dados geocronológicos ainda são escassos e não permitem uma interpretação muito segura. HASUI et alii (op. cit.) apresentam uma síntese dos trabalhos existentes e consideram o Grupo Estrondo do Proterozóico Médio.

4.2.2. Paleozóico

4.2.2.1. Formação Pimenteiras - Dp

4.2.2.1.1. Histórico

Esta denominação foi utilizada, pela primeira vez, por SMALL (1914) para caracterizar as camadas de folhelhos e siltitos, aflorantes nas proximidades da Vila de Pimenteiras, situadas na porção basal de sua Série Piauí, por considerá-las mais antigas que os sedimentos da Formação

Serra Grande.

Posteriormente, PLUMMER (1948) utilizou o termo para designar uma formação paleozóica basal, dividindo-a nos membros OITIS (inferior) e PICOS (superior), o que foi também adotado por CAMPBELL (1949).

KEGEL (1952) posicionou-a sobre os sedimentos Serra Grande, considerando também dois membros: Itaim e Picos, inferior e superior, respectivamente; porém, mais tarde, BLANKENNAGEL (1953) colocou o Membro Itaim como topo da Formação Serra Grande e considerou Formação Pimenteiras apenas o Membro Picos.

RODRIGUES (1967) mais recentemente propôs uma nova divisão litoestratigráfica, elevando o Membro Picos à categoria de formação, para o qual conservou o termo Pimenteiras, porém, excluindo parte de sua porção superior. CAROZZI et alii (1975) incluem a Formação Pimenteiras no Grupo Canindé e colocando os membros Carolina inferior e superior como início desta formação.

MESNER e WOOLDRIGE (1964) conservam a divisão desta unidade nos dois membros Itaim inferior e Picos superior, porém AGUIAR (1971) considera Formação Pimenteiras simplesmente o Membro Picos, destes autores.

RIBEIRO e DARDENE (1978) consideram e descrevem, em área localizada, dois membros inferior e superior compondo a Formação Pimenteiras, sem contudo denominá-los especificamente.

LIMA e LEITE (op. cit.) adotam a proposição de BLANKENNAGEL (op. cit.) considerando como Formação Pimenteiras apenas o Membro Picos de KEGEL, procedimento este adotado também no presente trabalho.

4.2.2.1.2. Distribuição e Espessura

Na área do projeto ocorre em forma de estreita faixa, de 3 a 10 km de largura, estendendo-se continuamente de norte a sul da mesma, ocupando o limite oeste das folhas Nova Olinda e Araguaína, e a linha central das folhas Piraguê, Ananás e Araguatins. Aparece também no canto nordeste da Folha SB.22-X-D-V e em pontos esparsos próximos ao limite leste das folhas Rio das Cunhãs e Muricilândia.

As espessuras são variáveis, em decorrência, sobretudo, da maior ou menor movimentação tectônica na borda da bacia, influenciando nos processos sedimentares.

LIMA e LEITE (op. cit.) e outros, citam espessuras variando entre 20 e 200 m. RIBEIRO e DARDENE (op. cit.) relatam espessuras da ordem de 120 m na região de Paraíso do Norte. Na área estudada suas espessuras mais representativas são da ordem de 40 a 50 m, raramente ultrapassando 80 m.

4.2.2.1.3. Relações Estratigráficas

Segundo LIMA e LEITE (op. cit.) o contato inferior com a Formação Serra Grande é concordante e gradativo. O contato superior com a Formação Cabeças é concordante e gradativo, porém, localmente apresenta-se discordante.

Na área em apreço, os sedimentos Pimenteiras assentam, em discordância, diretamente sobre os metamorfitos do Grupo Estrondo, que representa o embasamento da bacia em sua orla oeste. O contato superior, embora encoberto, dá-se normalmente com a Formação Cabeças, em toda a extensão da Fo

lha Nova Olinda e grande parte da Folha Araguaína, na qual, na parte norte os contatos são tectônicos com a própria Formação Cabeças, Longá e Pedra de Fogo. Daí para o norte até o limite da área, na Folha Araguatins, a Formação Pimenteiras encontra-se em contato com a Formação Pedra de Fogo através de contínuos falhamentos de direção norte-sul, e também com a Formação Poti através de falha, marcando aí a interrupção de seus afloramentos.

4.2.2.1.4. Litologia

Na área deste trabalho, as litologias desta formação, não apresentam um empilhamento regular e contínuo e, normalmente, ocorrem grandes variações laterais e verticais.

As litologias observadas foram: siltitos cremes, cinza-esverdeados e avermelhados, com laminações plano-paralelas, por vezes ondulados, argilosos, micromicáceos; folhelhos cinza-esbranquiçados e róseos, laminados, micromicáceos, físseis, com indícios de bioperturbação em alguns níveis, evoluindo na parte superior para intercalações de bancos de arenitos finos com níveis pelíticos, ferrificados, de cor marrom, duros, guardando, no topo, semelhança às lateritas. Intercalam-se, ainda, siltitos e folhelhos cinza e avermelhados, siltitos argilosos, com camadas de oólitos ferruginosos, de cor amarelo-pirita, brilhantes e pouco friáveis. Impressões de fósseis vegetais, por vezes, são encontradas em folhelhos de cores cinza, cinza-escuro ou cinza-esbranquiçado.

No perfil realizado através do rio Lontra, Folha Piraquê, verifica-se uma sequência de rochas psamítico

-pelíticas, iniciando com arenito muito fino, avermelhado, amarelado na alteração, laminado, micáceo, por vezes parcialmente lateritizado, passando a arenito fino a médio, cinza-claro, amarelo quando alterado, feldspático, grãos medianamente trabalhados e finamente estratificados; segue-se uma sequência de siltitos e argilitos vermelhos, intercalados por camadas de arenito fino, vermelho e calcífero, transicionando para arenitos de cor cinza-claro, amarelos ou avermelhados na alteração, compostos por grãos médios de quartzo e feldspatos, mal trabalhados, gradando novamente para intercalações de siltitos e arenitos finos, avermelhados com níveis esverdeados, compondo o topo de toda sequência neste roteiro. Litologias semelhantes ocorrem ao longo do perfil efetuado no rio Corda, Folha Ananás.

Já nas folhas Araguaína e Nova Olinda, onde a Formação Pimenteiras é muito pouco espessa, está representada, quase sempre, por arenitos, siltitos, e argilitos de cores vermelha, amarelo-ocre, cinza e camadas esverdeadas alternativamente exibindo cor creme. Na maioria das vezes, estas rochas estão endurecidas por efeito de oxidação secundária e/ou inteiramente lateritizadas. Outro aspecto marcante e inerente à sequência, refere-se à presença de frequentes níveis microconglomeráticos e conglomeráticos, inseridos nos bancos de arenitos ou siltitos; os grânulos e seixos, na maioria, são constituídos por fragmentos de quartzo, mal trabalhados, de baixo arredondamento e esfericidade indicando pequeno transporte.

Finalmente, cumpre ressaltar que os terrenos de domínio da Formação Pimenteiras são muito arrasados e os fenômenos de lateritização foram bastante intensos e extensivos a todas as suas litologias.

4.2.2.1.5. Ambiente de Deposição

Segundo LIMA e LEITE (op. cit.) o Conjunto Pimenteiras ter-se-ia depositado em ambiente marinho infra-nerítico, nerítico e até litorâneo, o que está em acordo com vários outros trabalhos.

Naturalmente, dentro desta compartimentação maior, cabe acrescentar os sub-ambientes de planície e canais de maré. O primeiro assinalado pela presença de siltitos verdes com bioperturbações, estruturas flaser e laminações plano-paralelas e o segundo marcado por arenitos com pequenos estratos cruzados incluindo os óólitos ferruginosos, que normalmente têm sua origem neste tipo de ambiente.

Todavia, admite-se que a sedimentação Pimenteiras, como um todo, tenha sido de caráter transgressivo, com oscilações marinhas, produzindo curtos períodos regressivos. Seus sedimentos ultrapassam os limites da Formação Serra Grande (inferior) alcançando o próprio embasamento da bacia, o que evidencia essa transgressão. A alternância entre psamitos e pelitos indicam as oscilações marinhas, bem como a variação de energia do ambiente com sedimentação vertical para os clastos finos e lateral para os grosseiros. Os níveis microconglomeráticos e conglomeráticos colocam em destaque as pequenas regressões.

Os sedimentos de cores vermelhas e arroxeadas correspondem certamente a períodos de águas agitadas e ambiente oxidante. Já os sedimentos de cores cinza, esverdeadas e cinza-escuro representam períodos transitivos e fases de ambiente redutor.

Outro fator a ser considerado no entendimento da alternância de sedimentação lateral e vertical, está na

movimentação tectônica, que é sempre mais intensa na borda da bacia, produzindo blocos "horsts" e "grabens" e automaticamente águas mais profundas e mais rasas.

4.2.2.1.6. Idade e Paleontologia

RODRIGUES (op. cit.) citando MULLER (1964) que descreve quitinozoários e histicosferídeos, assinala nesta formação a presença de trilobitas, braquiópodes e celererados.

MESNER e WOOLDRIDGE (op. cit.) registram a presença do peixe Machaeracanthus e os trilobitas Homalonotus e Asteropyge, colocando o folhelho Picos em ambos os lados do limite eo-devoniano/médio-devoniano.

LIMA e LEITE (op. cit.) citam que as associações de palinórfos indicaram dois intervalos de tempo, correspondentes ao limite meso-neodevoniano (Eifeliano e Frasniano - intervalo bioestratigráfico V e VI) e ao neodevoniano (Struniano e Fameniano - intervalo bioestratigráfico VII e VIII). Os esporórfos, diagnósticos mais frequentes são Grandispora, Samarisporites, Biharisporites, Ancynospora e Nikitinsporites. Quanto aos quitinozoários, ocorrem: Angochitina, Alpenachitina, Cladochitina, Sphaerochitina, Ancyrochitina, Lagenochitina e Ramochitina.

LINDENMAYER e LINDENMAYER (1971) citam a presença de talófitas indeterminadas e tasmanáceas, quitinozoários, escolecodonte e braquiópodos em siltitos, situados 12 quilômetros a norte de Miranorte-GO.

Em síntese, considera-se a Formação Pimenteiras do Devoniano Médio com ligeiro avanço no Devoniano Superior.

4.2.2.1.7. Correlações

Segundo AGUIAR (op. cit.) esta formação é correlacionável à parte basal da Formação Curuá da bacia Amazônica e à Formação Ponta Grossa da bacia do Paraná.

4.2.2.2. Formação Cabeças - Dc

4.2.2.2.1. Histórico

O termo Cabeças foi proposto por PLUMMER (op. cit.) para caracterizar a sequência de arenitos encontrados na região homônima, hoje cidade de Dom Espedito Lopes (PI), o qual dividiu a formação em 3 membros: Passagem, Oeiras e Ipiranga, datando-a como do Carbonífero.

CAMPBELL (op. cit.) manteve o nome, mas abandonou a subdivisão em membros. KEGEL (op. cit.) considerou o Membro Passagem, correlato ao Membro Oitis, da Formação Pimenteiras de PLUMMER (op. cit.) e sugeriu o abandono do termo Oitis. BLANKENAGEL (op. cit.) preferiu não dividir a formação, chamando-a, em termos genéricos, de Formação Cabeças, com o que concordaram MESNER e WOOLDRIDGE (op. cit.). Mais recentemente, RODRIGUES (op. cit.) propôs nova subdivisão, membros: Tem Medo (Inferior), Testa Branca (Médio) e Ribeirãozinho (Superior). PERILLO e NAHASS (1968), ANDRADE (1972) e LIMA e LEITE (op. cit.) não consideraram a subdivisão proposta, chamando-a, apenas de Formação Cabeças o que é adotado também neste trabalho.

4.2.2.2.2. Distribuição e Espessura

Na área do projeto ocorre, a sudoeste de Araguaína, sob a forma de uma faixa estreita e alongada norte-sul.

A maior espessura na bacia do Maranhão é da ordem de 300 m encontrada na região de Piripiri e Piracuruca, a qual diminui, gradativamente, para a região sudeste, onde atinge 130-160 m. No flanco sul da bacia tem 50-60 m, e na borda oeste 40-50 m, diminuindo, nesta região, de sul para norte até desaparecer próximo a Araguaína.

AGUIAR (op. cit.) assinala que a maior espessura encontrada em sub-superfície foi no Poço I-FL-1-MA, na região de Floriano, com 206 m.

4.2.2.2.3. Relações Estratigráficas

O contato superior com a Formação Longá faz-se, geralmente, com brusca mudança litológica, por vezes com discordâncias locais.

Nas bordas leste, sudeste e sul da bacia o contato inferior com a Formação Pimenteiras, faz-se com mudança litológica brusca. Próximo à cidade de Pimenteiras o contato é concordante e gradacional.

LIMA e LEITE (op. cit.) acreditam que o contato faz-se, via de regra, de forma concordante, sendo as discordâncias fenômenos locais.

Na área deste trabalho os contatos, tanto o inferior com a Formação Pimenteiras, como o superior com a Formação Longá, estão encobertos e foram delimitados aproximadamente.

4.2.2.2.4. Litologia

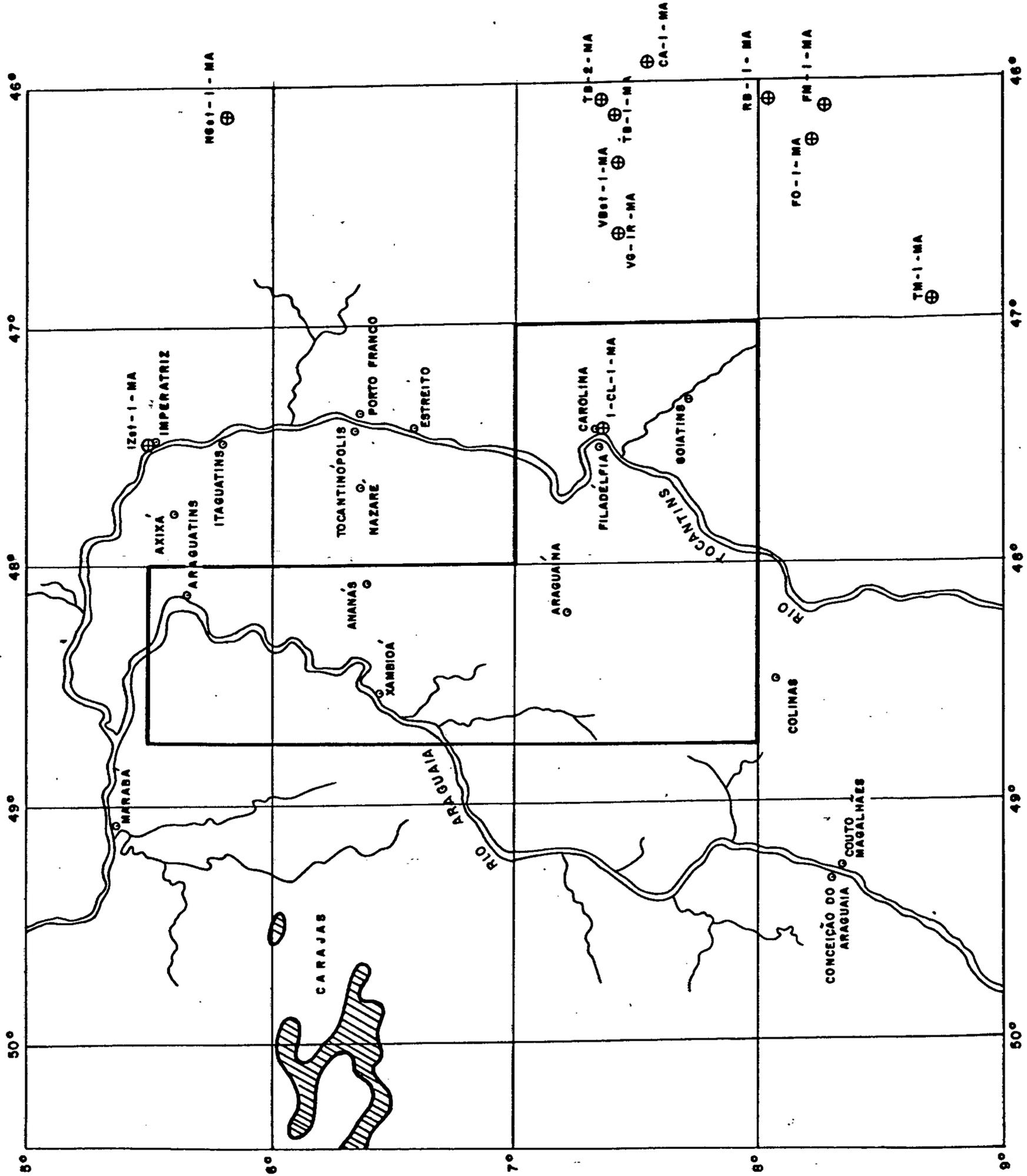
Constitui-se, essencialmente, de arenitos cremes e esbranquiçados, finos a médios, grãos subangulosos, homogêneos, ou com estratificação cruzada plânar, localmente caulínicos e friáveis.

Na região de Pedro Afonso, na porção média a inferior da formação, ocorrem blocos de até 1,50 m, arredondados de arenito esbranquiçado, fino a médio, e blocos pouco menores de arenitos finos e siltitos amarelados, por vezes contendo óólitos ferruginosos, imersos em matriz siltico-argilosa. A esta sequência foi dada, em termos bibliográficos, a denominação de paraconglomerado ou diamictito, indistintamente.

4.2.2.2.5. Ambiente de Deposição

LIMA e LEITE (op. cit.), através de verificações de campo, concluíram que, devido às características litológicas e estruturais, os arenitos Cabeças ter-se-iam depositado em ambiente litorâneo, com contribuição deltáica nos níveis argilosos subordinados. E, na seção média, onde dominam siltitos e folhelhos, o ambiente teria sido marinho de águas rasas, com baixa taxa de deposição. A sedimentação deltáica é corroborada pela análise dos perfis elétricos compostos dos poços TM-1-MA; TB-2-MA e FO-1-MA, realizados pela PETROBRÁS nos municípios de Balsas e Tasso Fragoso na bacia do Maranhão e cuja localização pode ser observada na Figura 08.

Com relação aos paraconglomerados ou diamictitos, as opiniões são muito divergentes:



PROJETO CARVÃO ENERGÉTICO NA BACIA TOCANTINS - ARAGUAIA

MAPA DE LOCALIZAÇÃO DE POÇOS DA PETROBRAS FURADOS PRÓXIMO À ÁREA DO PROJETO

FIG. - 08

- LUDWING (1964), ANDRADE (op. cit.) e PERILLO e NAHASS (op. cit.) atribuem a estes sedimentos uma origem associada a correntes de turbidez;

- CAROZZI et alii (op. cit.) definem estes se dimentos como diamictitos glaciais, associados a sedimentos deltáicos;

- NAHASS (1976) sugere que estas rochas podem ter-se depositado sob duas condições:

a) origem glacial

b) origem por escorregamento

- LIMA e LEITE (op. cit.) interpretam estes se dimentos como oriundos de escorregamento subaquoso de talude de falha, no tempo Cabeças Médio a Superior.

4.2.2.2.6. Idade e Paleontologia

Baseado em fósseis de trilobitas Asteropyge cf. paituna e braquiópodes Chonetes cf. syrtalis e Tropidolep tus cf. carinatus KEGEL (1953) posicionou esta formação no Devoniano Médio. São encontrados também outros braquiópodes, lamelibrânquios, gastrópodes, articulações de crinóides, restos de euripterídeos e fragmentos de plantas.

BRITO e SANTOS (1963) descrevem microfósseis do gênero Pseudolunulidia.

AGUIAR (op. cit.), cita MULLER, que encontrou pólen da zona P, atribuindo a idade devoniana média a superior para a formação.

LIMA e LEITE (op. cit.), baseados em associação de palinomorfos, consideram a formação de idade mesodevonia na a neodevoniana.

4.2.2.2.7. Correlações

LANGE e PETRI (1967), in AGUIAR (op. cit.), citam que, em idade, a Formação Cabeças corresponde à parte superior da Formação Ponta Grossa, da bacia do Paraná.

De acordo com AGUIAR (op. cit.) os paraconglomerados dessa formação correlacionam-se com os da Formação Curuá, da bacia Amazônica.

4.2.2.3. Formação Longá

4.2.2.3.1. Histórico

ALBUQUERQUE e DEQUECH (1946) propuseram o nome Formação Rio Longá para designar os folhelhos escuros, ocorrentes no vale do rio homônimo, ao norte do Estado do Piauí.

CAMPBELL (op. cit.) concluiu que esta formação era equivalente, em termos estratigráficos, às formações Itaueira e Tranqueiras de PLUMMER (op. cit.), e conservou a denominação Rio Longá, por ser mais antiga, considerando as formações Itaueira e Tranqueiras como partes superior e inferior, respectivamente, e associou esta unidade ao Permo-Carbonífero. KEGEL (op. cit.) concordou com a proposição de ALBUQUERQUE e DEQUECH (op. cit.) após certificar-se que as camadas Itaueira eram mais recentes, em relação às camadas devonianas.

Posteriormente, em 1963, MOORE dividiu esta formação em três membros, usando critérios exclusivamente litológicos.

Finalmente, PERILLO e NAHASS (op. cit.) e ANDRADE (op. cit.) conservaram esta denominação, dividindo-a informalmente em três membros: o Inferior constituído por

folhelhos ou siltitos; o Médio formado por arenitos e siltitos e o Superior composto por folhelhos. Neste trabalho foi usado simplesmente o termo Longá, uma vez que estes membros não foram individualizados.

4.2.2.3.2. Distribuição e Espessura

Na área ora estudada, ocupa estreita e alongada faixa norte-sul, que se estende por toda a parte oeste da Folha Nova Olinda e grande parte da Folha Araguaína; restritamente ocorre também na parte sudoeste da Folha Palmeirante.

Dado o seu caráter pelítico e pequena espessura, a formação não apresenta grandes áreas de exposição, aflorando, geralmente, nas calhas de drenagem.

Na borda leste da bacia, a espessura da formação varia de 90 a 120 m e a sudeste e sul de 40 a 60 m. No falnco oeste, área deste trabalho, oscila entre 60 e 80 m.

4.2.2.3.3. Relações Estratigráficas

O contato superior com a Formação Poti apresenta-se tanto gradacional como de brusca mudança litológica (LIMA e LEITE, op. cit.). Na área estudada o mesmo é marcado pelos contornos de pequena escarpa disposta na Linha N-S, de domínio desta unidade extremamente arrasada e de raras exposições.

O contato inferior com a Formação Cabeças, normalmente é concordante, admitindo-se discordância locais.

4.2.2.3.4. Litologia

Os afloramentos da unidade são muito esparsos. Todavia, permitiram reconhecer, na porção inferior, intercalações de siltitos e folhelhos com aleitamento regular, varviformes, cinza-esverdeados a cinza-escuros, geralmente micáceos, contendo níveis de conglomerados com 10 a 15 cm de espessura, constituídos por seixos arredondados de quartzo aglutinados por matriz argilosa e/ou cimentados por óxidos de ferro, bastante endurecidos.

Na porção intermediária predominam arenitos cremes a esbranquiçados, finos e micáceos com níveis grosseiros subordinados (Foto 03). Nestes, intercalam-se siltitos e folhelhos cinza-grafite a cinza-esverdeados, micáceos, com aleitamento regular e ondulado, por vezes com estrutura "flaser".

O nível superior é representado essencialmente por folhelhos cinza-escuros a cinza-chumbo, micáceos, contendo faixas com bioperturbação e estruturas de aleitamento regular e ondulado. Secundariamente, ocorrem arenitos calcíferos de granulação fina, brancos a cremes e argilitos chocolate.

4.2.2.3.5. Ambiente de Deposição

Segundo MESNER e WOOLDRIDGE (op. cit.) esta formação representa uma deposição marinha muito rasa, a maior parte da qual deve ter sido litorânea.

LIMA e LEITE (op. cit.), após estudos litoestruturais e paleontológicos, concluíram que estes sedimentos se depositaram em ambiente marinho regressivo, passando de

infra-nerítico na base, com deposição de folhelhos escuros, siltitos argilosos intercalados a arenitos finos argilosos; para litorâneo na porção intermediária, quando são frequentes as micro-estratificações cruzadas, nos arenitos finos predominantes.

No intervalo superior com níveis de oxidação e conglomerados intraformacionais, por vezes contendo concreções limoníticas, associado à predominância de pelitos, evidenciam-se oscilações do mar com pulsações na deposição, alternando ambiente de águas calmas de baixa energia e agitas de alta energia, até à condição de interrupções na sedimentação com conseqüente aeração e erosão dos sedimentos.

4.2.2.3.6. Idade e Paleontologia

KEGEL (op. cit.), em função dos fósseis Asteropyge, Janeia e Schuchertella, colocou-a como pertencente ao devoniano superior. BARBOSA et alii (op. cit.) encontraram spiriferídeos, poucos quilômetros a montante da barra do rio Manoel Alves Pequeno.

MULLER (1964) in AGUIAR (op. cit.), baseado em pólenes, considera a formação como de idade Devoniana Superior a Mississippiana.

CRUZ et alii (1973), baseados em estudos bioestratigráficos, estendem a Formação Longá do Devoniano Superior até o Viseano, andar do Carbonífero Inferior.

LIMA e LEITE (op. cit.), baseados nas análises paleontológicas executadas pela CPRM, colocam a formação no Neodevoniano/Eocarbonífero.

Nas associações microfaunísticas predominam os acritarcas, principalmente os gêneros: Maranhites, Duver

naysphaera, Veryhachium e Umbellasphaeridium.

Da microflora os gêneros predominantes são: Hymenozotriletes, Vallatisporites, Convolutispora, Acanthotriletes, Knodisporites, Reticulatisporites, Ancyrospora, Samarisporites e Waltzispota.

Desta forma, os dados apresentados confirmam a proposição de LIMA e LEITE (op. cit.), o que foi mantido neste trabalho.

4.2.2.3.7. Correlações

LANGE e PETRI in AGUIAR (op. cit.) correlacionam a Formação Longá às partes superiores das formações Ponta Grossa e Curuá, das bacias do Paraná e do Amazonas, respectivamente.

4.2.2.4. Formação Poti - Cpo

4.2.2.4.1. Histórico

LISBOA (1914) adotou o nome Poti para designar os folhelhos carbonosos, expostos no vale do rio homônimo. Mais tarde, a formação foi definida em um poço de água em Terezina (PI) por PAIVA (1937). CAMPBELL (op. cit.) utilizou esta denominação para definir o pacote sedimentar situado estratigraficamente entre as formações Longá e Piauí, citando ainda que esta formação corresponde à Formação Floriano, descrita por PLUMMER (op. cit.).

PERILLO e NAHASS (op. cit.) e ANDRADE (op. cit.) dividiram esta formação em dois conjuntos: o inferior, constituído por uma sequência areno-conglomerática e o supe

rior, com litologias mais pelíticas.

LIMA e LEITE (op. cit.) adotam o proposto por CAMPBELL, utilizando o termo Poti para caracterizar uma sequência constituída de arenitos médios, cinza-esbranquiçados, com lâminas esparsas de siltitos cinza, lâminas de siltitos e folhelhos carbonosos com ocasionais laminações de carvão e níveis mais grosseiros e até conglomerado intraformacional polimítico.

4.2.2.4.2. Distribuição e Espessura

As rochas desta formação ocorrem notadamente nas porções sul e oeste da Folha Palmeirante, e na Folha Nova Olinda, ocupando estreita faixa que se prolonga de norte a sul, e na porção noroeste da Folha Araguatins.

LIMA e LEITE (op. cit.) registraram através de secções medidas compostas, 50 m na região de Monsenhor Gil, 73 a 98 m na região de Elizeu Martins, 180 m em Floriano, 36 m em Gilbués e 180 m, na região de Ponte Alta do Norte. PERILLO e NAHASS (op. cit.) registraram 208 m de espessura total na região de Lizarda.

Na área em estudo, a sua maior espessura foi estimada em 90 m, na Folha Palmeirante.

4.2.2.4.3. Relações Estratigráficas

Observou-se que o contato inferior da sequência Poti com a Formação Longá é concordante e gradacional. Já o contato superior com a Formação Piauí é geralmente discordante, erosivo, com desenvolvimento de uma zona de oxida

ção bem nítida, como observado no ponto JM-03. Segundo LIMA e LEITE (op. cit.) esta discordância tende a desaparecer mais para o interior da bacia, onde ocorre uma faixa pelítica, redutora, com níveis carbonosos milimétricos e restos de vegetais.

Na parte noroeste da Folha Araguatins observa-se contato tectônico através de falhamentos de gravidade, com as seguintes formações: Pedra de Fogo e Pimenteiras e com o Grupo Estrondo.

4.2.2.4.4. Litologia

A Formação Poti está representada na área por arenito róseo, esbranquiçado, fino a médio, friável, micáceo, com estratificação cruzada do tipo planar e torrencial, com intercalações de folhelhos e siltitos arroxeados e cinza-claros, localmente apresentando conglomerado intraformacional, constituído por seixos e blocos de arenito e quartzo leitoso, imersos em matriz arenosa, como observado no ponto GM-015.

Para o topo ocorre uma predominância de siltitos e folhelhos siltosos, vermelhos, róseos e amarelos, com intercalações de arenitos arroxeados, arenitos calcíferos, calcários creme e uma faixa conglomerática de cor creme-acinzentada, constituída pelo material das rochas subjacentes, imerso em matriz areno-calcífera, verificado nos pontos JM-29 e JM-59. Volta a ocorrer mais acima a sequência de siltitos e folhelhos vermelhos.

4.2.2.4.5. Ambiente de Deposição

A predominância de estruturas sedimentares homogêneas, estratificação paralela em bancos arenosos com "ripple marks" e a presença de siltitos bioturbados, permitem atribuir para a porção basal da formação um ambiente marinho de águas rasas, provavelmente litorâneo. As estratificações cruzadas de forte ângulo, do tipo torrencial existentes em arenitos médios a grosseiros, levam a concluir que, localmente, o ambiente foi continental fluvial.

Na porção superior da formação ocorre uma alternância de arenitos, siltitos e folhelhos, por vezes com faixas conglomeráticas e superfícies de truncamento. Observa-se ainda siltitos e folhelhos homogêneos com restos vegetais e laminações de carvão. A análise destes fatores, juntamente com a análise dos perfis elétricos compostos dos poços TM-1-MA e FO-1-MA, caracterizam uma origem flúvio-deltaica para estes sedimentos.

A presença de níveis calcíferos, estruturas "flaser" e suaves marcas de onda, sugerem alguma contribuição marinha (lagunas ou de planície de maré) na parte superior da formação.

4.2.2.4.6. Idade e Paleontologia

KEGEL (1954) admite idade carbonífera inferior, para a formação, utilizando fósseis marinhos do gênero Edmondia.

MESNER e WOOLDRIDGE (op. cit.) descrevem uma flora mississippiana que inclui Sphenopteridae na parte superior

rior da formação e na inferior registram fauna marinha incluindo Edmondia, Nucula e Lingulidiscina.

AGUIAR (op. cit.) atribui a esta formação ida de mississipiana, baseada em macro e microfósseis, citando MULLER que encontrou pólenes da Zona N.

CRUZ et alii (op. cit.) através de palinomorfos que incluem Licopodiófitas, Pteridófitas e Esfenófitas, colocam a formação no Carbonífero Médio a Inferior.

4.2.2.4.7. Correlações

De acordo com AGUIAR (op. cit.) a Formação Poti não possui correspondente na bacia do Paraná, relacionando-a com o topo da Formação Curuá e base da Formação Monte Alegre, da bacia Amazônica.

4.2.2.5. Formação Piauí - Cpi

4.2.2.5.1. Histórico

Originalmente, SMALL (op. cit.) utilizou o nome "Série Piauí" para caracterizar toda a seção paleozóica da bacia do Maranhão. Mais tarde, DUARTE (1936) e OLIVEIRA e LEONARDOS (1938) restringiram o uso do termo "série", substituindo-o por Formação Piauí, a qual representaria apenas as camadas carboníferas (Pensilvaniano). Em 1948, DEQUECH e KEGEL estabeleceram os atuais limites estratigráficos para a sequência pensilvaniana desta bacia, subdividindo-a em duas partes: a inferior, constituída por arenitos róseos com intercalações de folhelhos vermelhos, e a superior composta

por arenitos avermelhados com intercalações de leitões e lâminas de folhelhos vermelhos, finos leitões de sílex e ocasionais calcários esbranquiçados, por vezes fossilíferos. PERILLO e NAHASS (op. cit.), ANDRADE (op.cit.) e LIMA e LEITE (op. cit.), consagraram este critério, sendo o mesmo seguido pelos autores mais recentes.

Neste estudo consideramos, basicamente, o adotado por LIMA e LEITE (op. cit.) admitindo a presença de calcário róseo e esbranquiçado, pequenas lentes carbonosas e siltitos e argilitos cinza-escuros, intercalados nos arenitos róseos.

4.2.2.5.2. Distribuição e Espessura

Esta unidade distribui-se largamente na área, abrangendo, sobretudo, as folhas Palmeirante e Goiatins, numa faixa alongada de direção noroeste-sudeste, formando muitas vezes escarpas abruptas, como observado no vale dos rios Tocantins, Manoel Alves Grande e rio Vermelho e descritos nos pontos JM-106, JV-21, JV-22 e JV-31.

Ocorre, também, ocupando estreitas faixas, no oeste da Folha Nova Olinda, ao longo da BR-153, na Folha Araguaína, ponto GM-02 e na porção centro-leste da Folha Rio das Cunhãs.

A espessura aflorante desta formação é bastante variada, atingindo, em superfície, 220 m em uma secção composta, executada por LIMA e LEITE (op. cit.) na região de Goiatins, o que foi confirmado durante a execução deste projeto, ressaltando que, para oeste, a mesma apresenta-se cada vez menos espessa, atingindo nas proximidades de Araguaína, no máximo 40 m.

O Projeto Leste do Tocantins-Oeste do São Francisco descreve uma sequência completa da formação, com espessura em torno de 291 m.

Em subsuperfície, a maior espessura medida foi de 346 m no poço 1-MD-1-MA, segundo AGUIAR (op. cit.).

4.2.2.5.3. Relações Estratigráficas

Esta unidade apresenta o contato inferior discordante e erosivo com a Formação Poti, e superiormente os sedimentos desta formação evidenciam um contato concordante e transicional para a Sequência Pedra de Fogo, sendo difícil a caracterização do mesmo, utilizando-se como critério de separação o sugerido por LIMA e LEITE, em que a presença dos primeiros níveis de silexito marcaria a passagem para a Formação Pedra de Fogo.

Contatos tectônicos, por falhamentos de gravidade, ocorrem com a Formação Pedra de Fogo, na parte leste da Folha Nova Olinda, com a Formação Pimenteiras e com o Grupo Estrondo, na porção centro-leste da Folha Rio das Cunhãs.

4.2.2.5.4. Litologia

A Formação Piauí é constituída na área por sedimentos detríticos, essencialmente arenosos, frequentemente de natureza feldspática, micáceos, predominando sedimentos de cores vermelha e rósea.

Ocorrem frequentes variações faciológicas de arenito grosseiro, para sedimentos mais finos, com leitões ou bancos de siltitos, argilitos e folhelhos vermelhos, margas avermelhadas, além de calcário creme e vermelho (Foto 04),

ramente aparecendo pequenos níveis lenticulares carbonosos e de folhelhos e siltitos cinza-escuro, com frequentes impressões de fósseis vegetais, observados no ponto GM-02.

Os arenitos apresentam-se com cores vermelha, rósea e amarela, finos a grosseiros, argilosos, friáveis, pintalgados de caulim, calcíferos, com grãos subangulosos e subarredondados, mal selecionados, em geral foscos, às vezes brilhantes, apresentando estratificação cruzada do tipo torrencial de grande porte (Foto 05) e estruturas de corte e preenchimento.

Ocorrem intercalados nestes arenitos, siltitos e argilitos vermelhos, arroxeados, cinza-escuro e esverdeados, laminados, físseis, micáceos e caulínicos; calcários cinza-esbranquiçados e vermelhos, calcíticos, microcristalinos, às vezes dolomíticos; margas avermelhadas e lentes carbonosas, como observadas no perfil prospectivo JV-P-12-M, ponto JV-21, onde foi encontrada uma camada carbonosa lenticular, contendo níveis de linhito e siltitos carbonosos, atingindo 1,20 m de espessura, afinando lateralmente e tornando-se mais argilosa, gradando para níveis de folhelho negro carbonoso, com largura aflorante em torno de 50 m, nas margens do rio Vermelho.

4.2.2.5.5. Ambiente de Deposição

As estratificações cruzadas, tipo plano-tabular ou torrencial observadas, indicam variações energéticas, na sedimentação, onde os estratos inclinados correspondem a períodos torrenciais, e os de menor energia são representados pelos leitos horizontais.

As cores vermelhas intensas dos sedimentos e a

imaturidade textural, com grãos subarredondados e mal selecionados, indicam um ambiente oxidante em clima semi-árido a desértico.

A presença de sedimentos imaturos, mal classificados, micáceos, de cor cinza, contendo fragmentos carbonosos, a estratificação cruzada tabular e acanalada, e estruturas de corte e preenchimento ("cut and fill"), os corpos de arenito ocorrendo com interaleitamento cíclico de siltitos vermelhos, cinza-escuros e folhelhos negros, e ocasionais níveis de linhito e lentes orgânicas ricas em pirita, evidenciam um ambiente fluvial com sedimentos representativos de barra de pontal ou de canal passando para transbordamento (planície de inundação) (Fig. 09).

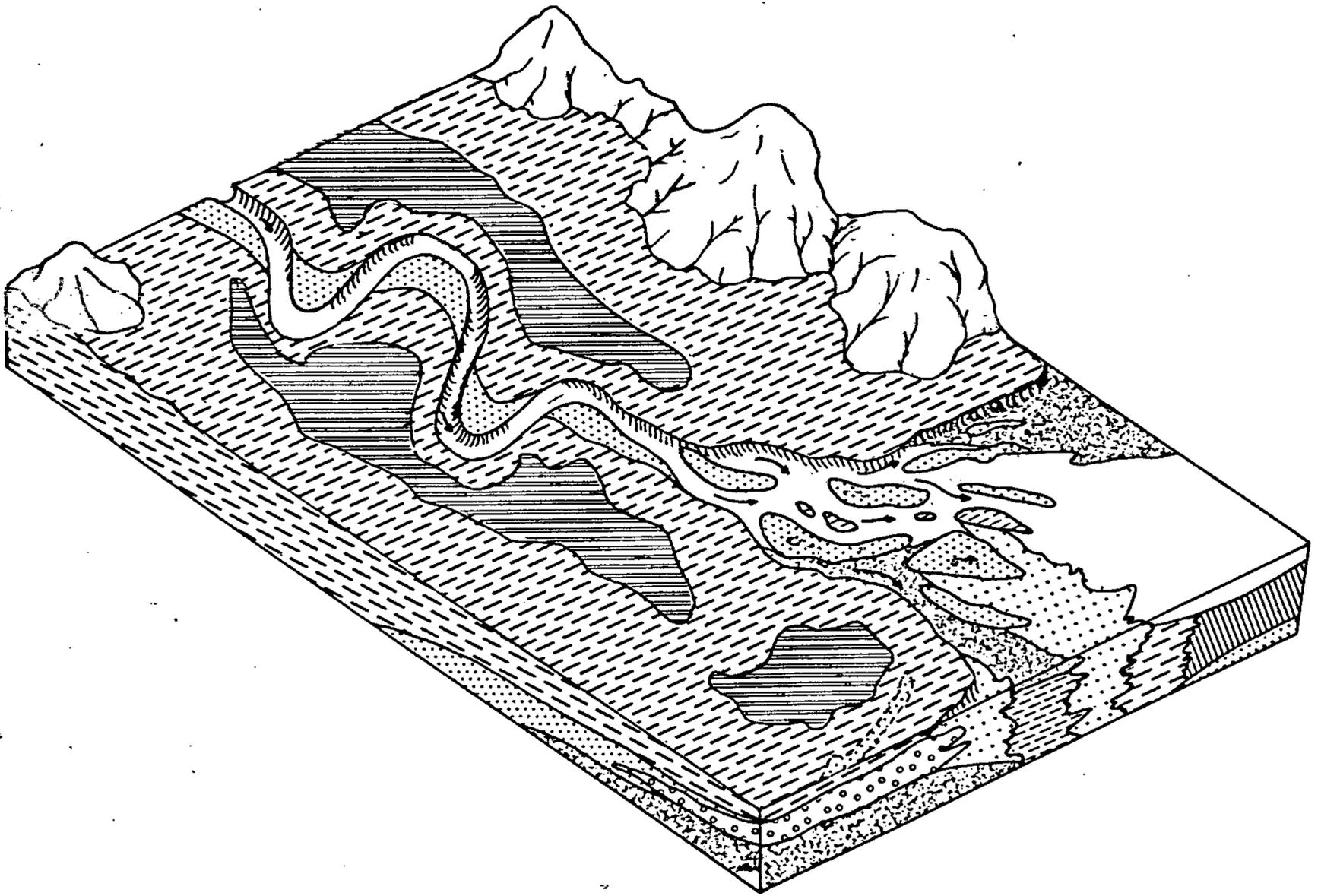
Os calcários, margas e os arenitos calcíferos indicam breves e restritas incursões marinhas.

No todo, tem-se para a área, uma deposição dos sedimentos Piauí em ambiente fluvial, com contribuição eólica, clima semi-árido a desértico, com breves incursões marinhas.

4.2.2.5.6. Idade e Paleontologia

MESNER e WOOLDRIDGE (op. cit.), baseados em fósseis marinhos encontrados em um calcário de pequena espessura da parte superior da formação, estabeleceram idade pensilvaniana para a mesma. Entre os fósseis encontrados foram identificados: Spirifer cf. epimus, productideos, gastrópodes e crinóides.

Utilizando estudos palinológicos, MULLER (op. cit.) confirma a idade pensilvaniana, admitindo a existência de rochas desta formação desde o pensilvaniano inferior até o superior.



AMBIENTES REDUTORES

PROJETO CARVÃO ENERGÉTICO NA BACIA TOCANTINS - ARAGUAIA

BLOCO-DIAGRAMA MOSTRANDO DISTRIBUIÇÃO DE AMBIENTES REDUTORES NAS FÁCIES FLUVIAIS DE TRANSBORDAMENTO.

Fig.-09

4.2.2.5.7. Correlações

Baseado na associação litológica e no seu conteúdo fossilífero, pode-se correlacionar a Formação Piauí com a Formação Itaituba, da bacia Amazônica e com a Formação Aquidauana, do noroeste da bacia do Paraná.

4.2.2.6. Formação Pedra de Fogo - Ppf

4.2.2.6.1. Histórico

Originalmente, PLUMMER (op. cit.) usou o nome Pedra de Fogo, para definir camadas de siltitos com "chert e psaronius", folhelhos, arenitos e calcários silicosos do topo da sequência do Paleozóico, aflorantes no riacho Pedra de Fogo entre Pastos Bons e Nova Iorque, no Maranhão.

KEGEL (op. cit.) confirma a classificação de PLUMMER (op. cit.) e descreve ocorrências de gipso, existentes nesta sequência, no perfil de sondagem pioneira do Conselho Nacional do Petróleo, próximo à cidade de Carolina, no Maranhão.

BARBOSA e GOMES (1957) admitiram uma única unidade estratigráfica para as camadas Piauí/Pedra de Fogo, de nominado-a de Formação Piauí. NORTHFLEET e NEVES (1966), PERILLO e NAHASS (op. cit.), ANDRADE (op. cit.) e LIMA e LEITE (op. cit.) voltaram a usar, novamente, o critério de PLUMMER, o que foi admitido também para este trabalho.

FARIA JR. e TRUCKENBRODT (1980) propõem a divisão desta formação em três membros: Sílex Basal, Médio e Trisidela, para as partes inferior, média e superior, respectivamente.

4.2.2.6.2. Distribuição e Espessura

As litologias desta formação apresentam uma vasta distribuição na área em estudo, ocupando uma faixa de direção norte-sul, na porção oeste das folhas Nova Olinda e Araguaína, passando a ocupar a zona central das folhas Piraquê, Ananás e Araguatins até o seu limite norte, onde aparecem bastante arrasadas com afloramentos esparsos devido ao estágio avançado de evolução do relevo.

Rumo a leste, em posição mais interna da bacia, esta sequência ocorre em larga faixa de direção leste-oeste, ocupando toda a parte norte das folhas Goiatins e Palmeirante, e nas porções sul e central das folhas Babaçulândia e Carolina, e leste de Nova Olinda, com relevo plano ondulado e formando patamares sustentados por níveis de sílex.

As melhores exposições das partes inferior e média desta formação podem ser observadas ao longo dos rios Tocantins, Itapicuru, Sereno, Manuel Alves Grande, Lontra e Corda. Os sedimentos da porção superior são melhor representados nas exposições das folhas Babaçulândia, Palmeirante, nas secções medidas dos pontos JM-06 e JM-36 e na secção da torre da EMBRATEL, na Folha Araguaína, ponto LM-62.

A espessura é bastante variável, com valores em torno de 100 metros nas folhas Babaçulândia e Carolina, diminuindo, consideravelmente, rumo à borda ocidental da bacia. Na Folha Araguaína, em perfil próximo à torre da EMBRATEL, foram medidos cerca de 60 metros de sedimentos desta formação. Na Folha Nova Olinda, sua espessura não ultrapassa 40 metros.

KEGEL (op. cit.) concluiu que a formação apresenta 15 a 60 m no oriente do Maranhão e no Estado do

Piauí, aumentando consideravelmente de espessura para sul e sudoeste dos mesmos, atingindo 200 m nas proximidades de Carolina, embora na interpretação do perfil do poço desta cidade, admita 172 m para esta formação.

FARIA e TRUCKENBRODT (op. cit.) atribuem ao Membro Sílex Basal uma espessura média de 20 m, para o Membro Médio 44 m e para o Membro Trissidela 40 m, totalizando 104 metros para a formação.

Em subsuperfície, a maior espessura encontrada (189 m), situa-se na área São João dos Patos, no poço 2.NG-1-MA (AGUIAR, op. cit.).

4.2.2.6.3. Relações Estratigráficas

O contato inferior com a Formação Piauí, na área, é concordante e transicional, processando-se através de lenta gradação, por vezes, com brusca mudança litológica, o que pode ser observado na Folha Palmeirante, sendo melhor caracterizado pela presença de níveis de sílex intercalados nos calcários e dolomitos com passagem de arenitos para siltitos da Formação Pedra de Fogo.

Localmente, este contato apresenta discordância erosiva, como citado por LIMA e LEITE (op. cit.), na região de Palmeirais.

O contato superior com a Formação Motuca é gradacional, observando-se a passagem de folhelhos e siltitos esverdeados e avermelhados, com intercalações de silexito da Formação Pedra de Fogo, para siltitos e folhelhos vermelho-tijolo, calcíferos, da Formação Motuca, podendo ser localmente brusco, porém concordante, como observado no ponto GS-14.

4.2.2.6.4. Litologia

Os sedimentos que constituem a Formação Pedra de Fogo, na área em estudo, caracterizam-se por apresentarem estratos finos a médios, por vezes laminados, exibindo ao longo da sequência frequente alternância litológica, repetições cíclicas e com frequentes variações faciológicas laterais, refletindo naturalmente curtas e periódicas oscilações ambientais.

Estes sedimentos apresentam, nas exposições de sua parte inferior, arenito fino a médio, cinza-claro a cinza-esverdeado, friável, argiloso, com grãos subarredondados, mal selecionados, boa esfericidade, polidos, exibindo ainda estratificação cruzada de grande porte (Foto 06), intercalado por níveis de folhelho esverdeado. Sobreposta ao arenito, ocorre uma sequência de calcário creme-esbranquiçado, rosado e esverdeado, dolomítico, às vezes calcítico, microcristalino, argiloso, laminado, duro, parcialmente silicificado, intercalado por delgados leitos, lentes e nódulos achatados de silxito, predominantemente escuros, e interestratificações de siltitos e folhelhos negros, cinza-escuro, cinza-claro e esverdeados, pouco micáceos e ocasionais folhelhos oleígenos contendo bolas de argila, por vezes piritosas, como observado nos pontos JV-01 a 03 e LM-132 e raros níveis milimétricos de linhito, verificados no ponto JM-19.

A porção média é constituída essencialmente por siltitos, folhelhos físseis, esverdeados e avermelhados, margas esverdeadas, apresentando fraturas triangulares e concreções silicosas em forma de bolas verdes, com aspecto de esponja marinha fóssil e tamanho variando de 5 a 10 cm de diâmetro, observado no ponto GS-23.

Intercaladas nesta sequência ocorrem camadas centimétricas de calcário cinza-claro a esverdeado, calcítico e arenito fino a médio, creme, esbranquiçado e amarelado, mal selecionado, argiloso, friável, caulínico, com estratificação cruzada incipiente.

No topo deste nível ocorrem leitões contínuos de siltitos e margas silicificadas, com abundantes elementos fósseis, compostos por fragmentos de espinhos, "ossos" e dentes de peixes "Ctenacanthus" e "Pleuracanthus", como observado no ponto JM-35.

A parte superior da sequência caracteriza-se por apresentar sedimentos calcíferos, com repetições cíclicas de arenitos finos, siltitos e folhelhos, vermelhos e creme-esverdeados; dolomitos cinza-claro com concreções silicosas e intercalações de finos níveis de sillexito. Os arenitos apresentam estruturas esféricas silicificadas e carbonáticas, conferindo à rocha aspecto conglomerático (ponto GM-92 - Foto 07). Observam-se frequentemente gretas de contração associadas aos pelitos vermelhos. Lateralmente a estes sedimentos ocorrem, no topo da sequência, lentes de gipsita e anidrita como as existentes próximo a Filadélfia, Morro Torre da Lua, pontos JM-04 e 05.

As madeiras fósseis "psaronius" ocorrem encaixadas nos siltitos e arenitos finos pertencentes à porção superior da formação, como observado nos pontos JM-62 e 167 (Foto 08). Normalmente, estes troncos silicificados ocorrem como fragmentos transportados, associados a seixos de sillexito do topo da formação, retrabalhados por diversos ciclos de erosão posteriores, como verificado no ponto GM-18.

Os níveis de "chert" aparecem em toda a sequência sob a forma de nódulos, leitões e lentes delgadas, inter

calados nos siltitos, folhelhos, calcários e arenitos e, ao que parece, podem ter uma origem singenética ou serem resultantes de substituição metassomática dos calcários.

Toda esta sequência apresenta-se suavemente ondulada com anticlinais e sinclinais abertos, como observado no porto de Carolina e nos pontos JV-10 JV-18 e JM-19.

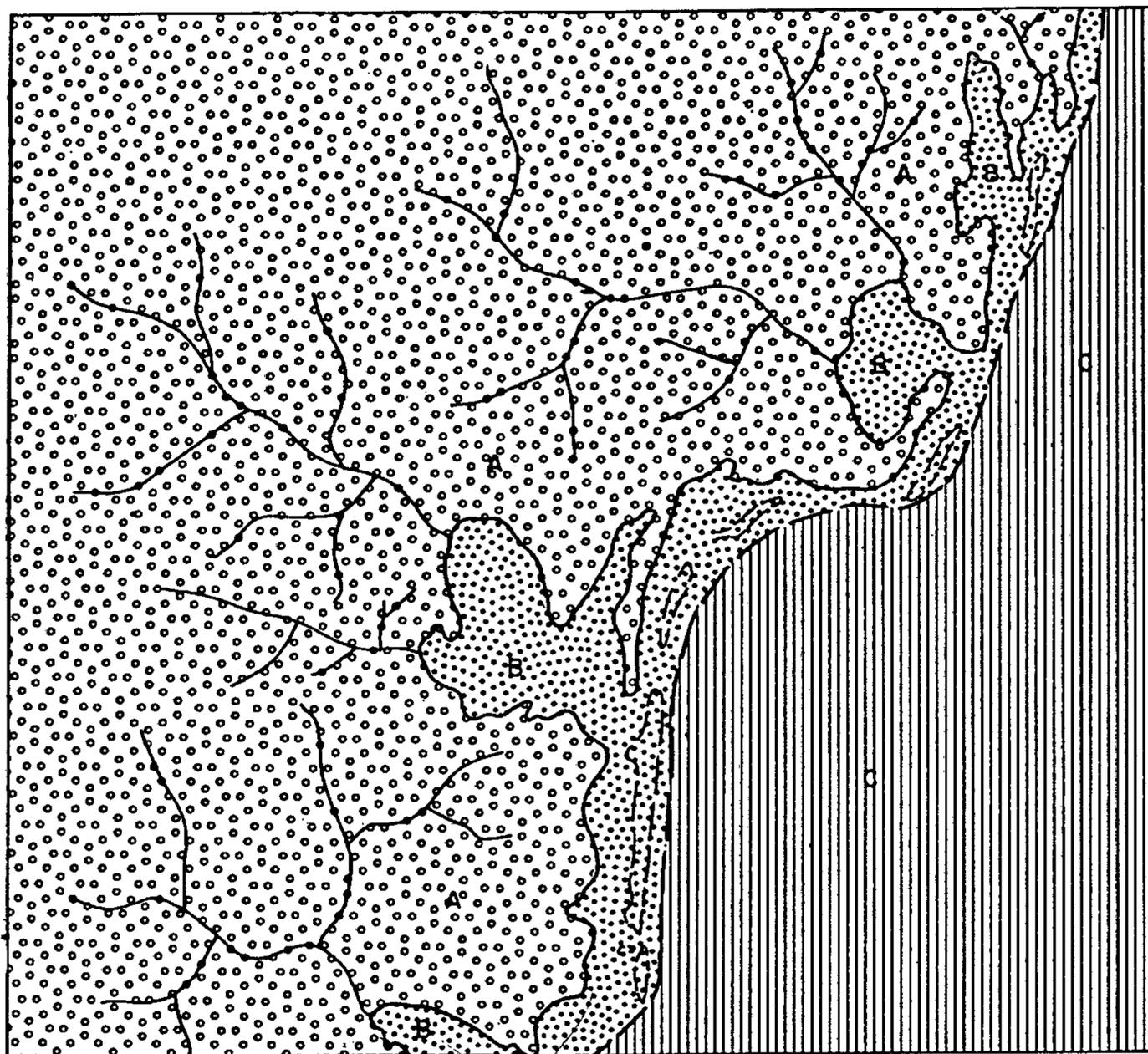
Também foram encontradas, na porção basal desta sequência, estruturas tipo dobras em caixa, provenientes de compactação diferencial entre folhelhos negros e calcários, como pode ser verificado no ponto JV-10 (Foto 09).

4.2.2.6.5. Ambiente de Deposição

Os sedimentos da formação, na área do projeto, caracterizam-se por: uma repetição cíclica e variações laterais com aumento de espessura em direção sudeste, de arenitos finos, siltitos, folhelhos, níveis milimétricos de linhoto, bancos carbonáticos e numerosos níveis de "chert"; evaporitos (gipsita e anidrita) no topo da sequência; predominância de rochas com cores avermelhadas e existência de fósseis como "psaronius" e fragmentos de espinhos, "ossos", e dentes de peixes "Pleuracanthus" (de água doce) e "Ctenacanthus" (de águas salgadas e salobras).

A análise dos elementos enunciados leva a admitir-se para a formação, uma deposição em ambiente predominantemente marinho restrito (lagunar) e também continental fluvial, em clima semi-árido a árido, com pequenas variações climáticas de condições menos rigorosas (Figs. 10 e 11).

A repetição cíclica das sequências sedimentares sugere oscilações do nível do mar com breves incursões marinhas sobre superfícies aplainadas.



- 
FACIES FLUVIAL
- 
FACIES LAGUNAR E LITORÂNEA
- 
FACIES MARINHA

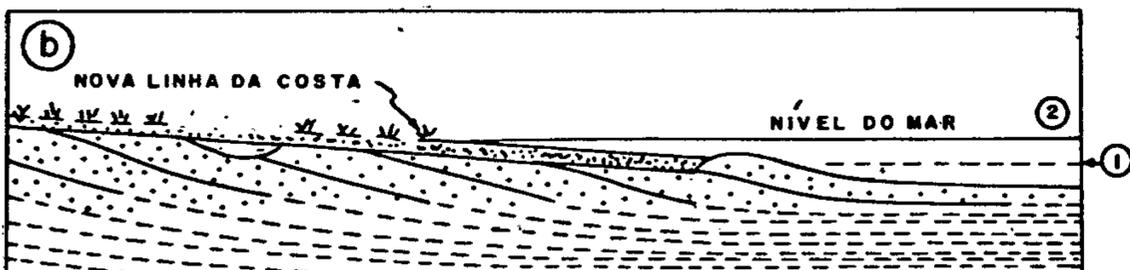
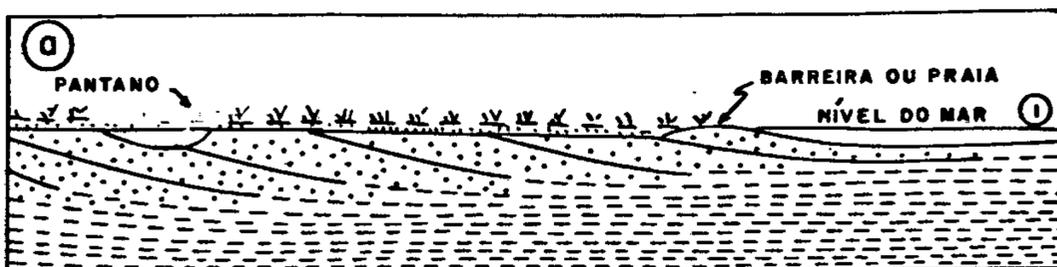
PROJETO CARVÃO ENERGÉTICO NA BACIA TOCANTINS - ARAGUAIA

PROPOSIÇÃO PALEOAMBIENTAL PARA A FORMAÇÃO PEDRA DE FOGO NA ÁREA DO PROJETO

Fig - 10

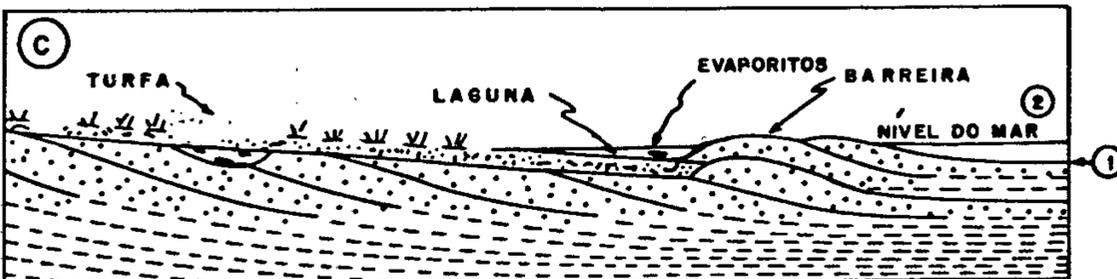
EVOLUÇÃO AMBIENTAL DA FORMAÇÃO PEDRA DE FOGO

a) Secção mostrando condições prováveis na zona de praia ao nível do mar (1). Pantanos se formam após ter quase cessado o aumento do arenito.



b) Secção mostrando a mesma zona, após rápido levantamento do nível do mar (2). A parte mais profunda submergiu cerca de 20 m, mas a última praia está levemente submersa.

c) Secção mostrando a mesma zona com novos corpos de arenitos, formando barreiras. A posição da barreira foi determinada pelos corpos de arenitos pré-existent.



PROJETO CARVÃO ENERGÉTICO NA BACIA TOCANTINS - ARAGUAIA

SEQUÊNCIA EVOLUTIVA MOSTRANDO AMBIENTES FAVORÁVEIS PARA A ORIGEM DE AREIAS LITORÂNEAS

DE DEPÓSITOS ASSOCIADOS DA FORMAÇÃO PEDRA DE FOGO

MODIFICADO DE (YOUNG, 1961)

Fig.-II

Os folhelhos negros e os níveis carbonosos en contrados, caracterizariam ambientes redutores de planície de inundação, propiciados por condições climáticas mais ame nas.

Os evaporitos (gipsita e anidrita) estariam as sociados a pequenas bacias fechadas junto à linha de costa com clima favorável a altas taxas de evaporação.

4.2.2.6.6. Idade e Paleontologia

CAROZZI et alii (op. cit.) apresentam esta for mação no Eo-Meso-Permiano, entre as Formações Piauí e Motu ca.

MESNER e WOOLDRIDGE (op. cit.) citam que a ida de Eo-Permiana foi originalmente atribuída à formação, devido à presença de anfíbio labirintodonte Prionosuchus, registrando, ainda, a presença de restos de peixes e ostracóides.

O estudo palinológico confirmou a idade Eo-Permiana para a parte inferior da formação e identificou pólenes Neo-Permianos, na parte superior. Identificou como "Psar onius", troncos silicificados de até 40 cm de diâmetro.

CRUZ et alii (op. cit.) identificaram a presença de microsporos alados, indicativos de uma flora - variada de gimnospermas, pteridófitas e esfenófitas que sugerem uma idade permiana inferior.

LIMA e LEITE (op. cit.) registram conjuntos de esporomorfos com Laevigatosporites, Punctatisporites, Virkki pollenites, Azonotriletes, Vestigisporites e Verrucosispori tes, além de uma ictiofánula representada por Paleonisci deos, "Ctenacanthus" e "Pleuracanthus" e da paleoflórula on de sobressai "Psaronius", confirmando a idade Eo-Meso-Permiana

na para a Formação Pedra de Fogo.

Durante a execução deste trabalho, foram encontradas madeiras fósseis (*Psaronius*), tanto encaixados nos sedimentos da porção inferior da sequência, como transportados por processos de desnudação posteriores.

Também foi encontrado um nível fossilífero silicificado e contínuo, por boa parte da área e intercalado nos sedimentos da porção média da sequência, que foi analisado pelo LAMIN, Laboratório de Paleontologia da CPRM, nº laboratório GFI-021 e identificados, fragmentos de espinhos, "ossos" e dentes de peixes "*Ctenacanthus*" e "*Pleuracanthus*", e camadas de *Palaeoniscidae* não sendo observada a presença de microfósseis, e fornecendo idade Eo-Permiana.

4.2.2.6.7. Correlações

AGUIAR (op. cit.) correlaciona a Formação Pedra de Fogo à seção Palermo-Irati-Teresina, do nordeste da bacia do Paraná.

MESNER e WOOLDRIDGE (op. cit.) correlacionam-na à Formação Sucunduri, da bacia Amazônica.

4.2.3. Paleozóico/Mesozóico

4.2.3.1. Formação Motuca-Perm

4.2.3.1.1. Histórico

Sob esta denominação, PLUMMER (op. cit.) descreveu os folhelhos com intercalações de lentes delgadas de calcário e anidrita, sobrejacentes à Formação Pedra de Fogo,

ocorrentes na circunvizinhança da fazenda Motuca, entre São Domingos e Benedito Leite, no Maranhão. CAMPBELL (op. cit.) ampliou a formação, acrescentando dois membros: Pastos Bons (superior) e Caxias (inferior). AGUIAR (op. cit.) divide-a em três membros: inferior (arenoso); médio, assinalado por folhelhos, calcários e anidrita; e superior (arenoso). LIMA e LEITE (op. cit.) adotaram a proposição de PLUMMER, o que foi mantido neste trabalho.

4.2.3.1.2. Distribuição e Espessura

Ocorre margeando as escarpas formadas pela Formação Sambaíba, na região centro-sul da bacia, e estende-se para oeste, diminuindo de espessura, até atingir a borda ocidental da mesma.

Na área trabalhada, ocorre em toda a parte central, de norte a sul, das folhas Nova Olinda e Araguaína, porém, de modo descontínuo, aflora nas calhas das drenagens e em pequenos e médios morrotes, isolados, emergindo da extensa e relativamente espessa cobertura arenosa. Daí para o norte reduz-se a uma faixa de 5 a 10 km de largura, contínua, e de forma bastante arrasada que se alonga pelas folhas de Piraquê, Ananás e Araguatins, ultrapassando os limites da área. Aparece também com ampla distribuição, na Folha Babaçulândia, ocupando continuamente as porções centro-sul e nordeste da mesma, onde se estreita e prolonga-se, na linha este-oeste, pela Folha de Carolina, quase sempre contornando as morrarias escarpadas da Formação Sambaíba.

Quanto às espessuras, LIMA e LEITE (op. cit.) mediram de 100 a 110 m, na região de Balsas. AGUIAR (op. cit.) assinala espessura da ordem de 296 m no poço 2-NG-1

MA. Na área trabalhada, as maiores espessuras encontram-se na Folha Babaçulândia e oscilam entre 50 e 70 m.

4.2.3.1.3. Relações Estratigráficas

O contato inferior com a Formação Pedra de Fogo é geralmente gradativo e localmente brusco, porém, concorddante.

O contato superior com a Formação Sambaíba é gradativo ou transicional, às vezes brusco e muito localizadamente erosivo, como sugere a presença de seixos de sílex na base dos arenitos Sambaíba, ocorrentes a oeste de Carolinna.

No ponto JM-122 observou-se contato transicional dos arenitos argilosos e siltitos da Formação Motuca, alternando-se com arenitos eólicos da Formação Sambaíba, passando, mais acima, ao inteiro domínio destes. Em pontos muito restritos, ocorre também contato erosivo e térmico com basaltos e diabásios da Formação Mosquito. No ponto GS-014 observa-se contato brusco, porém, concordante, com arenitos da Formação Motuca, repousando diretamente sobre siltitos esverdeados da Formação Pedra de Fogo.

4.2.3.1.4. Litologia

As litologias componentes da Formação Motuca, no geral, estão representadas por arenitos, arenitos com intercalações de argilitos, siltitos e folhelhos, bem como níveis finos de calcários, gipsita e anidrita.

O nível inferior da unidade pode ser essencial

mente arenoso ou constituído por folhelhos e siltitos. Os arenitos são de coloração rósea, finos a médios, grãos subarredondados a esféricos, foscos, geralmente com estratos cruzados e friáveis. Os folhelhos, siltitos e argilitos são de cor vermelho-tijolo, com manchas brancas, estratificação incipiente, ora laminados, pouco calcíferos e micáceos, por vezes exibindo fraturamentos preenchidos por calcita ou aragonita. Ocorrem, também, níveis esparsos de sílex, às vezes oolíticos.

Na porção intermediária ocorrem, ainda, siltitos e folhelhos esverdeados, bem laminados, com estrutura de colapso, com fraturas preenchidas por placas de aragonita e, na maioria, calcita. Neste horizonte aparecem intercalações de calcários cinza-esbranquiçados ou róseos, argilosos; e níveis lenticulares de gipsita. LIMA e LEITE (op. cit.) mediram cerca de 20 m este nível evaporítico, próximo a Filadélfia. MESNER e WOOLDRIDGE (op. cit.) citam a presença de camadas de anidrita, com espessuras variando de 3 a 20 m, no terço inferior da unidade.

Na porção superior predominam arenitos vermelhos, às vezes róseos ou esbranquiçados, finos a médios, em laminações alternadas, grãos esféricos e foscos, exibindo estratificação e laminação cruzada.

Nas proximidades de Araguaína, ponto GM-03, a parte inferior está bem representada por arenitos finos, argilosos, de cor vermelha, exibindo níveis e manchas de cor cinza-esbranquiçado, com intercalações de siltitos e folhelhos de cor rosa a rosa-avermelhada, encimados por um banco de arenito médio, bem classificado, pouca matriz, em parte friável, por vezes ferruginoso, exibindo camadas finas a médias, e estratos cruzados de pequeno porte. Esse arenito va

ria lateralmente, ponto GM-44, para arenitos finos, incluindo grãos grosseiros, vermelhos, medianamente trabalhados, finamente estratificados e laminados em planos irregulares e ondulados, sendo a matriz abundante e de composição argilo-caulínica.

Já a zona intermediária da formação está melhor caracterizada na Folha Babaçulândia, pontos JM-125, 126, 127 e 128 (Foto 10). Ali observam-se, frequentemente, camadas finas de calcários cinza-esverdeados ou avermelhados, contendo nódulos e níveis de sílex, alternados com siltitos e argilitos vermelhos, exibindo fraturas preenchidas por calcita. Muitas vezes, sobrepondo-se a esta sequência, ocorrem níveis irregulares de gipsita, associada a argilitos vermelhos.

Por outro lado a parte superior da unidade está bem evidenciada no ponto GM-65, onde ocorrem arenitos róseos ou avermelhados, friáveis, pouca matriz, pintalgados de branco, por pontuações de caulim, bem estratificados, em camadas médias, finas e laminações, medianamente classificados, com grãos finos a médios, subesféricos e arredondados, envolvidos, quase sempre, por película de argila, foscos e raramente polidos e brilhantes, exibindo, por vezes, estratos cruzados de pequeno e médio portes.

4.2.3.1.5. Ambiente de Deposição

MESNER e WOOLDRIDGE (op. cit.) descrevem o ambiente deposicional desta unidade como continental eólico e fluvial, bem como evaporítico de mar remanescente. LIMA e LEITE (op. cit.) consideram-na como de origem continental fluvial e eólica, com incursões marinhas na seção mediana,

com prováveis ambientes lagunares.

As características de seus sedimentos confirmam as proposições dos autores acima referenciados. As cores extensivamente vermelhas indicam condições de deposição subaérea, em ambientes intensamente oxidantes. Os pelitos vermelhos da base representariam ambiente continental fluvial de transbordamento e/ou lacustrino, porém, em clima semi-árido, uma vez que são desprovidos de matéria orgânica. Da mesma forma, os arenitos vermelhos, basais, representam depósitos de canal, nas mesmas condições. Os calcários cinza a vermelhos e siltitos esverdeados de pequena espessura, marcam a presença de um mar raso na secção mediana. A gipsita e anidrita, ocorrentes logo acima, assinalam os remanescentes desse mar em pequenas lagunas restritas e clima semi-árido. Daí para o topo os arenitos com características eólicas, mostram a evolução de aridez do clima, passando a totalmente árido com a deposição da Formação Sambaíba, sobrejacente.

4.2.3.1.6. Idade e Paleontologia

Os fósseis nessa unidade são raros, apenas MESNER e WOOLDRIDGE (op. cit.) assinalam a presença do gastrópo do marinho Pleurotomaria sp., que também ocorre no permiano do Peru, e de alguns peixes paleoniscídeos semelhantes aos peixes permianos Paleoniscus e Elonichtys, atribuindo à formação idade neo-permiana.

4.2.3.1.7. Correlações

MESNER e WOOLDRIDGE (op. cit.) correlacionam-na à parte superior da Formação Sucunduri, da bacia Amazônica e AGUIAR (op. cit.) ao Grupo Rio do Rasto da bacia do Paraná.

4.2.4. Mesozóico

4.2.4.1. Formação Sambaíba -(R's)

4.2.4.1.1. Histórico

O termo Sambaíba foi, inicialmente, introduzido por PLUMMER (op. cit.) para nomear os arenitos ocorrentes sob a forma de morros de topo plano, nas proximidades da cidade de Sambaíba, considerando-os como Membro Superior de sua Formação Melancieiras.

CAMPBELL (op. cit.) usou este mesmo termo para designar um pacote de arenitos ocorrentes sob diabásios, considerando-os como Membro Inferior de sua Formação Enxu. Mais tarde este autor reconsiderou este posicionamento, colocando os arenitos Sambaíba na parte superior da Formação Pastos Bons.

LUZ (1959) propôs elevar a Formação Pastos Bons à categoria de grupo e seus membros a formações.

MESNER e WOOLDRIDGE (op. cit.) consideraram o arenito Sambaíba como formação, datando-a do Triássico Superior.

AGUIAR (op. cit.) considerou os arenitos sobrejacentes à Formação Pastos Bons, anteriormente atribuídos à Formação Sambaíba de MESNER e WOOLDRIDGE, como parte inte

grante da Formação Corda.

LIMA e LEITE (op. cit.) adotam critérios litoestratigráficos, considerando como Formação Sambaíba a sequência arenosa compreendida entre a Formação Motuca, na base e basaltos, no topo.

No presente trabalho foi adotada esta proposição. Todavia, não se trata de um critério rígido, visto que a Formação Sambaíba contém soleiras de diabásio, e que, os referidos basaltos podem ocorrer no topo de outras formações, inclusive da Formação Motuca.

4.2.4.1.2. Distribuição e Espessura

Esta unidade, em termos globais, está exposta na região centro-sudoeste e borda sudoeste da bacia do Maranhão, sob a forma de uma faixa este-oeste, compreendendo as cidades de Sambaíba, Balsas, Carolina (MA), Babaçulândia, Filadélfia e Araguaia (GO), povoado Curupá município de Alto Parnaíba e a oeste de Barreira (PI).

Na área trabalhada apresenta uma ampla distribuição. Ocupa praticamente quase toda a Folha Carolina e as porções centro-norte, noroeste e oeste da Folha Babaçulândia, além de exposições mais restritas no centro-sudeste da Folha Nova Olinda e sob a forma de morros isolados de topo plano, nas proximidades da cidade de Araguaína.

Ocorre ainda numa faixa bastante ampla, disposta em toda a extensão norte-sul da parte leste das folhas Piraquê, Ananás e Araguatins.

As espessuras apresentadas, são bastante expressivas. LIMA e LEITE (op. cit.) reportam 183 m nas proximidades de Babaçulândia e 200 m em Sambaíba, observando

ainda um decréscimo de espessura de leste para oeste, ou seja, de Filadélfia rumo a Araguaína e desta para o sul. Isto realmente se verifica, uma vez que no ponto JM-160, próximo a Babaçulândia, a unidade apresenta 172 m de espessura, já em Araguaína, no ponto GM-07, a maior espessura registrada foi de 70 m. Nos pontos JV-17 e JV-18, na Folha Carolina, observam-se morros de escarpas abruptas com espessuras em torno de 120 m, capeados por fino derrame de basalto.

Finalmente, a maior espessura, de 400 m, é citada por AGUIAR (op. cit.) no poço 2-IZ-I-MA.

4.2.4.1.3. Relações Estratigráficas

A Formação Sambaíba, normalmente, constitui uma paisagem de morros escarpados de topo plano, sustentados por finos capeamentos basálticos ou silicificações consequentes da ação térmica dos mesmos. Na ausência dos basaltos e/ou silicificações, resultam extensos chapadões arenosos pela desagregação dos arenitos, comumente friáveis.

Os contatos com as formações subjacentes são bastante variáveis e raramente são explícitos. Na região de Lizarda, LIMA e LEITE (op. cit.) assinalam contato discordante desta unidade com as formações Piauí e Pedra de Fogo, e na região de Carolina e Loreto reportam contato concordante com a Formação Motuca. Na área trabalhada os contatos são, quase sempre, concordantes com a Formação Motuca, conforme observado no ponto JM-122, onde o mesmo é assinalado simplesmente por diferenças litoestratigráficas com os arenitos Motuca, constituindo camadas médias a ligeiramente espessas com intercalações de siltitos e argilitos, enquanto os arenitos Sambaíba exibem camadas finas, por vezes, laminares e

sem intercalações de pelitos. Em fotografia aérea, por vezes, esse contato aparece de modo explícito, marcado por quebras topográficas que ressaltam das escarpas íngremes proporcionadas pelos arenitos Sambaíba. Ocorre também contato tectônico, não só com a Formação Motuca, mas também com as formações Corda e Pedra de Fogo.

O contato superior com os basaltos da Formação Mosquito é de caráter térmico, embora em grande parte seja discordante erosivo sendo não raramente, balizado por falhas.

4.2.4.1.4. Litologia

Na área trabalhada, a Formação Sambaíba apresenta sempre facies arenosos, compostos essencialmente por arenitos avermelhados e róseos, amarelados na alteração, grãos finos e médios, alternados segundo os planos de acamamento, ou dispostos aleatoriamente, com fina estratificação cruzada do tipo torrencial, planar e tangencial, pintalgados de caulim, com grãos subangulosos e subarredondados, foscos, em geral friáveis e silicificados quando em contato com basaltos ou soleiras e diques de diabásios.

Em geral, esses sedimentos são muito homogêneos, com pouca matriz, grãos envolvidos por película de argila, aleitamento bastante regular em camadas médias, finas e mais frequentemente laminares, aparecendo, por vezes, arenitos conglomeráticos no topo (JM-157). Todavia, as feições estruturais dominantes são representadas pelas estratificações cruzadas, em pequena e grande escalas, com alto ângulo variando de 15° a 30° (Foto 11), mergulhando para diversos

quadrantes, às vezes no mesmo afloramento, exibindo frequentes planos de truncamento ou "Sabkha" (erosão eólica até o nível freático) características em áreas de sedimentação eólica (ponto GM-07).

4.2.4.1.5. Ambiente de Deposição

LIMA e LEITE (op. cit.), baseados na estratificação cruzada planar de grande porte, torrencial e em cunha, além das características dos grãos dos arenitos, atribuem à formação origem continental fluvial, com contribuição eólica e frequentes níveis de deposição essencialmente eólica.

4.2.4.1.6. Idade e Paleontologia

Devido à ausência de fósseis, a datação da Formação Sambaíba é baseada, unicamente, em relações estratigráficas.

MESNER e WOOLDRIDGE (op. cit.), baseados na posição estratigráfica da unidade, a qual assenta-se sobre camadas neo-triássicas e sotopõe-se aos basaltos jurássicos, admitem idade triássica, para a formação.

LIMA e LEITE (op. cit.) consideram a Formação Sambaíba como pertencente ao triássico médio a superior.

4.2.4.1.7. Correlações

MESNER e WOOLDRIDGE (op. cit.) correlacionam-na à Formação Botucatu da bacia do Paraná. AGUIAR (op.

cit.) discorda desses autores dizendo não existir correspondente da Formação Sambaíba na bacia do Paraná ou se existir, deverá estar abaixo da discordância da base do Botucatu.

4.2.4.2. Formação Mosquito - RJm

4.2.4.2.1. Histórico

AGUIAR (op. cit.) usou este termo para caracterizar os derrames basálticos com intercalações de arenitos aflorantes no Rio Mosquito, a sul de Fortaleza dos Nogueiras (MA). A formação foi dividida em cinco membros: Basalto Inferior, Macapá, Basalto Médio, Tinquí e Basalto Superior; sendo o Membro Macapá correspondente à "facies Macapá" da Formação Corda de CAMPBELL (op. cit.). LIMA e LEITE (op. cit.) adotam essa proposição, porém, eliminam o Membro Tinquí e admitem somente uma intercalação sedimentar, representada pelo Membro Macapá.

CALDASSO e HAMA (1978), analisando resultados de datações radiométricas, concluem que o magmatismo básico da bacia do Maranhão não foi contínuo, processando-se através de sucessivas pulsações que perduraram por milhões ou dezenas de milhões de anos, caracterizado por manifestações intrusivas e extrusivas. Contradizem ainda a outros autores quanto à ocorrência de derrames ligados à reativação Waldeniana (Fm-Sardinha), por não se encaixar no esquema evolutivo do magmatismo básico desta bacia. Para este estágio, os autores admitem manifestações de ordem exclusivamente intrusiva hipoabissal.

No presente trabalho foi admitida a proposição de AGUIAR (op. cit.), considerando a formação indivisa,

constituída por derrames basálticos com intercalações de arenitos, soleiras e diques de diabásio.

4.2.4.2.2. Distribuição e Espessura

Em geral esta unidade ocorre predominantemente na região Centro-Oeste da bacia do Maranhão, em faixas descontínuas, alinhadas leste-oeste e sudoeste-nordeste, próximo a Riachão e Fortaleza dos Nogueiras e também nas proximidades de Lizarda (GO).

Na área trabalhada, ocupa de modo descontínuo, praticamente toda a Folha Babaçulândia, e em faixa contínua, aparece na parte leste das folhas Araguaína e Araguatins.

Ocorre também sob a forma de morros isolados e escarpados na Folha Carolina, direcionados este-oeste, ao que parece dispostos segundo linhas de fratura. Ocorrências menores foram registradas a noroeste de Araguaína e sul da Folha Piraquê, tanto sob a forma de derrames quanto de diques e soleiras.

As espessuras são variáveis. No furo IZ-ST-I-MA, na região de Imperatriz, foi registrada uma possança da ordem de 175 m, enquanto mais a leste, na região de Grajaú e Fortaleza dos Nogueiras, no poço NG-ST-I-MA, só atingiu 130 m. Para oeste as espessuras diminuem, não ultrapassando 50 m na área estudada.

4.2.4.2.3. Relações Estratigráficas

O contato superior faz-se discordantemente com a Formação Corda e é caracterizado por uma acentuada super

fície de erosão e/ou lateritização.

O contato inferior com a Fm-Sambaíba é discordante erosivo e de caráter térmico, ocorrendo também contatos tectônicos com outras unidades, sobretudo, com a Formação Motuca.

4.2.4.2.4. Litologia

As litologias desta unidade estão representadas por basaltos, arenitos e diabásios. LIMA e LEITE (op. cit.) descrevem uma intercalação sedimentar entre derrames basálticos, restrita às proximidades de Fortaleza dos Nogueiras (MA); porém, nas adjacências de Babaçulândia, os arenitos interderrames são frequentes, conforme se verifica no ponto JM-155. Já nos arredores da fazenda Santa Clara (Folha Araguaína) ocorre derrame basáltico no topo dos arenitos, aparecendo diabásios sob a forma de soleiras de pequena espessura na sua parte inferior. Situação semelhante ocorre a noroeste de Araguaína, onde aparecem derrames basálticos, soleiras e diques de diabásio, encaixados ou cortando litologias da Formação Motuca.

Os basaltos normalmente são amigdaloidais, de cores variando de cinza-escuro a marrom-avermelhado, amarelados na alteração, geralmente maciços, afaníticos e micro-faneríticos, por vezes com amígdalas preenchidas por calcedônia, zeólitas e material criptocristalino, cinza ou cinza-esverdeado. Os arenitos trapeados são de granulação fina a média, grãos medianamente trabalhados, róseos, com pouca matriz, silicificados por ação térmica ou então bastante friáveis, exibindo estratos médios paralelos e cruzados variando de pequeno a grande porte, com mergulhos suaves até acentuadas

dos, guardando, no geral, características eólicas. LIMA e LEITE (op. cit.) citam arenitos com intercalações de pelitos, o que não foi observado na área. Os diques e soleiras de diabásio já referidos, muitas vezes estão associados a formações inferiores, contudo, presume-se estarem relacionados ao mesmo evento magmático. São rochas de granulação fina a média, faneríticas, textura ofítica, de coloração cinza-esverdeado, normalmente maciças, constituídas macroscopicamente por plagioclásios, piroxênios, óxidos de ferro e sílica criptocristalina. Em análise microscópica (ficha 10211), revelou-se serem constituídas predominantemente por plagioclásios euédricos, ripiformes, geminados, formando agregados em arranjos triangulares, e por clino-piroxênios anédricos a subeuédricos e tabulares. Acessoriamente, participa sílica criptocristalina, quartzo, argilominerais, opacos, apatita e carbonato.

4.2.4.2.5. Idade e Paleontologia

LIMA e LEITE (op. cit.) com base em datações K/Ar chegaram às seguintes conclusões:

a. Os dados radiométricos confirmaram o posicionamento Triássico Superior a Jurássico para os derrames da Formação Mosquito da parte oeste da bacia, idade esta já considerada por MESNER e WOOLDRIDGE (op. cit.);

b. O magmatismo não foi um processo contínuo no tempo, mas episódico, cujos espasmos intercalar-se-iam a cada período de milhões ou dezenas de milhões de anos;

c. Os dados radiométricos da parte oriental da bacia confirmam o posicionamento eo-cretácico para as so

leiras e diques, os quais seriam equivalentes, em tempo, aos derrames da Formação Sardinha, hipótese já anteriormente defendida por AGUIAR (op. cit.).

CALDASSO e HAMA (op. cit.) individualizaram três conjuntos de determinações (populações), através de datações radiométricas K/Ar, mais ou menos bem destacadas, caracterizando diferentes fases de magmatismo básico da bacia: um conjunto de determinações com idades correspondentes ao Triássico Médio-Superior, constituído por amostras tanto de basaltos como de diabásios; outro de idade Jurássica Inferior até o fim deste período, também referente a diabásios e basaltos e um último conjunto exclusivamente de diabásios com idade correspondente ao Cretáceo Inferior.

4.2.4.3. Formação Corda - Jc

4.2.4.3.1. Histórico

Sob esta designação LISBOA (op. cit.) descreveu os arenitos vermelhos que ocorrem intercalados em basaltos, no vale do Mearim; denominando de Série Mearim (Triássico) ao conjunto arenitos-basaltos. CAMPBELL (op. cit.) usou o termo Série Mearim para todos os arenitos acima do basalto e abaixo dos folhelhos Codó, separando a formação em três facies: Itaguatins, Macapá e Cuiador.

MOORE (1961) in LIMA e LEITE (op. cit.) observou, na região compreendida entre Fortaleza dos Nogueiras, Barra do Corda e Grajaú, um segundo derrame basáltico, acima dos arenitos Corda, de CAMPBELL, considerando-o como de idade de cretácea.

MESNER e WOOLDRIDGE (op. cit.) situam o segun

do derrame entre as formações Corda e Codó, atribuindo-lhe idade Jurássica.

NORTHFLEET e MELO (1967) in LIMA e LEITE (op. cit.) incluem na Formação Corda os derrames basálticos com duas intercalações sedimentares, denominando estas intercalações de membros Macapá e Fortaleza.

AGUIAR (op. cit.) considera como Formação Corda o pacote constituído de arenitos com intercalações de folhelhos e leitões de sílex, de idade Jurássica, que assenta concordantemente sobre a Formação Pastos Bons e discordantemente sobre os basaltos Mosquito e que está recoberto pelos basaltos Sardinha.

LIMA e LEITE (op. cit.) consideram a Formação Corda, conforme definido por AGUIAR.

Na área deste trabalho foram consideradas como pertencentes à Formação Corda os arenitos com intercalações de siltitos e folhelhos, que assentam discordantemente sobre as formações Mosquito e Sambaíba.

4.2.4.3.2. Distribuição e Espessura

Ocorre sob a forma de uma faixa contínua ao longo de toda a região central da bacia do Maranhão, estendendo-se desde a borda oeste, nas proximidades da foz do Araguaia, até próximo a Terezina.

Na região mapeada ocorre, de forma irregular, na porção nordeste da Folha Araguatins, sendo que a sua espessura é geralmente inferior a vinte metros corroborado por LIMA e LEITE (op. cit.).

4.2.4.3.3. Relações Estratigráficas

De acordo com LIMA e LEITE (op. cit.) a Formação Corda ocorre discordantemente sobre diversas unidades paleozóicas e mesozóicas. Na região deste trabalho, esta unidade recobre discordantemente os basaltos Mosquito, através de uma superfície ondulada, às vezes laterizada e também sobre os arenitos da Formação Sambaíba.

4.2.4.3.4. Litologia

No geral, o contato é marcado por arenitos avermelhados a esbranquiçados, composto por grãos de quartzo bem arredondados, esféricos e bem selecionados, exibindo estratificação plano-paralela incipiente. Intercalam-se argilitos avermelhados, passando a cinza-esverdeados com espessura inferior a 2 m.

Quando esta unidade recobre a Formação Mosquito, a sua porção basal é, localmente, como no ponto LM-105, marcada por um nível laterítico de 0,2 m.

Quando a unidade subjacente é a Formação Sambaíba, a parte inferior é representada por uma sequência psamopelítica, representada por arenitos finos, marrom-avermelhados com intercalações de siltitos, argilitos e folhelhos de cor avermelhada a cinza, com tonalidades esverdeadas. Os pelitos apresentam-se bem laminados, destacando-se os siltitos que ao martelo quebram-se de forma ovalada.

A parte superior comumente é representada por arenitos avermelhados a esbranquiçados, compostos essencialmente por grãos de quartzo bem arredondados, brilhantes, com

boa esfericidade e selecionamento regular.

4.2.4.3.5. Ambiente de Deposição

MESNER e WOOLDRIDGE (op. cit.) descrevem o ambiente deposicional desta formação como continental fluvial, e, em pequena parte, eólico.

LIMA e LEITE (op. cit.) pelas características apresentadas pela formação, consideram-na como continental fluvial, com contribuição eólica em clima semi-árido a desértico, sendo que as facies fossilíferas ter-se-iam depositado em ambiente de águas calmas, continentais, de facies lacustre.

Na área em estudo, os ambientes aventados por LIMA e LEITE (op. cit.) são compatíveis com as litologias observadas, à exceção do ambiente eólico em clima semi-árido a desértico, do qual não foram encontradas facies representativas.

4.2.4.3.6. Idade e Paleontologia

MESNER e WOOLDRIDGE (op. cit.) consideram a Formação Corda como afossilífera.

LIMA e LEITE (op. cit.) identificaram a presença de organismos lacustrinos, conchostráceos do gênero Lioestheria e Macrolimnadiopsis, além de ostracoides do gênero Candona, posicionando a formação no Jurássico Superior.

4.2.4.3.7. Correlações

AGUIAR (op. cit.) correlaciona a Formação Corda com a Formação Botucatu da bacia do Paraná, devido à contribuição eólica em ambiente de clima desértico a semi-árido; esta correlação é muito comum entre os diversos estudiosos das bacias intracratônicas brasileiras.

Na região de Araguatins a Formação Corda é de origem continental fluvial, com pequena contribuição lacustre, sendo correlacionável à Formação Pirambóia, da bacia do Paraná, segundo SAMPAIO e NORTHFLEET (op. cit.).

4.2.5. Cenozóico

4.2.5.1. Coberturas Detrito-Lateríticas - TQdl

Sob esta designação descreve-se uma unidade edafoestratigráfica, isto é, de solos e/ou lateritas, capeando os remanescentes das superfícies de aplainamento do ciclo sul americano, KING (op. cit.).

Ocorre descontinuamente, porém, com ampla distribuição na área do projeto, recobrando indistintamente todas as unidades estratigráficas da bacia. Essas coberturas são em geral areno-quartzosas de pouca matriz, inconsolidadas, sem estruturação primária ou aleitamento litológico, na maioria resultantes de processos de eluviação ou desagregação "in situ", por vezes com pequeno transporte. Desenvolve-se principalmente sobre os arenitos das formações Pedra de Fogo, Motuca e Sambaíba, formando extensos chapadões arenosos de drenagem esparsa, refletindo a alta porosidade desses

areões.

Litologicamente, guardam as características das rochas de origem; quando resultantes dos arenitos acima referidos, são areias bastante homogêneas, de granulação fina a média, com grãos de quartzo polidos e foscos, predominando as cores cinza, amarela e menos frequentemente vermelha, conservando a coloração original ou então por efeitos de oxidação secundária. Constata-se também a participação de sedimentos detríticos semi-consolidados, mal classificados, matriz areno-argilosa ou simplesmente argilosa, mais características de solos propriamente ditos. Estes depósitos são mais frequentes, sobretudo quando resultam das formações mais antigas da bacia, onde é maior a alternância de clastos e pelitos.

Os horizontes ou perfis lateríticos situam-se tanto acima quanto abaixo dos areões desagregados, relacionados a níveis pelíticos das unidades estratigráficas que controlam a oscilação do lençol freático e aos basaltos e diabásios da Formação Mosquito. A lateritização na maioria das vezes é incompleta e consiste na concentração secundária de óxidos de ferro, em níveis preferenciais, cimentando arenitos que se tornam endurecidos, assumindo coloração escura. Nas zonas mais argilosas, é comum o desenvolvimento de pequenas concreções ferríferas, esferulíticas, de cores marron e arroxeadas. Nos pelitos de domínio da Formação Pimenteiras, além da presença dessas concreções, é muito frequente e característica a ocorrência de uma película laterítica de cores amarela e amarelo-ocre que parece concentrar óxidos de alumínio, além de óxidos de ferro.

Em relação aos diabásios e basaltos, o resultado dos processos de lateritização foram mais pronunciados.

Originaram mantos de alteração mais espessos, avermelhados pela pigmentação ferrífera e desenvolveram, por vezes, crostas contínuas de lateritas, resultantes quase sempre da aglutinação de concreções esferolíticas e pisolíticas, constituídas sobretudo por hidróxidos de ferro, exibindo cores predominantemente amarelas e alaranjadas.

Finalmente, o contato dessas coberturas com as unidades estratigráficas subjacentes é transicional.

4.2.5.2. Quaternário Aluvionar (Qa)

Estes sedimentos são principalmente arenosos e siltico-argilosos, ocorrendo também depósitos grosseiros.

Encontram-se geralmente restritos ao longo das principais drenagens da área e em pequenos depósitos sobre terraços aluvionares lateríticos.

Destacam-se as aluviões dos rios Araguaia e Tocantins, apresentando-se em faixas alongadas e irregulares, de largura variável e formando ilhas no leito dos mesmos.

As areias são geralmente de granulação fina a média, compostas por grãos de quartzo subarredondados a subangulosos, mal selecionados, esfericidade média, incluindo, com frequência minerais pesados, como ilmenita e magnetita, apresentando dimensões submilimétricas.

Os terraços aluvionares constituem-se de cascalheiras, geralmente consolidadas ou endurecidas, com grande quantidade de óxido de ferro envolvendo os grãos, e caracterizada essencialmente por seixos de quartzo, ocorrendo também seixos de quartzito e sillexito de tamanho variável, sendo mais frequentes os de 2,5 a 6,0 cm, mal selecionados, sub

arredondados, com esfericidade média.

Os espaços entre os seixos são preenchidos pela fração fina, de forma contínua e constituída por areia quartzosa, na sua maioria.

A fração silte e argila é pouco expressiva e restringe-se à limonita e argilo-minerais que cimentam fortemente todos os elementos da cascalheira.

Estes terraços recobrem discordantemente as formações Paleozóicas, principalmente, as sequências Poti e Piauí e apresentam uma espessura variável, atingindo, em certos locais, até 12 m. Suas melhores exposições encontram-se ao longo do rio Tocantins, onde foram encontradas, nos mesmos, ocorrências auríferas e diamantíferas.

5. GEOLOGIA ESTRUTURAL

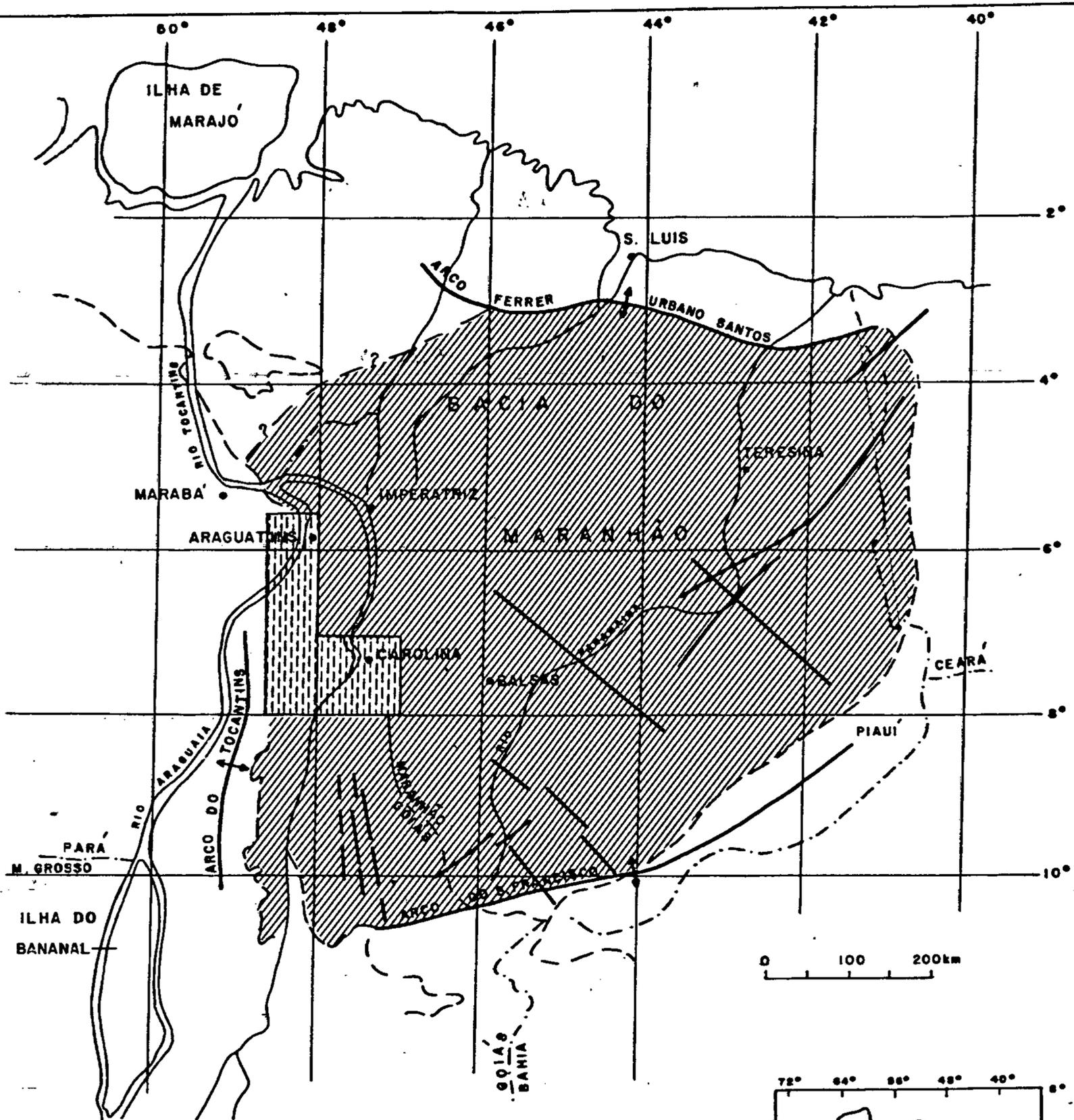
A bacia do Maranhão possui uma superfície de aproximadamente 700.000 km^2 e representa uma ampla depressão intracratônica, cuja característica original é a disposição horizontalizada dos seus estratos.

De um modo geral, esta parte da crosta terrestre foi polo de uma tectônica rígida, responsável por numerosos falhamentos em blocos e basculamentos, ocasionando flexuras e/ou dobras muito suaves, por diferenças de compactação (Fig. 12).

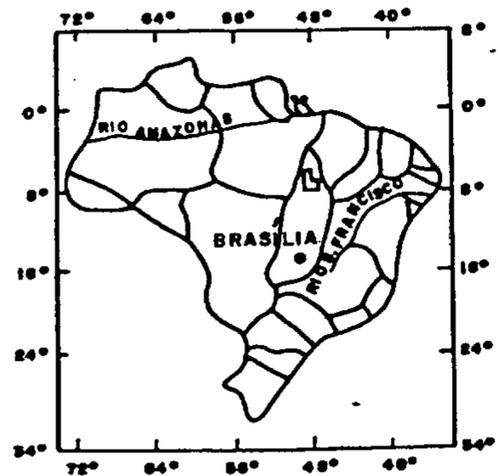
Regionalmente, as unidades sedimentares estão condicionadas às principais linhas de fraturamento, responsáveis pela evolução estrutural da bacia, de direções NE-SW, NW-SE, N-S e secundariamente E-W.

Os falhamentos que afetaram a bacia, são exclusivamente de gravidade, às vezes de grande extensão, alcançando até centenas de quilômetros, representando, em alguns casos, reativações de falhas do embasamento, que se mantiveram ativas durante a sedimentação e apresentam evidências de reativações posteriores, sendo também responsáveis pelo condicionamento dos principais drenos da área.

Nas regiões centro-sul e centro-norte da área em estudo, nos flancos sudoeste e oeste da bacia, a Formação Pedra de Fogo encontra-se limitada por falhamentos normais, configurando um grande "graben" de direção N-S, truncado a sul de Araguaína por uma falha que inflete para oeste. Este "graben" evidencia, nesta parte da bacia, um marcante sistema de falhamentos de direção geral N-S, orientando, inclusive, a direção dos estratos. Secundariamente, ocorre o sistema NE-SW.



-  ÁREA DO PROJETO
-  ÁREA DA BACIA DO MARANHÃO



PROJETO CARVÃO ENERGÉTICO NA BACIA TOCANTINS - ARAGUAIA

MAPA DE LOCALIZAÇÃO E PRINCIPAIS TRAÇOS GEOTECTÔNICOS DA BACIA DO MARANHÃO

Fig.-12

O rio Tocantins, nas partes sudeste e leste, tem todo o seu curso controlado pelo sistema de falhas N-S, e até próximo ao paralelo 8° S funciona como limite oriental de um "graben" que se prolonga até à região de Araguaína.

Na porção norte, no trecho entre Xambioá e Araguatins, os estratos paleozóicos apresentam direções que coincidem com o sistema de falhamentos N-S. As falhas NW-SE que também ocorrem nesta região, seccionam os estratos mesozóicos, sugerindo ter este sistema sofrido reativações mais recentes que os demais sistemas.

Na parte leste da região Araguaína-Araguatins, todas as unidades sofreram truncamentos, sendo as principais direções de falhamentos NE-SW e NW-SE. Nas proximidades de Carolina, ocorre uma fálha de direção NW-SE, cujo traçado, em geral, coincide com a calha do rio Manoel Alves Grande e que se prolonga além dos limites da área do projeto. A oeste de Filadélfia observa-se uma sucessão de "horts" e "grabens" limitados por falhamentos com direção NE-SW e também N-S, todos com pequeno rejeito.

De Carolina para leste, isto é, em direção ao centro da bacia, a área, de modo geral, foi pouco afetada pela tectônica rígida, a qual desenvolveu, localmente, algumas poucas falhas de gravidade. Nesta região, a estrutura preponderante é uma homoclinal que mergulha suavemente para NE, NNE e NNW. Existe ainda um sistema de fraturamento ENE-WSW, que condiciona as orientações dos derrames basálticos neste local.

LIMA e LEITE (op. cit.) analisando os fatos de a direção dos estratos da Formação Pedra de Fogo na região de Carolina ser E-W, mudando para N-S na região de Araguaína; que a Formação Sambaíba diminui gradativamente de

espessura para oeste, o mesmo ocorrendo com as rochas da Formação Motuca; que todas as unidades paleozóicas apresentam grandes variações de espessura no flanco oeste, quando comparadas com as espessuras apresentadas no flanco leste da bacia, concluíram que o sistema de falhas N-S sofreu pulsações sucessivas durante o paleozóico, e que este sistema controlou a deposição dos sedimentos da bacia até pelo menos o tempo Sambaíba.

De um modo geral, pelo exposto, pode-se afirmar que em toda a área do projeto, encontra-se uma sucessão de "horts" e "grabens" com rejeitos variáveis, oscilando em média entre 30 e 50 m.

6. GEOLOGIA HISTÓRICA

A origem da bacia do Maranhão como depressão deposicional, iniciou-se no Siluriano, com a subsidência da área cratônica causada pelos principais sistemas de fraturamentos N-S, NE-SW e NW-SE, cujas intersecções propiciaram a geração de grandes blocos, responsáveis pela disposição geométrica das unidades litológicas.

Do período Siluro-Devoniano ao Carbonífero Inferior ocorreu um ciclo sedimentar contínuo, que propiciou uma ampla transgressão marinha, com influência na deposição das formações Serra Grande, Pimenteiras, Cabeças, Longá e Poti.

Inicialmente, o embasamento cristalofiliano ou metassedimentar foi recoberto transgressivamente pelos sedimentos da Formação Serra Grande, cujo principal eixo de deposição tinha a orientação NE-SW, a partir de Ipu (CE), em direção ao Escudo Central Brasileiro. A formação diminui de espessura para sudoeste (LIMA e LEITE, op. cit.).

Durante a deposição da Formação Pimenteiras, acentuou-se a transgressão marinha na região. A espessura dessa formação é maior na borda oeste do que na borda leste, sendo provável que movimentos tectônicos contemporâneos à sedimentação tenha elevado as bordas leste e sudeste e rebaixado a borda oeste.

Os arenitos da Formação Cabeças foram depositados em condições semelhantes aos da Formação Serra Grande, desaparecendo em direção à borda oeste, sugerindo que houve durante o seu período de deposição, movimentos tectônicos que provocaram um soerguimento do bloco oeste e rebaixamento das bordas leste e sudeste.

Novos movimentos epirogenéticos provocaram o soerguimento da região sudeste durante a deposição dos sedimentos Longá, fato este evidenciado pela característica oxidante dos sedimentos da parte superior da formação, diastemas e conglomerados intraformacionais, já com evidências de regressão, a qual é mais pronunciada nos sedimentos da Formação Poti, que da base para o topo passam de essencialmente marinhos para continentais deltáicos e fluviais.

Após este ciclo deposicional, uma epirogênese inverteu o processo, causando a destruição parcial dos sedimentos depositados, originando um novo ciclo de sedimentação que se estende desde o Carbonífero Superior ao Triássico Superior, e que compreende as formações Piauí, Pedra de Fogo, Motuca e Sambaíba.

A Formação Piauí depositou-se em ambiente continental fluvial (planície aluvial costeira), com breves incursões marinhas, ocorrendo principalmente na região centro-sul, o que evidencia, também, uma maior subsidência. Em continuidade, ocorreu uma transgressão marinha e iniciou-se a sedimentação da Formação Pedra de Fogo em bacia bastante rasa e clima semi-árido, com formação de pequenas lagunas e lagoas marginais de água salgada, o que é atestado pela presença de evaporitos, seguindo-se uma fase de estabilidade da bacia, com deposição em ambiente de águas salobras, fato este evidenciado pela fauna fóssil encontrada em seus sedimentos.

Já a deposição Motuca deu-se em ambiente predominantemente continental fluvial, em clima semi-árido, com episódicas ingressões marinhas. A gipsita e anidrita que ocorrem logo acima da porção mediana desta unidade atestam os remanescentes deste mar em pequenas bacias ou lagunas restritas.

Após esta última incursão, começou uma grande epirogênese positiva, e a sedimentação continuou ininterruptamente sem influência marinha, com o clima tornando-se progressivamente mais árido, propiciando a deposição dos arenitos, principalmente eólicos, da Formação Sambaíba.

Já no Triássico Superior, sem que houvessem variações no ambiente de sedimentação da Formação Sambaíba, ocorreu o primeiro vulcanismo na bacia do Maranhão (Formação Mosquito), de caráter fissural, originado pelo desenvolvimento de extensos fraturamentos continentais, com grandes e profundos falhamentos normais, provavelmente relacionados à ruptura do Atlântico Norte. Estes derrames de lavas básicas, intercalaram-se aos arenitos eólicos, num clima ainda árido. Neste mesmo período, nas zonas de distensão, ascendeu o magma básico diferenciado que deu origem aos diques e soleiras de diabásio, que ocorrem na região centro-oeste e flancos oeste e sul da bacia.

Como as demais unidades lito-estratigráficas da bacia, com exceção das coberturas detrito-lateríticas e aluviões, não ocorrem na área ora mapeada, os dados sobre sua história geológica foram extraídos de LIMA e LEITE (op. cit.).

Após a extrusão das lavas Mosquito, a bacia do Maranhão sofreu intenso processo erosivo, que originou, nas áreas mais baixas, principalmente nas proximidades dos basaltos topograficamente mais altos, a deposição da unidade Pastos Bons, cujos sedimentos originaram-se do retrabalhamento das unidades já existentes.

Com a contínua subsidência gerada pela movimentação dos blocos, depositou-se a Formação Corda, sobre uma superfície irregular, muito erodida. Esta deposição conti

nuou após o total assoreamento das áreas baixas.

No início do Cretáceo Inferior, ocorreu um novo e intenso tectonismo de tensão, que produziu grandes distensões e falhamentos, reativando antigas zonas de fraqueza e interrompendo a sedimentação. Este período é marcado pelo magmatismo Sardinha, de caráter basicamente intrusivo. Os diques e soleiras de diabásio resultantes, estão relacionados às geoclases e falhamentos originados pela ruptura do Atlântico Sul, durante o Eo-cretáceo.

Após este período, a bacia foi novamente sujeita à ação tectônica e erosiva que propiciaram a exumação do cristalino na região setentrional da bacia e favoreceram a entrada do mar, através da região norte. Com esta transgressão depositaram-se os sedimentos marinhos da Formação Codó, que por vezes se interdigitam com sedimentos flúvio-deltáicos da Formação Grajaú.

Neste mesmo período, na região sul, os sedimentos Areado e Urucua (cretácicos) oriundos da bacia do São Francisco, transgridem as unidades paleozóicas da bacia do Maranhão, recobrando também, discordantemente, os basaltos Mosquito e a Formação Sambaíba ao norte. Sincronicamente com a deposição Urucua, nas regiões noroeste e norte da bacia, ocorreu a sedimentação continental dos estratos Itapicuru.

No início do Terciário, houve novamente uma subsidência na faixa costeira, marginal, modelando novas feições topográficas bem pronunciadas, com a deposição da Formação Pirabas, no extremo norte-nordeste.

No fim do Terciário, provavelmente novos desequilíbrios tectônicos, propiciaram modificações nos níveis de base da área, originando um novo ciclo erosivo, evidenciado pela formação das coberturas detríticas e lateríticas.

7. DEFINIÇÃO, ORIGEM, GÊNESE E EVOLUÇÃO DO CARVÃO

7.1. Introdução

No presente capítulo abordar-se-á, de forma resumida, a origem, gênese e evolução do carvão, visando possibilitar uma comparação entre os ambientes favoráveis à formação desses depósitos, com os ambientes observados nas unidades estratigráficas mais promissoras da Bacia Sedimentar do Maranhão, principalmente na sua borda sudoeste, onde se desenvolveram os trabalhos do projeto.

7.2. Definição

Usa-se o termo carvão para designar as rochas sedimentares combustíveis sólidas, ricas em carbono livre ou compostos orgânicos combustíveis, originadas da acumulação de restos vegetais em ambiente subaquoso, ao abrigo do oxigênio do ar, os quais sofrem posteriormente transformações por diagênese (processos químicos e bioquímicos) e catagênese (fenômenos físicos - temperatura, pressão, tempo), daí resultando um acentuado aumento do teor de carbono e uma diminuição dos teores de água e voláteis da matéria vegetal original.

7.3. Origem das Jazidas de Carvão

As duas principais teorias quanto à origem dos jazimentos de carvão, atribuem uma, a origem autóctone e outra a origem alóctone para estes depósitos.

Segundo a teoria autóctone, os depósitos de carvão ter-se-iam formado no local onde viveram as plantas, por acumulação "in situ" dos seus restos vegetais (turfa), em bacias sedimentares terrestre, lacustres (limnicas) ou pantanosas (parálicas). Devido a cheias periódicas ou a rebaixamentos do solo que permitiram a entrada do mar, estes locais ficariam por vezes cobertos por uma lâmina de água que impediria o desenvolvimento da vegetação. As matérias orgânicas acumuladas seriam a seguir cobertas por sedimentos detríticos ou argilosos. Voltando as condições originais, ter-se-ia novamente o desenvolvimento de vegetação, a acumulação de restos vegetais e a formação de turfa, a qual, posteriormente se transformaria em carvão.

Os defensores da origem alóctone, acreditam que os depósitos de carvão foram formados pelo transporte e posterior deposição em ambientes continentais de águas calmas (lagos, lagoas, pântanos), de restos vegetais originários de uma vegetação desenvolvida em local diferente daquele em que se deu a acumulação (aloctonia primária). No local da deposição os restos vegetais seriam sedimentados em camadas diferentes de acordo com o seu peso e natureza dos órgãos (folhas, restos de caules, cascas, etc.). Existiria ainda uma aloctonia secundária, explicada pela erosão, transporte e sedimentação de camadas de carvão pré-existent.

Ambas as teorias são suportadas por evidências a seu favor, não subsistindo dúvidas quanto à existência dos dois tipos de jazidas de carvão. No entanto, é hoje geralmente admitido que as grandes jazidas mundiais de carvão são de origem autóctone. As jazidas cuja gênese pode ser atribuída a uma aloctonia primária são mais raras, de pequenas dimensões e de menor valor econômico. Não são conhecidas ja

zidas de carvão com valor econômico, originadas por aloctonia secundária.

Assim como ocorre para a origem, é também contravertida a definição do clima mais favorável à formação de grandes depósitos de carvão.

POTONIE (in BARRABÉ, & FEYS, 1965) acredita que as bacias carboníferas formaram-se em condições climáticas tropicais, usando para chegar a esta conclusão os caracteres anatômicos dos vegetais fósseis, comparando-os com os vegetais atuais.

WHITE (in BARRABÉ, & FEYS, op. cit.) discorda do POTONIE (op. cit.), afirmando que as floras carboníferas indicam um habitat de clima úmido, com temperatura uniforme e sem estações definidas.

FRECH (in BARRABÉ & FEYS, op. cit.) também discorda de POTONIE (op. cit.), alegando que em climas quentes ocorre mais facilmente uma rápida decomposição e oxidação dos restos vegetais, e a conseqüente destruição da matéria orgânica.

Outros caracteres utilizados para a determinação do clima, vieram apenas tornar mais complexa esta questão.

Analisando-se as diferentes teorias, admite-se que para a formação dos grandes depósitos de carvões no carbonífero, não teria sido condição necessária a existência de um clima tropical, mas de um clima relativamente uniforme, úmido e sem estações bem definidas.

Note-se a este respeito, que se formam atualmente turfeiras não só em regiões de clima tropical ou subtropical, como por exemplo nas Ilhas de Sonda, na África Ocidental e na América do Sul, como também em climas temperados

e mesmo frios como no Alaska, no Spitzberg e nas Ilhas Malvinas. A superfície atual das grandes turfeiras quaternárias e recentes é maior que a superfície ocupada pelas bacias de carvão de outras idades, incluindo o Carbonífero. Assim, parece evidente que a condição "sine qua non" para a formação da turfa e o desenvolvimento de turfeiras, é a existência de umidade.

Embora não se possa concluir decisivamente a respeito do clima em que se formaram os depósitos de carvão, pode-se, contudo, visualizar o condicionamento e os fenômenos evolutivos responsáveis pela formação destes depósitos.

7.4. Gênese

Em geral, o ambiente mais favorável à formação de grandes depósitos de carvão, situa-se em planícies costeiras, em zonas pantanosas de águas doces, sujeitas a um clima relativamente uniforme, com precipitação pluviométrica abundante. Nessas regiões com drenagem deficiente e águas paradas e mal oxigenadas propiciando ambientes redutores, desenvolve-se uma vegetação de crescimento rápido, originando, após a sua morte, um grande acúmulo de matéria vegetal protegida da oxidação por delgada lâmina de água.

Assim, na ausência do oxigênio, o material orgânico não sofre a ação das bactérias aeróbias nem dos processos de oxidação, ficando sujeito apenas à ação das bactérias anaeróbias, que liberam do material orgânico os compostos voláteis, daí resultando um enriquecimento relativo em carbono. Como resultado desta ação dos microorganismos, formam-se compostos húmicos que, com a intensificação do processo, tornam o ambiente tóxico e impossível à vida bacteriana.

Com a morte das bactérias, cessam as transformações essenciais e atinge-se o primeiro estágio da evolução da matéria vegetal, representado pela turfa.

7.5. Evolução

As áreas onde se desenvolvem as turfeiras podem ser afetadas por movimentos subsidentes suficientemente rápidos e de amplitude tal, que originem uma elevação súbita do nível freático ou a invasão das turfeiras por importantes massas de água. Assim, com a destruição das condições paludais cessa o desenvolvimento da vegetação e, conseqüentemente, da formação da turfa, iniciando-se o empilhamento sobre as antigas turfeiras, de uma sucessão de depósitos sedimentares terrígenos. Desta forma, com o soterramento das turfeiras, atinge-se o segundo estágio evolutivo do carvão, em que os processos atuantes passam agora a ser essencialmente físico-químicos.

A pressão exercida pelos sedimentos que se vão acumulando sobre a turfeira, conjugada com a elevação da temperatura devido ao aumento da profundidade de soterramento, provocam uma progressiva diminuição dos teores de água e substâncias voláteis e alterações na composição dos fiterais da camada de turfa original, resultando no seu enriquecimento relativo em carbono, no aumento do seu poder calorífico e em modificações importantes nas características dos macerais. Este conjunto de processos é denominado de carbonificação.

O tempo durante o qual atuam a pressão e a temperatura é fator importante no processo de carbonificação e, conseqüentemente, do grau de evolução ou "rank", atingido pe

lo carvão. Em idênticas condições de pressão e temperatura, apresentarão um "rank" mais elevado, aquelas camadas de carvão que durante mais tempo estiverem sujeitas à sua ação. O "rank" mede pois o grau de carbonificação dos carvões durante a sua história geológica, que vai da turfa à grafita.

O grau de compactação nos carvões mais evoluídos ("rank" dos betuminosos) é de cerca de 10 para 1, significando pois que para a formação de uma camada de carvão com 1 metro de espessura foi necessária originalmente uma acumulação de 10 m de turfa. Este fato vem mostrar que, além das condições paleoclimáticas e paleogeográficas que condicionam a deposição de carvão, uma terceira condição é necessária para a sua acumulação em espessura tal que permita a sua futura exploração econômica: a subsidência. No entanto, para que a subsidência atue como parâmetro eficaz na formação de espessuras importantes de carvão, ela deverá acontecer com uma velocidade de descida que contrabalance a velocidade de acumulação, na vertical, da matéria vegetal na turfeira. Uma subsidência demasiado rápida provocará a morte da vegetação por cobertura de uma lâmina de água demasiado espessa; uma subsidência mais lenta que a velocidade de acumulação dos restos vegetais, exporá o depósito de matéria orgânica em formação à ação destrutiva do oxigênio do ar e das bactérias aeróbias.

Todos os carvões contém, em maior ou menor proporção, água, gases e substâncias minerais. O conteúdo em água e gases decresce, devido aos processos de carbonificação, das turfas para os antracitos.

As substâncias minerais constituem o que se denomina de cinzas e podem ser epigenéticas (calcita, gesso, marcassita e piritita) ou primárias, derivadas dos próprios vegetais (sílica, sais minerais) ou ainda singenéticas, trans

portadas por correntes ou pelo vento (argilas, areias).

A turfa, que caracteriza o estágio inicial da formação do carvão, é constituída pelo acúmulo de material vegetal parcialmente maçerado e decomposto, contendo ainda celulose livre, apresentando cores que variam de castanho a cinza e até preta. Sua natureza e composição são muito diversificadas devido às diferenças climatológicas e ao tipo de vegetação que a originou. Apresenta densidade "in natura" em torno de 1; teor de carbono total entre 55% a 65% do peso seco; teor em água variando de 65% a 95%. O poder calorífico da turfa seca varia entre 3.000 e 5.000 Kcal/kg.

O linhito representa o segundo estágio na transformação da matéria vegetal sob a ação dos processos geológicos. No linhito castanho, pode-se reconhecer ainda as estruturas vegetais e os espaços celulares ainda estão vazios, mas não se observa celulose livre. Com o aumento da compactação e gelificação passa-se aos linhitos negros ou brilhantes, onde os espaços celulares são preenchidos pelo maceral colinita. Os teores de carbono total e água variam entre 60% a 80% e 25% a 35%, respectivamente, e o poder calorífico situa-se entre 4.000 e 6.000 Kcal/kg.

A hulha ou carvão betuminoso, caracteriza o terceiro estágio de transformação, no qual os processos de litificação e carbonificação transformam os linhitos em hulhas.

As hulhas são classificadas de acordo com a sua natureza e composição química, que por sua vez dependem do tipo de vegetação original, do grau da decomposição atingida nas fases iniciais da sua formação e da intensidade de atuação dos processos geológicos através dos tempos.

Em geral as hulhas são compactas, negras, com fratura brilhante ou fosca, pó negro, com teor de carbono to

tal entre 75 e 90%, teor de água de 2 a 7%, e poder calorífico entre 6.000 a 8.500 Kcal/kg

O antracito representa o mais alto grau evolutivo (com exceção da grafita) no processo de carbonificação dos depósitos vegetais. Em geral são de cor preta, brilho vítreo, fratura conchoidal, conteúdo de 90 a 93% de carbono total, pobre em matéria volátil, teor de água menor do que 5% e poder calorífico superior a 8.000 Kcal/kg.

8. CARVÃO NA BORDA SUDOESTE DA BACIA DO MARANHÃO

8.1. Introdução

A área do Projeto Carvão Energético na Bacia Tocantins-Araguaia - Fase II foi selecionada em função das ocorrências de carvão citadas na bibliografia tomando também em consideração os modernos conceitos da tectônica global, que através de estudos específicos permitem reconstituir a posição geográfica de uma determinada sequência quando de sua deposição.

As determinações do magnetismo remanescente e a ocorrência de determinadas sequências sedimentares características, constituem a chave que permite a determinação das latitudes de deposição de uma determinada camada ou unidade estratigráfica.

Admite-se que para a formação de grandes depósitos de carvão é necessária a existência de um clima mais ou menos uniforme, sem estações bem definidas e com chuvas abundantes. Segundo a bibliografia consultada, a maioria dos depósitos ter-se-iam formado em climas temperados, sendo uma das exceções representada pelas grandes jazidas de carvão dos Estados Unidos, que através dos esquemas apresentados por SMITH, BRIDEN e DREWRY (1973, in WINDLEY, 1977 - Fig. 13) ter-se-iam formado em clima tropical.

Desta forma, as condições climáticas mais favoráveis para a formação de carvão seriam, conforme sugerido por BRIDEN e IRVING (1964, in WINDLEY, op. cit.), entre as latitudes de 30° e 60° . A área do projeto situou-se entre esses dois limites de latitude no Carbonífero Superior ou Permiano, quando foram depositadas na bacia do Maranhão as formações Poti, Piauí e Pedra de Fogo. Por outro lado, os ambi

MIGRAÇÃO DOS CONTINENTES SEGUNDO BRIDEN E IRVING



DEVONIANO INFERIOR, 380 M.A. (SEG. BRIDEN E IRVING IN WINDLEY, 1977)



CARBONÍFERO INFERIOR, 340 M.A. (SEG. BRIDEN E IRVING IN WINDLEY, 1977)



CARBONÍFERO SUPERIOR (INTERPRETADA A PARTIR DE BRIDEN E IRVING IN WINDLEY, 1977)



PERMIANO, 250 M.A. (SEG. BRIDEN E IRVING IN WINDLEY, 1977)

— ÁREA CARBONÍFERAS

PROJETO CARVÃO ENERGÉTICO NA BACIA TOCANTINS - ARAGUAIA

FIG. - 13

entes geológicos mais propícios à formação de depósitos de carvão localizam-se, seja em áreas pantanosas das grandes planícies costeiras, seja em complexos deltáicos, principalmente nas áreas interdistributárias da planície deltáica inferior ou ainda em planícies de inundação dos grandes rios e em braços de meandros abandonados.

A Formação Poti na parte oeste da bacia do Maranhão mostra-se em alguns casos, totalmente ou quase totalmente constituída por sedimentos depositados em um complexo deltáico, progradante sobre sedimentos de prodelta representados pelos folhelhos e argilitos cinza-escuros, marinhos, da Formação Longá. Dois excelentes exemplos de delta Poti, podem ser observados nos Perfis Compostos dos furos TM-1-MA e FO-1-MA, furados pela PETROBRÁS na bacia do Maranhão, o primeiro na área do rio Tem Medo, município de Balsas, a cerca de 70 km a sul do vértice SE da área do projeto, e o segundo na área da fazenda Ouro, município de Tasso Fragoso, a 75 km a ESE daquele mesmo vértice. Através da interpretação da sequência litológica e da configuração das curvas dos perfis Gama e Resistividade, é possível identificar, de baixo para cima: folhelhos e siltitos do prodelta (Fm. Longá), siltitos e arenitos finos da parte distal da frente deltáica, arenitos e siltitos da frente deltáica, areias de barra de foz de distributário, arenitos de preenchimento de canal distributário, siltitos e arenitos finos de dique marginal e de transbordamento, e siltitos e folhelhos de planície interdistributária. Para o topo da sequência, nos últimos 50 a 60 m da Formação Poti, predominam os sedimentos clásticos finos, aparentemente depositados em ambiente marinho raso ou mais provavelmente lagunar, de acordo com a interpretação dos perfis geofísicos, o que corresponderia a uma retomada das con

dições de sedimentação marinha sobre a superfície deltáica. Sobre estes sedimentos, e em contato discordante, assentam as areias com intercalações de argilitos e folhelhos, depositadas predominantemente em ambiente fluvial, da Formação Piauí.

Em razão do exposto e também pelo fato das ocorrências de carvão citadas na bibliografia terem sido encontradas principalmente nas formações Poti e Piauí, foram as mesmas consideradas como mais favoráveis a encerrarem depósitos econômicos de carvão na área do projeto.

8.2. Formação Poti

Conforme exposto no item anterior as condições de clima mais favoráveis à formação de depósitos de carvão na bacia do Maranhão, seriam àquelas que dominaram durante a deposição do Carbonífero Inferior, quando se depositou a Formação Poti e principalmente na sua porção superior mais redutora, que ocorre mais para o interior da bacia (LIMA e LEITE, op. cit.).

Na área do projeto, esta formação é constituída na parte inferior essencialmente por arenitos róseos, esbranquiçados, finos a médios, com estratificação cruzada do tipo torrencial, com níveis de siltitos argilosos, -localmente apresentando conglomerado intraformacional. Para o topo ocorre uma predominância de siltitos e folhelhos siltosos, vermelhos, róseos e amarelos, com poucas intercalações de arenitos arroxeados e avermelhados, além de calcários e conglomerado intraformacional, denotando pelas cores avermelhadas a instalação de um clima com progressivas características de aridez.

A análise da bibliografia consultada e as características litológicas e estruturas sedimentares observadas no campo, sugerem variações regionais quanto ao ambiente de deposição, podendo-se atribuir para a porção basal da formação, uma origem marinha de águas rasas, talvez litorânea (deltáica?), localmente continental fluvial, o que é evidenciado pela presença de abundante estratificação cruzada do tipo torrencial. A presença de sequências sedimentares incompletas, mostra terem ocorrido processos erosivos locais com retrabalhamento e redeposição rápida. Os arenitos, siltitos e folhelhos, com intercalações de calcários e arenitos calcíferos estrutura "flaser", pequenas marcas de onda e folhelhos com restos vegetais caracterizam para a parte superior da formação uma deposição regressiva, em planície de maré e supra-maré passando de marinha a continental-fluvial, ambiente este em que foi sedimentada a Formação Piauí sobrejacente.

Tendo ainda em vista que: a seção superior na região é caracteristicamente oxidante, e que a faixa pelítica redutora com níveis carbonosos milimétricos e restos vegetais, constatada na borda leste, não ocorre na borda oeste por ter sido erodida nesta área, fato esse evidenciado pelo contato discordante com a Formação Piauí então, se existiram condições para formação de carvão nesta unidade, elas ter-se-iam verificado na sua parte superior a qual foi como vimos destruída pela erosão.

8.3. Formação Piauí

Se a placa da América do Sul mantinha, no iní

cio, uma distância maior da América do Norte, do que aquela proposta por BRIDEN e IRVING (1964, in WINDLEY, op. cit.), conforme opinião de outros autores, o que vale dizer que a velocidade de migração foi também maior, visto que no final do Permiano elas colidiram (Fig. 13). Este fato é evidenciado pela grande semelhança dos paleoclimas reinantes durante a deposição dos sedimentos Permianos e pelo levantamento dos Apalaches. Assim sendo, as condições mais propícias para a formação de carvão na bacia do Maranhão, teriam ocorrido durante o Carbonífero Médio/Superior quando da deposição da Formação Piauí.

A Formação Piauí é constituída na região por arenitos vermelhos, finos a grosseiros, com estratificação cruzada do tipo torrencial, argilosos, pintalgados de caulim, grãos subarredondados a arredondados, foscos, raras vezes brilhantes, contendo intercalações de siltitos e argilitos avermelhados e arroxeados. Localmente, ocorrem intercalações lenticulares de calcário.

As estratificações cruzadas de grande porte, acanalada, planar e em cunha com algumas estruturas de corte e preenchimento indicam ter a formação se depositado em ambiente fluvial. Os raros calcários e calcarenitos sugerem breves incursões marinhas. A característica arcossiana dos arenitos, a imaturidade textural, grãos arredondados e as cores vermelhas indicam ambiente oxidante e clima semi-árido a desértico. Localmente, ocorrem ambientes redutores, provavelmente originados em braços de meandros abandonados e pequenos pântanos temporários, onde se desenvolveram lentes de siltitos e folhelhos carbonosos com concreções de pirita e lenticulas de linhito, observadas no ponto JV-P-12M.

A referida lente de siltitos e folhelhos carbo

nosos encontra-se encaixada em arenitos vermelhos.

Com base nestes fatos, conclui-se que a Formação Piauí na região estudada não apresentou condições paleoambientais favoráveis à formação de carvão.

8.4. Formação Pedra de Fogo

De acordo com BRIDEN e IRVING (1964, in WINDLEY, op. cit.), a bacia do Maranhão, do Permiano ao Triássico, situar-se-ia na zona árida dos desertos e, conseqüentemente, os sedimentos depositados neste período, não reuniriam condições favoráveis à formação de carvão.

A Formação Pedra de Fogo na borda sudoeste da bacia, caracteriza-se por apresentar interestratificações de siltitos e folhelhos, por vezes oleífero, cinza-claro, cinza-escuro, esverdeados e avermelhados, laminados, calcíferos, com delgados leitos, lentes e nódulos achatados de sillexito, intercalados com bancos de calcários dolomíticos esverdeados e esbranquiçados, e ainda, camadas de arenitos esbranquiçados e amarelados, muito finos a médios, mal selecionados, pintalgados de caulim.

Mais para o topo da formação ocorrem sucessões cíclicas de arenitos finos e/ou siltitos, folhelhos e bancos carbonáticos, geralmente de cores esverdeadas a avermelhadas.

Os principais fósseis encontrados são restos de peixes, de um anfíbio labirintodonte e ostracóides, além da paleoflórula, onde sobressai-se o "Psaronius". Com base nestes fósseis e nos dados palinológicos, os vários autores que estudaram esta formação atribuíram-lhe idade Eo-Meso-Per

miana.

O caráter cíclico da formação sugere a existência de pequenas oscilações do nível do mar. A presença de calcários com restos de peixes testemunha uma fauna subaquática marinha; os evaporitos indicam águas penessalinas em climas semi-árido e árido, caracterizando deposição em ambiente lagunar.

Em suma, a unidade depositou-se em planícies costeiras e lagunas, com incursões marinhas e ciclos evaporíticos, em ambiente de deposição predominantemente oxidante só localmente e em áreas restritas redutor, em climas semi-árido e árido. Nestas condições não foi possível a preservação da matéria orgânica vegetal contida nos troncos ali existentes, pelos processos de carbonificação.

Estes fatos levam a concluir que tal como acontece para a Formação Piauí, também a Formação Pedra de Fogo foi sedimentada em paleoambientes desfavoráveis à formação de carvão.

9. GEOLOGIA ECONÔMICA

9.1. Introdução

A execução deste projeto teve como finalidade principal, avaliar a potencialidade para carvão na borda sudeste da bacia do Maranhão, objetivando o estudo e caracterização dos ambientes favoráveis à formação deste bem mineral, principalmente nos sedimentos de idade permo-carbonífera, conforme previamente estabelecido no Anteprojeto.

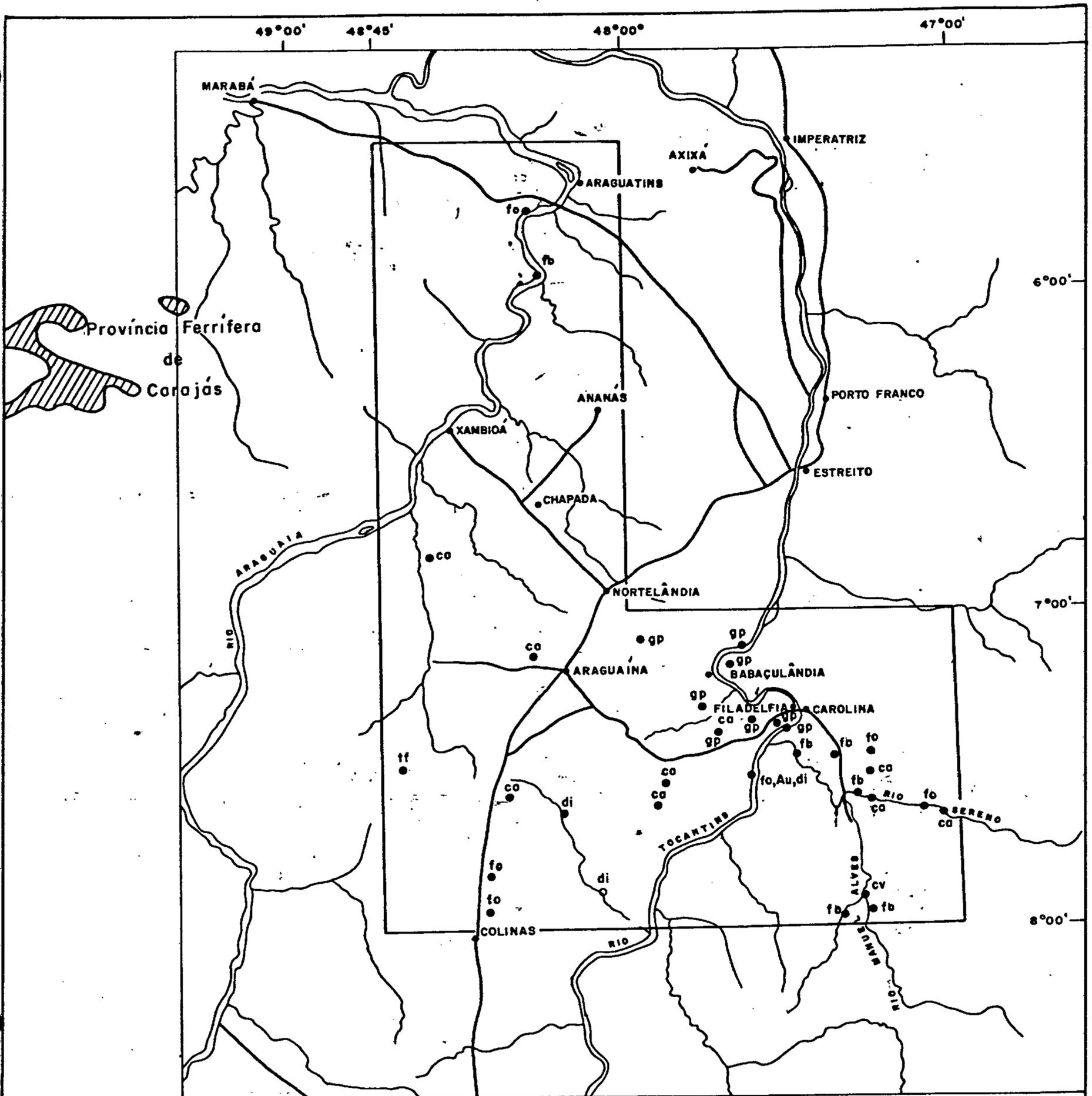
Paralelamente, outras ocorrências minerais foram registradas, destacando-se entre elas: folhelhos oleígenos, calcário, diamante, ouro e gipsita (Fig. 14).

9.2. Carvão

As primeiras referências sobre ocorrências de carvão, na área em estudo, são de BARBOSA e GOMES (op.cit.), os quais citam a presença de "delgadas camadas de carvão, associadas a folhelhos carbonosos e betuminosos", nas margens do rio Tocantins, a sul de Carolina, no Maranhão.

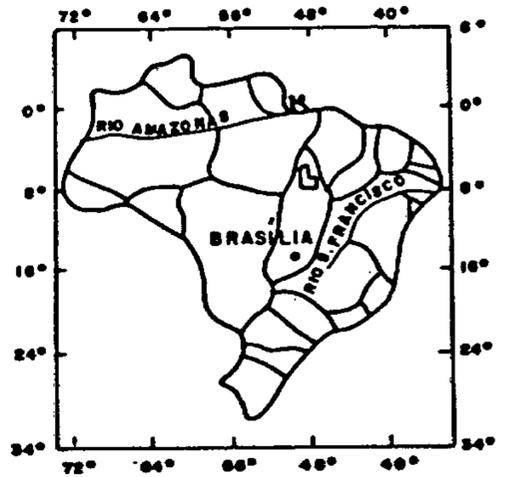
Desde então, vários autores, têm feito referências à presença de níveis de carvão na área do projeto associados aos sedimentos da Formação Pedra de Fogo.

Durante a execução do presente trabalho, observou-se que a maioria das ocorrências citadas na bibliografia, constam de finos leitos de folhelho carbonoso, e/ou oleígeno, só se confirmando a ocorrência do rio Tocantins, ponto JM-19 (Foto 12), representada por pequenos níveis centimétricos e lenticulares de linhito, intercalados em calcários e folhelhos carbonosos, cinza-escuro com restos de vegetais



Au-Ouro
 di-Diamante
 ca-Calcario
 cv-Corvão

gp-Gipsita
 fo-Folhelho Oleígeno
 ff-Turfa



PROJETO CARVÃO ENERGÉTICO NA BACIA TOCANTINS - ARAGUAIA

MAPA DE OCORRÊNCIAS MINERAIS CADASTRADAS

Fig. - 14

carbonificados da sequência inferior da Formação Pedra de Fogo.

A outra ocorrência, descoberta na Formação Piauí durante a realização dos trabalhos de campo, é constituída por uma lente carbonosa com restos vegetais carbonificados e lentículas centimétricas de linhito de cor cinza-escuro, sujando os dedos, granulação fina, argilosa, com níveis arenosos; esta lente tem 1,20 m de espessura e 50 m de extensão, afinando e tornando-se mais argilosa lateralmente. Encontra-se encaixada nos arenitos vermelhos da Formação Piauí, às margens do rio Vermelho, fazenda Vão Feio, município de Carolina, Perfil JV-P-12-M, ponto JV-21 (Fotos 13 e 14).

A análise química deste material revelou teores de 1,50% de material volátil, 74,0% de cinzas, 11,0% de carbono fixo e 3,1% de umidade.

9.3. Folhelho Oleígeno

Em 1913, ARROJADO LISBOA (in BARBOSA e GOMES op. cit.) cita na área do projeto a presença de material betuminoso, associado a gipsita na barra do rio Sereno com o rio Manoel Alves Grande.

Posteriormente, outros autores fazem referências à presença de "folhelhos betuminosos" na área.

Durante a realização deste trabalho, observou-se que estes folhelhos apresentam uma ampla distribuição na área em estudo, com um total de 25 ocorrências concentrando-se, principalmente, nas folhas Carolina, Goiatins, Nova Olinda e Araguatins, encontrando-se associados aos sedimentos das formações Poti, Piauí e, principalmente, Pedra de Fogo.

Suas melhores exposições, podem ser observadas ao longo dos rios Itapicuru, Sereno, Manoel Alves Grande, Tocantins e Araguaia.

Os folhelhos oleígenos encontrados na Formação Piauí, apresentam-se em camadas lenticulares de espessura variável, encaixados em arenitos vermelhos de granulação média, pintalgados de caulim e com estratificação cruzada de grande porte. Apresentam cores cinza-escuro a preta, aspecto maciço, brilho fosco a acetinado, laminação marcante e fratura conchoidal, sendo comumente piritosos. A espessura média é de 30 cm, chegando localmente a 1 metro e afinando lateralmente, como pode ser observado no ponto JV-22.

As melhores exposições de folhelho oleígeno são observadas na porção basal da Formação Pedra de Fogo. Apresentam-se com cores cinza-escuro a preta, são foscas, às vezes acetinadas, finamente laminadas, com fratura conchoidal, tenazes, resistentes ao choque, exalando odor de querosene sob a ação do fogo. Intercalam-se nas camadas de calcário com níveis de sillexito, argilitos, siltitos e arenitos, ocorrendo geralmente como delgadas camadas lenticulares, com espessura média em torno de 30 cm, como pode ser observado nos pontos JV-10, JV-P-10 (Foto 15). Localmente, apresentam-se bem estratificados, subfísseis, queimando com chama longa e fuliginosa e desprendendo forte odor de querosene. São encontrados ao longo do rio Lontra, ponto LM-63.

O aproveitamento econômico destes folhelhos é pouco viável dada a sua distribuição esparsa e pequeno volume, sendo quase sempre encimados por espesso capeamento. Localmente, onde são aflorantes ou sub-aflorantes, poderão vir a ser utilizados em pequena escala como matéria-prima energética direta, em mistura com lenha e/ou a turfa.

9.4. Turfa

Apenas uma ocorrência de turfa foi cadastrada na área, no ponto LM-67, em boçorocas associadas a terraços aluviais do rio Muricizal, município de Araguaína, onde predominam rochas do Grupo Estrondo. A turfeira apresenta dimensões muito reduzidas tendo a camada de turfa aproximadamente 1 metro de espessura e aflorando de modo descontínuo.

O material encontrado apresenta cor marrom-escuro a preta, e contém restos de vegetais em transformação, com grande quantidade de areia e argila.

A análise deste material revelou um teor de 84,0 % de cinzas, 2,0 % de carbono fixo e 14,0 % de material volátil, mostrando ser inadequado o seu aproveitamento como bem energético.

9.5. Gipsita

Constitui o bem mineral de maior potencial econômico na área, dada a existência de um mercado consumidor amplamente aberto na indústria cimenteira do centro-oeste, bem como, pela sua utilização na construção civil na forma de gesso calcinado, para a fabricação de bloquetes, forro e revestimento.

Encontram-se preferencialmente no horizonte superior da Formação Pedra de Fogo e na porção mediana da Formação Motuca, além de ocorrências restritas na Formação Piauí. Formam invariavelmente corpos lenticulares, por vezes irregulares, exibindo espessuras que vão desde 50 cm até 12 m com variações laterais, não ultrapassando 100 m de ex

tensão.

Suas melhores exposições encontram-se na circunvizinhança de Filadélfia - Babaçulândia, onde foram registradas oito ocorrências deste material, consignadas nos pontos JM-04, 05, 67, 68, 70, 74 e 125 (Foto 16).

Parte desses evaporitos foi bem estudada por GEBRIM (1974). Na orla do Morro Torre da Lua, próximo a Filadélfia, foram pesquisados e cubados sete corpos de gipsita, determinando-se ali, uma reserva medida de 610.000 t e 50.000 t como reserva indicada que, ao lado de outras ocorrências menores, perfazem uma reserva aproximada de 1.500.000 t.

Os jazimentos apresentam grande homogeneidade e baixa taxa de impurezas. A análise química da rocha mostra a sua boa qualidade como matéria prima industrial, atendendo perfeitamente as especificações requeridas pela indústria cimenteira, e equiparando-se em qualidade à gipsita produzida no Nordeste.

9.6. Calcários

Na bacia do Maranhão, este bem mineral encontra-se associado a várias unidades estratigráficas, ocorrendo normalmente sob a forma de camadas estratiformes e lenticulares de pequena espessura, raramente ultrapassando 3.m e quase sempre apresentando intercalações de pelitos e silexitos, recobertos, na maioria das vezes, por espesso capeamento, o que dificulta sua exploração econômica. Todavia, já existem, em escala reduzida, explorações desses calcários, ao longo de toda a bacia, sobretudo para corretivo de solos, cal e indústria cimenteira.

Na área em estudo, os calcários estão associados às formações Poti, Piauí, Pedra de Fogo e Motuca.

Na Formação Poti os calcários são geralmente de cor creme ou avermelhada e ocorrem em níveis extremamente delgados. Já na Formação Piauí, os calcários são predominantemente dolomíticos e subordinadamente calcíticos e formam leitões descontínuos mais possantes, porém, raramente ultrapassando 2 m de espessura, conforme observado nas proximidades de Goiatins. Neste local, apresentam-se laminados com intercalações de sílexito, coloração rósea, bastante argilosos, criptocristalinos e/ou microcristalinos. Poderão ser utilizados para corretivo de solos naquela micro região.

Todavia, os calcários são mais frequentes na Formação Pedra de Fogo, onde ocorrem em finas e esparsas intercalações ao longo da sequência média a superior da formação e em camadas mais espessas na sua porção média a inferior. Em ambos os casos, ocorrem sempre intercalados com níveis e nódulos de sílex, pelitos e arenitos finos, exibindo espessuras nunca superiores a 3 m, sendo mais comuns as camadas de ordem de 1 m. Segundo as análises efetuadas, trata-se de calcários dolomíticos ou mesmo de dolomitos de cores variadas, predominando o cinza, creme e róseo-avermelhado, praticamente criptocristalinos e localmente microcristalinos.

Afloram, em maior escala, ao longo dos rios Itapicuru, Sereno, Vermelho e Manoel Alves Grande, bem como nas escarpas alinhadas norte-sul da Formação Pedra de Fogo, nas folhas Nova Olinda e Araguaína. Como ocorrências mais expressivas citam-se os pontos JV-07, 08, 10 e 80, JM-67 e 71 e GM-08, 19 e 40.

Finalmente, os calcários da Formação Motuca, as

sociados a evaporitos, são muito restritos, não apresentando ocorrências com expressão econômica, restringindo-se a pequenos níveis dentro desta sequência.

O aproveitamento econômico dos calcários na área é bastante comprometido, não só pelas pequenas reservas como ainda pela presença de grande quantidade de níveis e nódulos de sílex. No entanto, pela sua situação geográfica, podem ser utilizados localmente em pequena escala como corretivo de solos e na fabricação de cal de baixa qualidade.

9.7. Diamante

As ocorrências de diamante que foram detectadas na área do projeto, restringem-se a depósitos aluvionares encontrados nos leitos e margens dos rios, em profundidades variáveis, com uma distribuição irregular e descontínua, em armadilhas naturais, uma vez que sua deposição é controlada principalmente, pela perda de capacidade de transporte dos rios.

No rio Tocantins (ponto JM-10), na região de Carolina, são encontrados diamantes e ouro, em "placers" aluviais restritos, associados a quartzo, corindon e grana da. O cascalho diamantífero é constituído por uma mistura de seixos, areias e argila ferruginosa, além dos minerais pesados que comumente acompanham o diamante, denominados "satélites" ou "formas".

Neste local o cascalho diamantífero apresenta uma espessura de 3 metros e prolonga-se continuamente por uma superfície de 2 por 5 quilômetros. A exploração deste cascalho está sendo feita ainda por métodos rudimentares,

usando-se, principalmente, desmonte braçal e concentração em peneiras manuais.

Nos ribeirões Arraias e Gameleira (pontos GM-74 e GM-76), na Folha Nova Olinda, foram cadastradas duas ocorrências de diamante em aluviões restritas, capeadas por solos arenosos de espessura em torno de 2 metros, que passam inferiormente para cascalhos rudáceos, com uma espessura de aproximadamente 2 metros, constituídos sobretudo por fragmentos de sílexito e quartzo, com matriz areno-argilosa.

Tal como acontece no garimpo do rio Tocantins, nesta região a exploração do diamante é efetuada unicamente por garimpeiros, que utilizam processos rudimentares, tradicionalmente conhecidos como "catas" (Foto 17).

Também foram encontrados garimpos abandonados na fazenda São Paulo, Folha Nova Olinda.

Outras ocorrências são citadas pela bibliografia e embora não tenham sido observadas em campo é provável que nos afluentes da margem direita do rio Tocantins existam outros depósitos semelhantes ao do ponto JM-10, haja em vista que em diversos pontos do rio Tocantins e afluentes foram observados depósitos aluvionares, em tudo semelhantes ao garimpo do ponto JM-10.

9.8. Ouro

A única ocorrência aurífera cadastrada na área, situa-se em aluviões do rio Tocantins, no ponto JM-10, fazenda Aprazível, município de Goiatins, Folha Palmeirante. O ouro é encontrado juntamente com o diamante, quartzo, corindon, granada e minerais pesados, associados a depósitos naturais de cascalho, situados nos terraços aluviais. Os

terraços apresentam uma distribuição irregular e contínua por área de aproximadamente 5 km e espessura média de 3 m, constituídos por uma mistura de seixos, areias, argila e minerais pesados.

Os terraços com cascalheiras, assentam sobre os sedimentos da Formação Pedra de Fogo, representados por siltitos e calcários esbranquiçados, intercalados por níveis decimétricos de folhelho cinza-escuro a negro, oleígeno, contendo bolas de argila por vezes piritosas.

O ouro é muito fino, de formato lamelar, ocorrendo em vários pontos da aluvião, com uma produção de poucas pintas por bateia.

A exploração é feita utilizando-se exclusivamente os métodos tradicionais, como "bateia", "catas" e bica canadense rudimentar.

Outra ocorrência mencionada pela população da região, situa-se na área do antigo garimpo da Gostosa, hoje abandonado, localizado no córrego Grotão, na Folha Ananás.

LIMA e LEITE (op. cit.) recomendam pesquisa para ouro no rio do Sono, próximo à confluência com o rio Tocantins e no próprio rio Tocantins nos terraços aluviais e nos afluentes da margem direita.

O Projeto Araguaia associa ocorrências de ouro aos xistos piritosos do Super Grupo Baixo Araguaia, recomendando, para investigações, as aluviões dos rios Araguaia e seus afluentes Xambioá, Lontra, Muricizal, Cunhãs e Piranhas.

Na Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo está citado o rio Tocantins em toda a sua extensão, como uma área prospectável para ouro aluvionar.

Embora tenham sido executadas algumas bateadas

nas aluviões ao longo dos rios Manoel Alves Grande e Sereno, não foi detectada, neste trabalho, a presença de ouro nestes locais.

10. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O objetivo dos trabalhos levados a efeito pelo projeto, foi o de estudar e concluir sobre a existência ou não de condições paleoambientais favoráveis à deposição e acumulação de carvão. A partir desta premissa, e com base nos resultados alcançados, consegue-se fornecer uma expressiva contribuição à geologia da região, bem como chegar as seguintes conclusões e recomendações:

a) Pela análise e interpretação dos dados geológicos coletados, foi possível concluir-se que as condições paleogeográficas, paleoclimáticas e tectônicas reinantes na época da deposição dos sedimentos Permo-Carboníferos na área do projeto, não foram favoráveis à deposição de carvão em acumulações economicamente exploráveis.

As ocorrências encontradas são constituídas por finos leitões de material carbonoso, por vezes contendo lenticulas de linhito com elevado teor de cinzas.

Nesta conformidade, não se recomenda a realização de novos estudos visando a prospecção deste bem mineral na área.

b) Através dos trabalhos realizados foi também possível determinar, pela primeira vez, o posicionamento estratigráfico das madeiras fossilizadas "Psaronius", existentes na Formação Pedra de Fogo.

c) Os folhelhos oleígenos existentes na área, dada a sua esparsa distribuição, pequeno volume e ocorrência em corpos lenticulares, não constituem jazidas, não sendo viável o seu aproveitamento econômico.

d) A turfa, além de ser encontrada somente em

pequenas acumulações, contém elevada percentagem de matéria mineral, tornando inviável o seu aproveitamento tanto como bem energético como para fins agrícolas.

e) A gipsita, pelas suas características de pureza, volume e proximidade do mercado consumidor é o bem mineral de maior potencialidade econômica encontrado na área do projeto. Poderá substituir com vantagem a gipsita importada do nordeste, cujo preço é substancialmente onerado pelo transporte.

Uma vez que já existem estudos de viabilidade econômica, impõe-se agora o desenvolvimento de um programa exploratório para a gipsita e anidrita da área, o que além de trazer grandes benefícios sociais para a região, também favorecerá as indústrias que utilizam este bem mineral.

f) Os calcários apresentam-se normalmente sob a forma de camadas estratiformes e lenticulares de pequena espessura, ficando por isso bastante comprometido o seu aproveitamento econômico.

No entanto, tendo em vista que os solos da região são pobres e geralmente ácidos, justificar-se-ia o desenvolvimento de um programa prospectivo visando o seu aproveitamento em pequena escala na agricultura, como corretivo de solos.

g) As ocorrências de ouro e diamante associados, detectadas nas aluviões do rio Tocantins, merecem estudo mais detalhado, visando a delimitação e exploração dos cascalhos mineralizados.

h) Quanto aos aspectos estratigráficos, recomenda-se a execução de mapeamento de detalhe juntamente com a reavaliação dos dados de geoquímica do PGBC, na faixa de

ocorrência das rochas pré-cambrianas, visando sua melhor de
finação e avaliação do potencial econômico.

i) Embora não pertença ao âmbito do projeto, abordamos aqui pela sua importância, o problema do desmata
mento predatório que se vem verificando na região, com a des
truição de extensas áreas de babaçu, para a ocupação agro
-pastoril.

Este desmatamento além de provocar a devasta
ção da floresta amazônica, vem causando problemas sociais,
pois, grande parte da população pobre da região, vive da ex
ploração do babaçu.

11. BIBLIOGRAFIA

- ABREU, F.A.M. - O super grupo Baixo Araguaia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30, Recife, 1978. Anais do ... Recife, Soc. Bras. Geol., 1978. v. 2, p. 539-545.
- AGUIAR, G.A. - Reconhecimento geológico ao longo do rio Tocantins, entre Porto Nacional e Pedro Afonso. Belém, PETROBRÁS, 1961. 35 p. il (PETROBRÁS. Relatório Técnico, 170).
- AGUIAR, G.A. - Bacia do Maranhão: geologia e possibilidades de petróleo. Rio de Janeiro, PETROBRÁS, 1969. 55 p. il. (PETROBRÁS. Relatório Técnico, 371).
- AGUIAR, G.A. - Revisão Geológica da bacia paleozóica do Maranhão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 25, São Paulo, 1971. Anais do ... São Paulo, Soc. Bras. Geol. 1971. v. 3, p. 113-122.
- ALBUQUERQUE, O.R. de & DEQUECH, V. - Contribuição para a geologia do Meio-Norte, especialmente Piauí e Maranhão, Brasil. In: CONGRESSO PANAMERICANO ENGENHARIA DE MINAS E GEOLOGIA, 2, Rio de Janeiro, 1946. Anais do ... Rio de Janeiro, 1950. v. 3, p. 69-109.
- ALMARAZ, J.S.V. & FORMOSO, M.L.L. - Contribuição ao ambiente da Formação Pirabas - mineralogia de argilas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 25, São Paulo, 1971. Anais do ... São Paulo, Soc. Bras. Geol., 1971. v. 2, p. 247-265.
- ALMEIDA, F.F.M. de - Origem e Evolução da Plataforma Brasileira. Rio de Janeiro, DNPM, DGM, 1967. il., mapas (Boletim, 241).
- ANDRADE, S.M. - Geologia do Sudeste de Itacajá, Bacia do Parnaíba (Estado de Goiás). (tese de Doutorado, Geólogo, Escola de Engenharia de São Carlos da U.S.P.) São Carlos, |s. ed. | 1972. il.
- ASMUS, H.E. & PORTO, R. - Classificação das bacias sedimentares brasileiras segundo a tectônica de placas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 26, Belém, 1972. Anais do ... Belém, Soc. Bras. Geol., 1972. v. 2, p. 67-90.
- BARBOSA, O. & GOMES, F. de A. - Carvão Mineral na Bacia Tocantins-Araguaia. Rio de Janeiro, DGM, 1957 (Boletim, 174).

- BARBOSA, O. et alii - Geologia estratigráfica estrutural e econômica da área do Projeto Araguaia. Rio de Janeiro, DNPM, 1966, 94 p. (Monografias, 19).
- BARRABÉ, & FEYS, R. - Geologia do Carvão. Trad. por EQUICAR/DEPEM, Rio de Janeiro, CPRM, 1976. 165 p. (EQUICAR nº 1).
- BIGARELLA, J.J. et alii - Paleogeographical fractures of the Serra Grande and Pimenteiras Formation (Parnaíba Basin, Brasil). In: Chemical Geology. Amsterdam, Elsevier Publishing, 1965. p. 258-297.
- BLANKENNAGEL, R.K. - Geologia report on the southeastern of the Maranhão basin. Rio de Janeiro, PETROBRÁS-RENOR, 1954, 53 p. il. (PETROBRÁS. Relatório Técnico, 44).
- BLANKENNAGEL, R.K. - Geological summary and ground water potential of eastern margin of the Maranhão basin - covering the State of Piauí and a small portion of the state of Ceará. Rio de Janeiro, PETROBRÁS, 1962. 27 p. it. (PETROBRÁS. Relatório Técnico, 1602).
- BRAUN, O.P.G. - Contribuição à geomorfologia do Brasil Central. Rio de Janeiro, Rev. Bras. de Geografia, Fundação IBGE, 1971. (Revista, 3).
- BRASIL. DNPM. Projeto RADAM - Folha SB.23 TERESINA e parte da Folha SB.24. JAGUARIBE; geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1973. p. irr. il. (Levantamento de recursos naturais, 2).
- BRASIL. DNPM. Projeto RADAM - Folha SB.22 ARAGUAIA e parte da Folha SC.22 TOCANTINS; geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1974. p. irr. il. (Levantamento de recursos naturais, 4).
- BRASIL. DNPM. Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo. Folha TOCANTINS (SC.22). Brasília, 1975. 57 p. il.
- BRITO, I.M. & SANTOS, A.S. - Contribuição ao conhecimento dos microfósseis silurianos e devonianos da Bacia do Maranhão: Os Netromorphitae (leiofusidae). Rio de Janeiro, DNPM, 1965. 129 p. Notas Prel. e Est.
- CAMPBELL, D.F. - Estados do Maranhão e Piauí. In: BRASIL. Conselho Nacional do Petróleo. Relatório 1948. Rio de Janeiro, Cons. Nac. Pet., 1949. p. 68-74. il.
- CAMPBELL, D.F. et alii - Relatório Preliminar sobre a geologia da Bacia do Maranhão. Rio de Janeiro, CNP, 1949. 160 p. il. (Boletim, 1).

- CAMPOS, C.W.M. - Estratificação das bacias paleozóicas e cretáceas do Maranhão. Bol. Téc. da PETROBRÁS. Rio de Janeiro, 7 (2) abril/junho, 1964. p. 137-164.
- CAPUTO, M.V. et alii - Litoestratigrafia da Bacia do Amazonas. PETROBRÁS. Rel. int. RENOR nº 641-A, 1972.
- CAROZZI, A.V. et alii - Análise ambiental e evolução tectônica Sinsedimentar da Seção Siluro - Eocarbonífera da Bacia do Maranhão. Rio de Janeiro, PETROBRÁS, 1975.
- CARVÃO: definição, formação, propriedades químicas, propriedades físicas, gaseificações, liquefação e recursos mundiais. Trabalhos compilados pela EQUICAR/DEPEM. Rio de Janeiro, CPRM, 1976. 124 p. (EQUICAR, nº 3).
- CASTELNAU, F. de - Expédition dans les parties centrales de l'Amérique du Sud, de Rio de Janeiro à Lima, et de Lima au Pará, exécutée par l'ordre du Gouvernement Français, pendant les années 1843 à 1847, sous la direction de Francis de Castelnau. P. Bertrand. Paris, 1949.
- CASTER, K.E. - Stratigraphic and paleontologic data relevant to the problem of Afro-American Ligation during the Paleozoic and Mesozoic. Amer. Mus. Nat. Hist., Bull, Vol. 99, art. 3, pp. 105-152, 16 figs. 1952.
- CORREIA FILHO et alii - Projeto Prospeção de Carvão Energético nas Bordas Norte e Oeste da Bacia do Paraná - Áreas I, II e III - Relatório Final. Goiânia, DNPM/CPRM, 1981.
- COSTA, J.B.S. - Estratigrafia da Região de Colméia, GO, In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31, Balneário de Camboriú, 1980. Anais do ... Balneário de Camboriú, Soc. Bras. Geol., 1980. v. 2. p. 720-728.
- CRUZ, W.B. da et alii - Projeto Carvão da bacia do Parnaíba; relatório de progresso das etapas 2ª e 3ª. Recife, DNPM/CPRM, 1973. 2 v. il.
- CUNHA, F.M.B. da & CARNEIRO, R.G. - Interpretação fotogeológica do centro-oeste da bacia do Maranhão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 26, Belém, 1972. Anais do ... Belém, Soc. Bras. Geol., 1972. v. 3, p. 65-79.
- DA COSTA, L.A.M. et alii - Projeto Leste do Tocantins/Oeste do Rio São Francisco. Relatório Final. |s. il. | DNPM/CPRM/PROSPEC, 1976. 11 v. il.
- DUARTE, A. - Fósseis da sondagem de Therezina, Estado do Piauí. Rio de Janeiro, Serv.Geol. Miner. do Brasil. 1936. (Notas preliminares e estudos, 2).

- ERICHSEN, A.I. - Pesquisas de carvão no Estado do Piauí. Mineração Metalurgia, 11 (62): 91-92, 1946.
- FARIA JR., L.E. do C. & TRUCKENBRODT, W. - Estratigrafia e petrografia da Formação Pedra de Fogo - Permiano da Bacia do Maranhão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31, Balneário de Camboriú; 1980. Anais do ... Balneário de Camboriú, Soc. Bras. Geol., 1980. v. 2. p. 740-754.
- FERREIRA, E.O. - Carta tectônica do Brasil, DNPM, Rio de Janeiro, Bol. 1, p. 16, 1972.
- GEBRIM, E. - Geologia e aproveitamento econômico dos depósitos gipsíferos de Filadélfia (GO). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28, Porto Alegre, 1974. Anais do ... Porto Alegre, Soc. Bras. Geol., 1974. p. 185-196.
- GEIGER, P.P. - Geomorfologia (grande região centro-oeste) BCNG, Rio de Janeiro, n. 1160, v. 2, cap. 1, p. 58, 1960.
- GOMES, E.M.A. - Carvão, Estado do Piauí. Brasil. DNPM.DFPM. Boletim 75: 41-47, 1945.
- GOMES, F. de A. - Estados do Maranhão e Piauí. In: BRASIL. Conselho Nacional do Petróleo. Relatório de 1947. Rio de Janeiro, Cons. Nac. Pet., 1948. p. 71-78.
- GUIDICINI, G. & CAMPOS, J.O. - Notas sobre a morfogênese dos derrames basálticos. Soc. Bras. Geol., B., São Paulo, 17(1): 15-28, 1968. il.
- HASUI, Y, et alii - Idades K-Ar do Pré-Cambriano da Região Centro-Oeste do Brasil. São Paulo, Inst. Geoc. Univ. São Paulo, 1975, p. 77-83 (Boletim IG. 6).
- HASUI, Y. et alii - Estratigrafia da Faixa de Dobramentos Paraguai-Araguaia no Centro-Norte do Brasil. São Paulo, Inst. Geoc. Univ. São Paulo, 1977, p. 107-108. (Boletim IG. 8).
- HASUI, Y. et alii - Evolução estrutural da região de Colméia -GO. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31, Balneário de Camboriú, 1980. Anais do ... Balneário de Camboriú, Soc. Bras. Geol., 1980. v. 5 p. 2648-2658.
- KEGEL, W. - Contribuição para o estudo do devoniano da bacia do Parnaíba. Rio de Janeiro, DNPM, 1953. 48 p. il. (Boletim, 141).
- KEGEL, W. - Lamelibrânquios da Formação Poti: Carbonífero Inferior do Piauí. Rio de Janeiro, DNPM. 1954, 14 p. (Notas preliminares e estudos, 88).

- KEGEL, W. - As inconformidades na bacia do Parnaíba e zonas adjacentes. Rio de Janeiro, DNPM, 1956. 59 p. il. (Boletim, 160).
- KEGEL, W. - Carvão no Maranhão. Brasil. DNPM. DFPM. Boletim, 104: 80-82, 1962.
- KEGEL, W. - Rastos do devoniano da bacia do Parnaíba. Rio de Janeiro, DNPM, 1966. 33 p. (Boletim, 233).
- KING, L.C. - A geomorfologia do Brasil Oriental. Revista Brasileira de Geografia, 18(2): 148-265, abr./1956.
- KÖPPEN, W. - Climatologia. 2 ed. México-Buenos Aires, Fondo de Cultura Económica, 466 p. 1948. il.
- LIMA, E. de A.M. & LEITE, J.F. - Projeto Estudo Global dos Recursos Minerais da Bacia Sedimentar do Parnaíba; Relatório Final da Etapa III. Recife, CPRM/DNPM, 1978. 16 v. il.
- LINDENMAYER, Z.G. & LINDENMAIER, D.H. - Borda Sudoeste da Bacia do Maranhão. Problemas para compilação da carta geológica do Centro-Oeste. Goiânia, DNPM. 1971. (inédito).
- LISBOA, M.A.R. - The permian geology at northern Brazil. Am. Jour. Sc., 37 (221): p. 425-443, 1914.
- LOEFGREN, A. - Reconhecimento geológico nos rios Tocantins e Araguaia. Rio de Janeiro, Serv. Geol. e Miner., Brasil, 1936, 60 p. il. (Boletim, 80).
- LUDWING, G. - Nova divisão estratigráfica e correlação faciológica por meio de pequenas estruturas internas dos sedimentos silurianos e devonianos na Bacia do Médio Amazonas. Rio de Janeiro, PETROBRÁS, 1964. 55 p. (Ciência-Técnica - Petróleo 1).
- LUZ, A.A. & MENDONÇA, W.R. - Estudo especial da Bacia do Maranhão; partes I e IV. São Luís, PETROBRÁS, Relatório Técnico, 1971).
- MATTOS, R.J. da C. - Itinerário do Rio de Janeiro ao Pará e Maranhão, pelas províncias de Minas Gerais e Goyaz e dos roteiros desta província às de Matto Grosso e São Paulo. Rio de Janeiro |s. ident.| 2 v., 1836.
- MEDEIROS, R.A. et alii - Facies Sedimentares - Análise e Critérios para o Reconhecimento de Ambientes Depositionais. Ciência-Técnica-Petróleo, Rio de Janeiro, 1971. Publicação nº 5.

- MENDES, J.M. & BORTOLLUZZI, C.A. - Mapeamento Regional da Baía do Maranhão - Piauí (Parnaíba). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28, Porto Alegre, 1974. Anais do ... Porto Alegre, Soc. Bras. Geol., 1974. v. 7 p. 261-271.
- MESNER, J.C. & WOOLDRIDGE, L.C. - Estratigrafia das bacias paleozóica e cretácea do Maranhão. Rio de Janeiro, PETROBRÁS, Boletim Técnico 7 (2): p. 137-164, abr./jun. 1964.
- MIURA, K. & BARBOSA, J.C. - Geologia da plataforma continental do Maranhão, Piauí, Ceará e Rio Grande do Norte In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 26, Belém, 1972. Anais do ... Belém, Soc. Bras. Geol., 1972. v. 2 p. 57-66.
- MONTALVÃO, R.M.G. - Litoestratigrafia do Grupo Araxá (Grupo Estrondo) e Grupo Tocantins. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30, Recife, 1978. Anais do ... Recife, Soc. Bras. Geol., 1978. v. 2, p. 649-660.
- MOORE, B. - Geological reconnaissance of the southwest of the Maranhão basin. Belém, PETROBRÁS, 1963. 79 p. il. (PETROBRÁS. Relatório Técnico, 210).
- MORAES REGO, L.F. de - Notas Geográficas e Geológicas sobre o rio Tocantins. Belém, Museu Goeldi, 1933. p. 271-288. (Boletim IX).
- MULLER, H. - Resultados palinológicos de amostras dos sedimentos devonianos e silurianos da bacia do Maranhão e da bacia Amazônica, examinadas durante os meses de janeiro até julho 1964. Rio de Janeiro. PETROBRÁS - 1964. (PETROBRÁS. Relatório Técnico 784).
- NAHASS, S. - Relatório de viagem ao flanco oeste da Baía do Parnaíba. Rio de Janeiro, CPRM, 1976. 12 p. il. (CPRM. Relatório Técnico Interno).
- NIMER, E. - Clima. In: Geografia do Brasil - Região Centro-Oeste. Rio de Janeiro, Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, p. 35-55. 1977.
- NORTHFLEET, A.A. & NEVES, S.B. - Semi-detache da região SW de Balsas. Belém, PETROBRÁS, 1967. 60 p. il. (PETROBRÁS. Relatório Técnico, 259).
- OJEDA, H. & PERILO, I.A. - Bacia do Maranhão geologia do sudoeste de Carolina. Rio de Janeiro, PETROBRÁS, 1967. 59 p. il. (PETROBRÁS, Relatório Técnico, 270).
- OLIVEIRA, A.I. & LEONARDOS, O.H. - Geologia do Brasil. 1ª edição. Rio de Janeiro. [sem ed.], 1940. 472 p. il.

- PAIVA, G. de & MIRANDA, J. - Carvão Mineral do Piauí. Rio de Janeiro, DNPM, 1937, 92 p. il. (Boletim, 20).
- PENTEADO, M.M. - Fundamentos de geomorfologia. Rio de Janeiro, IBGE, 1974. 158 p. il., 27 cm (Biblioteca Geográfica Brasileira, Série D. Publicação nº 3).
- PERILLO, I.A. & NAHASS, S. - Semi-detálhe do sudoeste de Pedro Afonso. Rio de Janeiro, PETROBRÁS, 1968. 40 p. il. (PETROBRÁS. Relatório Técnico 2991).
- PETROLOGIA DO CARVÃO; trabalhos compilados pela EQUICAR/DEPEM. Rio de Janeiro, CPRM, 1976. 47 p. (EQUICAR, nº 2).
- PETTIJOHN, F.J. - Sedimentary Rocks. x + 526 p. Harper & Brothers. New York. 1949.
- PLUMMER, F.B. - Estados do Maranhão e Piauí. In: BRASIL. Conselho Nacional de Petróleo. Relatório de 1946. Rio de Janeiro, Cons. Nasc. Pet., 1948, p. 87-134.
- PRICE, L. - Um anfíbio labirintodonte da Formação Pedra de Fogo, Estado do Maranhão. Rio de Janeiro, DNPM 1948. 32 p. (Boletim, 124).
- PUTY, C.O.F. et alii - Projeto Marabá. Relatório Integrado. CPRM/DNPM, 1972. v. 1, il.
- REZENDE, W.M. de - Bacia do Maranhão; estudo dos processos de intrusões e extrusões de magmas básicos. Rio de Janeiro, PETROBRÁS, 1964. 29 p. il. (PETROBRÁS, Relatório Técnico, 228).
- RIBEIRO, C.C. e DARDENE, M.A. - O minério de ferro da Formação Pimenteiras na borda sul da Bacia do Maranhão (Goiás). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30, Recife, 1978. Anais do ... Recife, Soc. Bras. Geol., 1978. v. 4, p. 1583-1588.
- ROBERTS, V.D. - Cretáceo and Juro-Triassic Investigations in West - Central Maranhão, PETROBRÁS, 1959 (PETROBRÁS. Relatório Técnico).
- RODRIGUES, R. - Estudo sedimentológico e estratigráfico dos depósitos silurianos e devonianos da bacia do Parnaíba. Belém, PETROBRÁS, 1967. 61 p. il. (PETROBRÁS. Relatório Técnico, 273).
- SAMPAIO, A.V. & NORTHFLEET, A. - Estratigrafia e correlação das Bacias Sedimentares Brasileiras. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 27. Aracaju, 1973, Anais do ... São Paulo. Soc. Bras. Geol., 1973, v. 3, p. 189-206.

SCHOBENHAUS FILHO, C. et alii - Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo - Folha Tocantins. DNPM, DGM, Brasília, 1975.

SMALL, H. L. - Geologia e suprimento d'água subterrânea no Piauí e parte do Ceará. Rio de Janeiro, Publ. Inspectoria Obras Contra Seccas, 1914. 147 p. il.

SOARES, P.C. et alii - Avaliação preliminar da evolução geotectônica das bacias intracratônicas brasileiras, In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28, Porto Alegre. Anais do ... Porto Alegre, Soc. Bras. Geol., 1974. v. 4, p. 61-83.

WINDLEY, B.F. - Paleoclimatology and the Fossil Record. In: _____ - The Evolving Continents. Leicester, John Wiley & Sons Ltd., 1977. 385 p. il. cap. 10 p. 155-170.



FOTO 01 - Aspecto do relevo desenvolvido nas formações Pedra de Fogo, Motuca, Sambaíba e Mosquito. Em primeiro plano observa-se região aplainada onde predominam sedimentos das formações Pedra de Fogo e Motuca. Ao fundo têm-se morros escarpados da Fm-Sambaíba, cobertos por fina camada de basalto (Fm-Mosquito). Proximidades de Carolina-MA.



FOTO 02

Microdobras em xistos do Grupo Estrondo, com desenvolvimento de veios de quartzo paralelos à foliação oeste de Araguaína-GO.



FOTO 03

Arenitos creme a esbranquiçados da porção intermediária da Formação Longá. Folha Palmeirante.



FOTO 04 - Nível de calcário cinza-escuro, intercalado em sil-
titos e folhelhos da Formação Piauí. Margens do
rio Vermelho.



FOTO 05 - Estratificação cruzada planar, de baixo ângulo, em arenitos vermelhos da Formação Piauí. Ponto JM-106.



FOTO 06 - Estratificação cruzada de grande porte, em arenitos friáveis da Formação Pedra de Fogo. Acima dos arenitos ocorrem intercalações de siltitos, margas e silexito.



FOTO 07 - Arenito calcífero da Formação Pedra de Fogo com estruturas esféricas silicificadas, que conferem à rocha aspecto conglomerático. Ponto GM-92, Folha Araguatins.



FOTO 08 - Tronco de árvore silicificado (psaronius), em posição vertical, dentro de arenitos da Formação Pedra de Fogo. Ponto JM-167.



FOTO 09 - Estruturas tipo "dobra em caixa", provenientes de compactação diferencial entre folhelhos negros e calcários da Formação Pedra de Fogo. Ponto JV-10.



FOTO 10

Siltito argiloso, vermelho, sotoposto a arenito feldspático da Formação Motuca. Ponto JM-25.

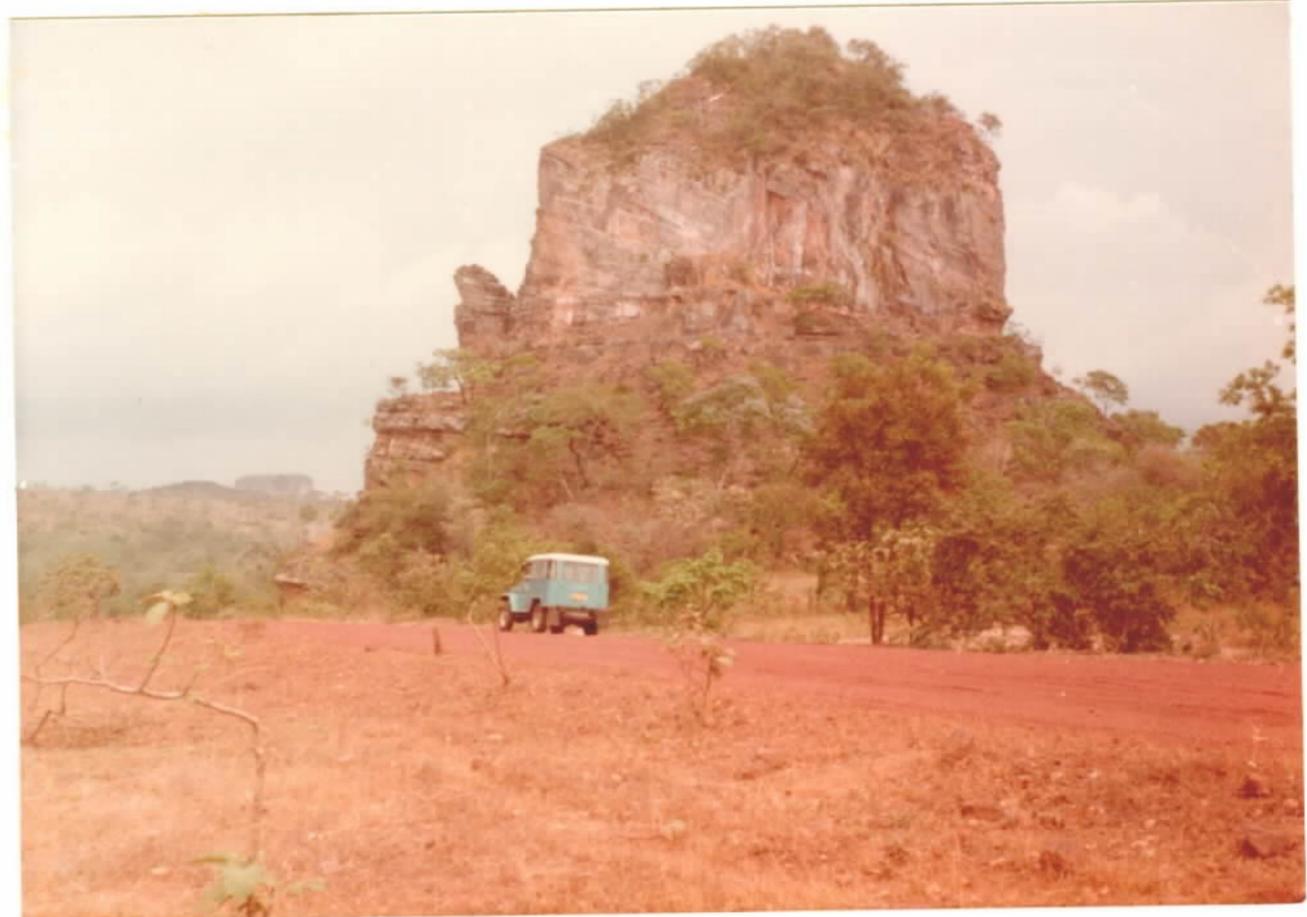


FOTO 11 - Estratificação cruzada planar em arenitos da Formação Sambaíba. Morro da Serrinha, norte de Carolina.



FOTO 12

Lenticúlas de linhi
to intercaladas em
folhelho síltico e
camadas de calcário
da Formação Pedra
de Fogo. Ponto JM-10



FOTO 13

Camada carbonosa lenticular, contendo lenticulas de linhito e siltitos carbonosos, intercalada em arenitos vermelhos da Formação Piauí. Ponto JV-21.

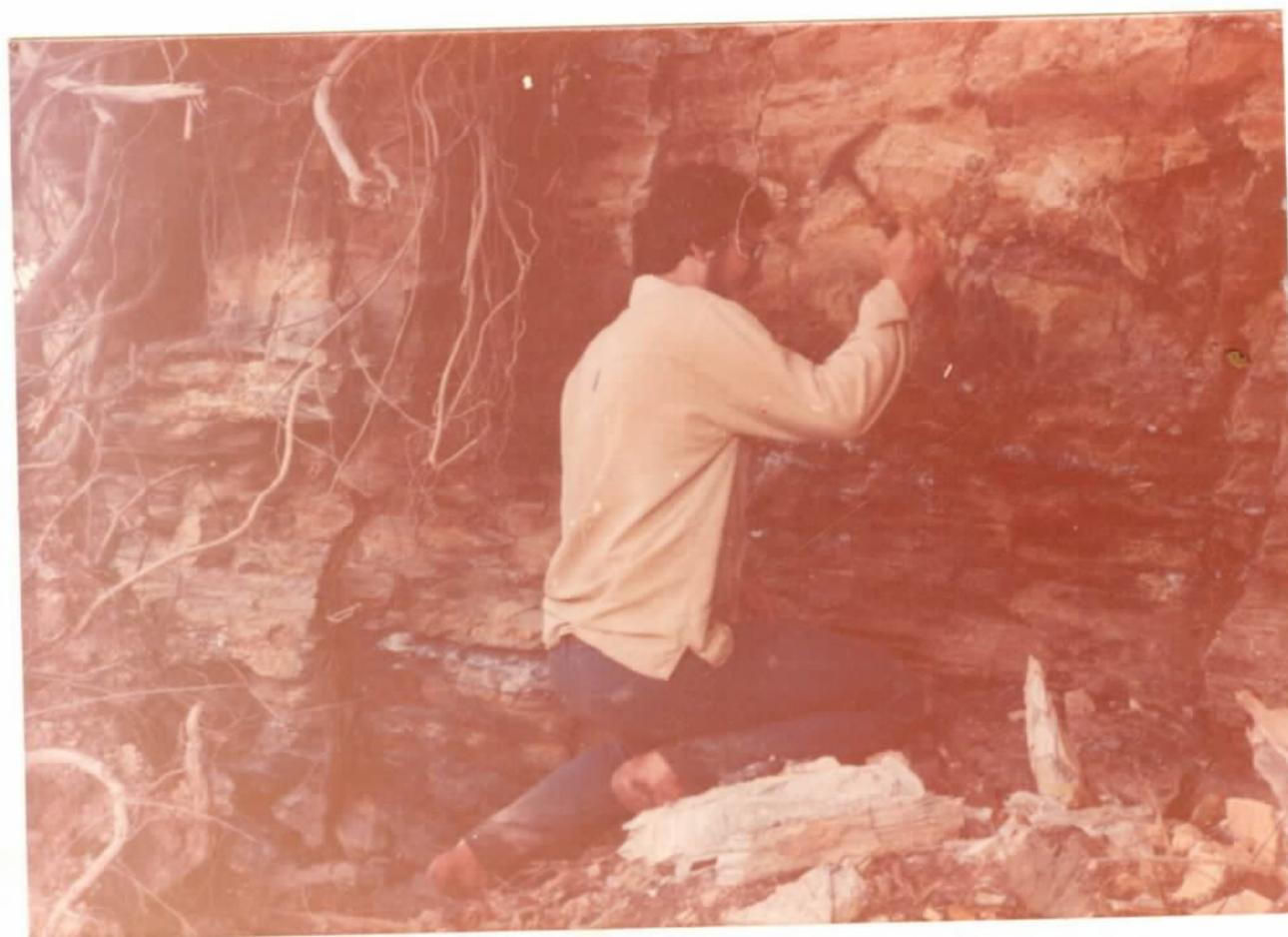


FOTO 14 - Detalhe da camada carbonosa, contendo lenticulas de linhito.



FOTO 15 - Camada lenticular de folhelho oleífero intercalada em siltitos e calcários da Formação Pedra de Fogo. Ponto JV-P-10.



FOTO 16

Camada de gipsita situada na porção superior da Formação Pedra de Fogo. Ponto JM-05.



FOTO 17 - Frente de escavação do cascalho diamantífero no ga-
rimpo Remansão, ribeirão Gameleira. Ponto GM-76.
Folha Nova Olinda.