

**GEOLOGIA DA MARGEM OCIDENTAL  
DA BACIA DO PARNAÍBA (ESTADO DO PARÁ)**

*por*

*KENITIRO SUGUIO*

*VICENTE JOSÉ FULFARO*

*Departamento de Paleontologia e Estratigrafia*

**ABSTRACT**

The Parnaíba sedimentary basin western margin geology in the State of Pará, Brazil, indicates that the present basin margin is of a tectonic origin and not its original depositional limit. The Paleozoic section bearing fine sediments are strongly faulted and is covered by an extensive Cenozoic sedimentation probably the last period of tectonic reactivation. To the north, parallel to the Tocantins river, a thick Quaternary sedimentation covers all the preceding formations reaching colossal thicknesses at the mouth of the Amazon river.

**RESUMO**

A geologia da margem oeste da bacia sedimentar do Parnaíba no Estado do Pará, Brasil, indica que a presente borda da bacia é de origem tectônica e não representa, portanto, o seu limite original de deposição. A seção paleozóica da bacia, constituída de sedimentos finos, é fortemente falhada e recoberta por uma sedimentação cenozóica extensiva, que provavelmente representa o último período de reativação tectônica. Para o norte, paralelamente ao rio Tocantins, a espessa sedimentação quaternária recobre todas as formações precedentes chegando a colossais espessuras na foz do rio Amazonas.

**INTRODUÇÃO**

A bacia sedimentar do Parnaíba, também conhecida pelos nomes de bacia do Maranhão e do Meio Norte, possui vários trabalhos descrevendo a sua estratigrafia e geologia geral, mas pouca atenção tem sido dada a sua margem oeste a não ser por trabalhos de campo da Petrobrás S/A e, mais recentemente, Compa-

nhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), ao nível geral de reconhecimento. Recentemente ANDRADE (1972) descreveu em detalhe a estratigrafia na região ao sudeste de Itacajá (GO), notando algumas modificações quanto à distribuição litológica das diversas unidades estratigráficas presentes na área.

Nossas observações prendem-se à região abrangida pela Rodovia Transamazônica, do rio Araguaia à Agrovila do Coco Chato e ao longo do rio Araguaia, até a cidade de Xambioá. Ao norte, tendo como referência o rio Tocantins, estudamos uma faixa limitada pela rodovia estadual PA-70 e uma região ao longo do rio Tocantins, de Tucuruí até Belém, Estado do Pará (Figura 1).

Os trabalhos foram desenvolvidos ao nível de reconhecimento da estratigrafia da área, mapeamento geológico e verificação das estruturas tectônicas da região e suas relações com os depósitos sedimentares da bacia do Parnaíba. Tanto quanto possível, foi tentada uma caracterização dos depósitos do ponto de vista de sucessão litológica e também, determinação de suas propriedades granulométricas e mineralógicas para qual um número expressivo de amostras foi coletado.

Os autores agradecem à Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM) as facilidades concedidas para a execução do trabalho.

## ESTRATIGRAFIA

Diversas são as classificações estratigráficas apresentadas para a bacia do Parnaíba. Neste trabalho foram utilizadas as classificações propostas por BARBOSA e outros (1966) e ANDRADE (1972). Na área estão presentes as seguintes unidades estratigráficas:

Formação	Idade
Tucunaré	Neocenozóico
Barreiras (Araguaia)	Neocenozóico
Motuca	Permiano Superior
Pedra de Fogo	Permiano Inferior a Médio
Piauí	Carbonífero Superior
Poti	Carbonífero Inferior

Longá	Devoniano Superior a Carbonífero Inferior
Cabeças	Devoniano Médio a Superior
Pimenteiras	Devoniano Médio
Embasamento Cristalino	Precambriano

O embasamento cristalino na área é dominado por rochas ígneas e metamórficas precambrianas pertencentes ao Escudo do Brasil Central, intensamente dobradas e interdigitadas. Pode ser subdividido em três unidades básicas: Rochas do Complexo Cristalino, Grupo Araxá e Grupo Tocantins. Na área em questão, as unidades sedimentares da bacia do Parnaíba encontram-se frequentemente em contato com os filitos que compõem o Grupo Tocantins.

## Formação Pimenteiras

No trecho Marabá — Araguatins, ao longo da Rodovia Transamazônica, estão as melhores exposições dessa unidade. Ocorre também, em um bloco de falha, na rodovia PA-70 15 km ao sul de seu cruzamento com a Rodovia Transamazônica. No km 80 desta rodovia, uma seqüência de arenitos finos, intensamente limonitizados, intercalados com leitos de espessuras variáveis de arenitos argilosos e siltitos argilosos, caracteriza essas camadas basais dos depósitos devonianos da bacia do Parnaíba. Apresentam por intemperismo cores arroxeadas e esverdeadas e a porcentagem de níveis argilosos aumenta para o topo da unidade, diminuindo também o grau de limonitização. A limonitização desses arenitos é variável, indo de arenitos limonitizados a camadas constituídas praticamente por limonita, como se pode ver pelas colunas das figuras 2 e 3. Refletem em maior ou menor grau níveis argilosos existentes nas próprias camadas de arenito, pois nem sempre encontram-se esses leitos limonitizados em contato com uma camada argilosa.

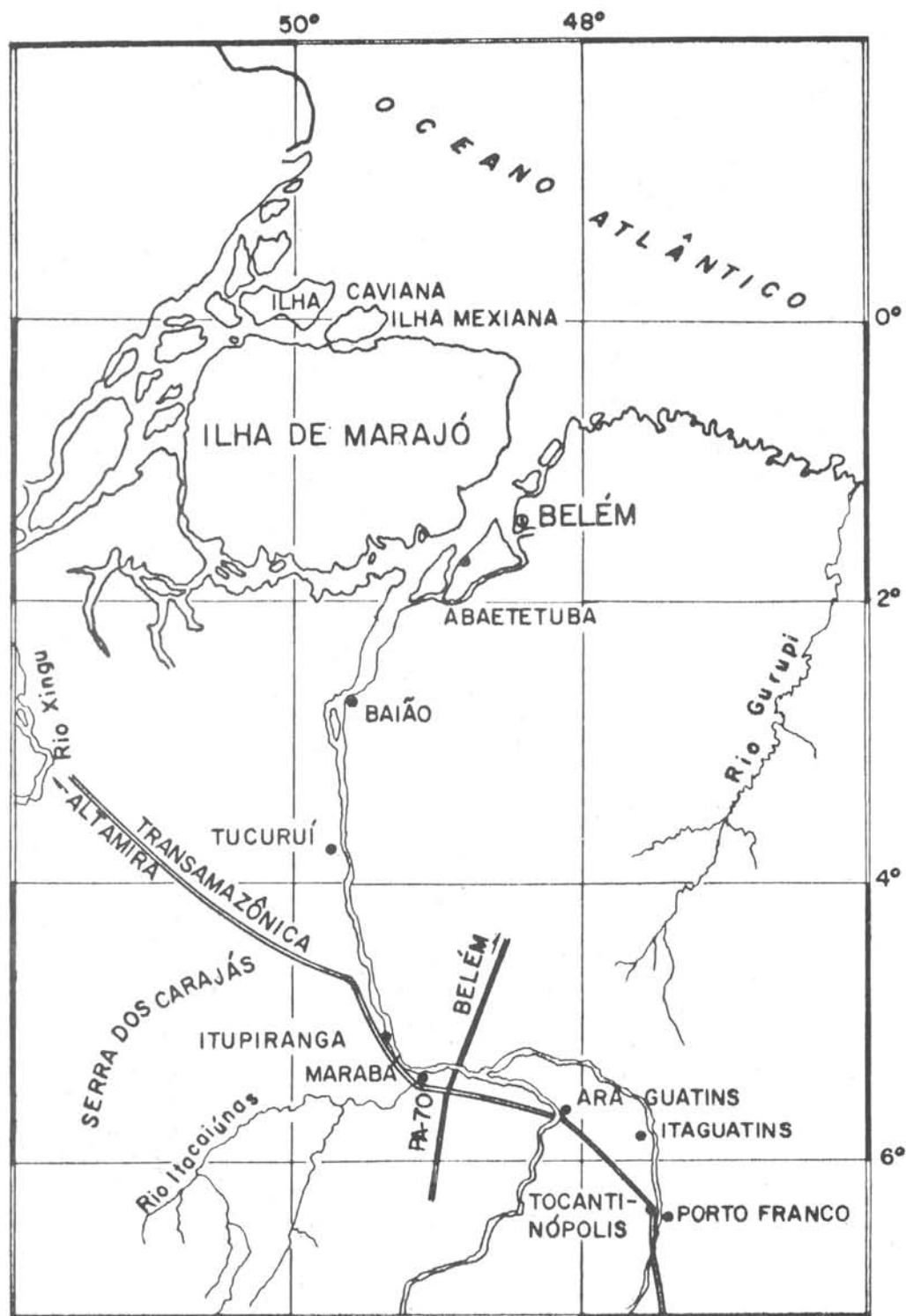
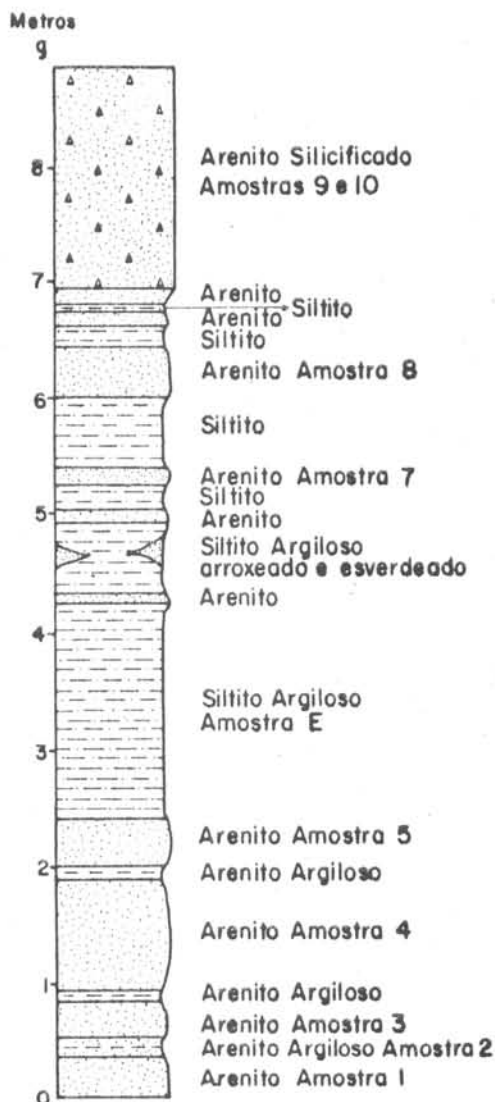


Figura 1 — Região Estudada

Figura 2: Seção colunar de uma seqüência devoniana próxima ao contato com o embasamento cristalino.

Local: Rodovia Transamazônica - 80 km a SE de Marabá



O tipo de sedimentação observado para essas camadas é o rítmico, sucedendo-se níveis arenosos e argilosos. Nem sempre é a litologia perfeitamente definível a esses dois extremos litológicos podendo haver conjugação e níveis de arenitos argilosos sucederem-se a camadas de siltitos arenosos ou com pequenas lentes de arenitos em siltitos predominantemente argi-

losos. Porém, os fatos sugerem um mecanismo de sedimentação com variação periódica do transporte de material ao sítio de deposição. Ocasionalmente, como no km 80 da Rodovia Transamazônica, encontram-se camadas de arenitos silicificados que controlam inclusive a topografia local.

A espessura da Formação Pimenteiras encontrada em perfurações da Petrobrás S/A, é de 426 metros e na área a sua espessura é da ordem de 80 metros. A esse valor deve-se acrescentar o fato de que a Formação Cabeças, unidade estratigraficamente acima, não é perfeitamente definível e provavelmente encontra-se na região, sendo confundida em parte com a própria Formação Pimenteiras.

Figura 3: Seção colunar de uma seqüência sedimentar devoniana em bloco abatido tectonicamente. Local: Rodovia PA-70-26km ao sul do cruzamento com a Rodovia Transamazônica.

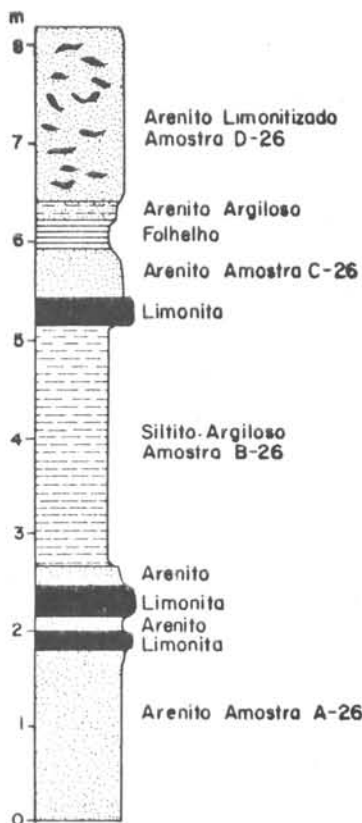
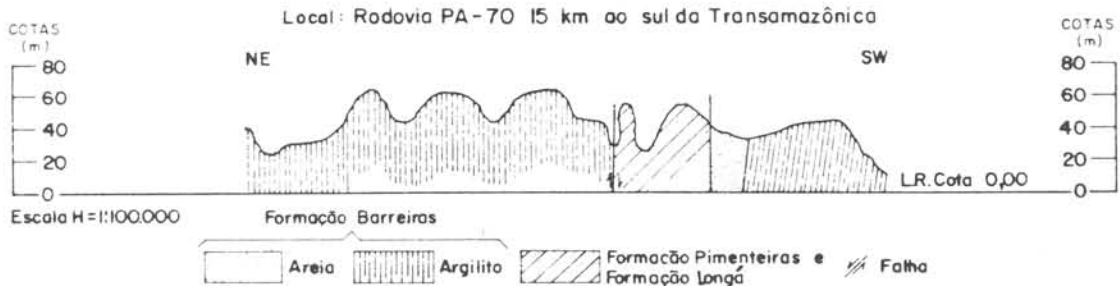


FIGURA 4- PERFIL GEOLÓGICO ESQUEMÁTICO RETIFICADO DE TRECHO DA RODOVIA PA-70, ONDE FOI PRESERVADO UM BLOCO ABATIDO DE SEDIMENTOS DEVONIANOS EMBUTIDOS NO EMBASAMENTO CRISTALINO



O contato dos sedimentos devonianos com o embasamento (Grupo Tocantins) é observável pouco adiante do km 80 da Transamazônica, onde filitos em atitude vertical são sucedidos por arenitos limonitizados e siltitos argilosos arroxeados e esverdeados. A litologia é em geral de granulação fina e o padrão rítmico é aqui também observável, o que nos leva a supor que a pequena espessura dessas camadas devonianas na área não se deve a um acunhamento lateral natural em margem de uma bacia de deposição, mas sim a erosão em uma borda que demonstra um caráter estrutural dominante.

Esse caráter de borda tectônica exibido pelos sedimentos das Formações Pimenteiras e Cabeças é acentuado pela exposição de sedimentos correlacionáveis a essas unidades em bloco falhado isolado das demais unidades sedimentares da bacia, no km 15, a partir da Rodovia Transamazônica para sul, da rodovia PA-70, onde exhibe as mesmas características de sedimentação (Figura 4).

ANDRADE (1972) faz uma boa revisão estratigráfica sobre esta formação, efetuando a sua divisão em vários membros. Sobre a limonitização com formação de solo laterítico, contendo grande quantidade de blocos de canga, admite a sua formação em climas tropicais úmidos e equatoriais, onde a precipi-

tação excede à evaporação, sendo os produtos solúveis levados para o interior do manto intemperizado, pois caso contrário precipitar-se-ia o óxido de ferro na superfície (SUGUIO e BARBOUR, 1969).

Ainda o mesmo autor (ANDRADE, opus cit.) admite como ambiente de deposição dos sedimentos dessa formação, uma zona litorânea de planície de maré. Os siltitos e folhelhos da Formação Cabeças, não individualizada na área estudada, teriam sido depositados em ambientes lagunares e os conglomerados existentes nessa formação seriam o resultado final da ação de correntes de turbidez.

A passagem desses sedimentos para a unidade superior é marcada por camadas de argilitos com pequenas lentes de arenitos e mesmo grãos de quartzo com até 2,50 cm no eixo maior dispersos na seqüência.

#### Formação Longá

É constituída por folhelhos esverdeados, bem estratificados, apresentando a estrutura do tipo *flaser*. Está bem exposta no km 92 da Rodovia Transamazônica no trecho Marabá-Araguatins.

A Formação Longá ocorre somente na

porção ESE da área e sua espessura é da ordem de 50 metros. A espessura máxima dessa unidade na bacia, encontrada em perfurações da Petrobrás S/A, é da ordem de 100 metros.

Segundo ANDRADE (1972) a formação pode ser subdividida em três membros na área a sudeste de Itacajá (GO), com folhelhos e siltitos escuros no inferior, arenito amarelo, micáceo e bastante argiloso no médio e, no superior folhelhos e siltitos cinza escuros passando a arenito na base da Formação Poti. Atribui à formação ambiente deposicional marinho, redutor, porém de águas rasas.

### Formação Poti

É constituída por arenitos esbranquiçados, superficialmente avermelhados, aparentemente selecionados, de granulação fina e média e com níveis conglomeráticos, onde se acham presentes freqüentes bolas de argila (clay balls). Níveis arenosos com maior quantidade de argila, com boa estratificação plano-paralela e estruturas do tipo *flaser*, sucedem os arenitos esbranquiçados no km 101 da Transamazônica. Os contatos entre os dois tipos de litologia são prejudicados, em sua observação, pelo intenso tectonismo que afetou a área, ocasionando mergulhos acentuados nesses sedimentos, como no km 104 da mesma rodovia, onde podem atingir valores de até 12.º. Há no entanto, evidências de estruturas de escavação e preenchimento.

A espessura da Formação Poti na área não ultrapassa 30 metros.

A Formação Poti pode ser dividida em dois membros, um inferior e outro superior. O membro inferior é constituído por arenitos róseo-esbranquiçados, caulínicos, micáceos e geralmente friáveis. O membro superior é formado por folhelhos e siltitos acinzentados, as vezes arroxeados, com intercalações de arenitos róseo-arroxeados. ANDRADE (1972) atribuiu

a espessura de 110 metros a 121 metros para o membro inferior e de 30 a 54 metros para o membro superior. Na região descrita neste trabalho, litologias correlacionáveis aos dois membros sucedem-se em elevações de 30 metros, não sendo, portanto, possível a sua caracterização.

O ambiente de deposição dos sedimentos dessa formação seria marinho de alta energia, possivelmente praia com contribuição deltaica (ANDRADE, 1972).

### Formação Piauí

É caracterizada por lentes de calcários esbranquiçados, mas as vezes cinza escuros, intercalados por siltitos argilosos esverdeados. As lentes de calcário possuem pequena espessura (25 cm em média), mas mostram-se bem individualizadas dentro da formação. Entre os diversos níveis de lentes calcárias, as camadas de siltito variam de espessura entre 15 a 20 centímetros.

Essa é a unidade que apresenta o maior número de ocorrências na área estudada. Seus afloramentos podem ser observados nas margens do rio Tocantins, junto a Marabá; no rio Sororó 4km a montante de sua foz; no rio Itacaiúnas, 25 km a montante de Marabá; no rio Araguaia, na margem oposta a Araguaatins e em Angical; e na rodovia Transamazônica cerca de 110 km a SE de Marabá.

Na margem do rio Itacaiúnas a formação é constituída por arenitos, siltitos calcíferos esverdeados, siltitos avermelhados e uma delgada camada de calcário lenticular. A lente de calcário apresenta uma espessura de 10 centímetros na sua parte mais espessa e todo o conjunto exibe suave estrutura sinclinal.

Ao longo do rio Tocantins, 2 km a juzante de Marabá, a formação é constituída por uma seqüência de siltitos calcíferos aver-

melhados e esverdeados refletindo diferentes estágios de oxidação, com inúmeras concreções calcíferas em vários níveis dos afloramentos, níveis esses, que chegam a atingir até 4 metros de espessura. As concreções calcárias apresentam diâmetros variáveis e as maiores podem atingir até 10 centímetros. Essa localidade é conhecida pelo nome de Inflamável e a seqüência sedimentar exposta acha-se esquematizada na figura 5.

Figura 5: Seção colunar de uma seqüência sedimentar carbonífera no nível de calcários esporadicamente explorados da Formação Piauí Local: Inflamável (Margem esquerda do rio Tocantins, próximo à Marabá)



Um suave anticlinal é a estrutura local, com as camadas apresentando um mergulho do 9.º SW no flanco W. A camada mais espessa de calcário, nesse local, é de 80 centímetros.

Ainda nas margens do Tocantins, no mesmo trecho, encontramos na sua margem direita outra exposição em local conhecido pelo nome de Salame. A seqüência encontra-se fortemente alterada e o nível principal de calcário está encoberto pelas águas do rio, mesmo em épocas de águas relativamente baixas. Nessa localidade encontramos alguns fósseis de braquiópodes da família Productæa.

A Formação Piauí pode ser dividida em dois membros, um inferior, depositado em ambiente continental e outro superior de origem marinha (ANDRADE, 1972). O membro inferior é constituído por arenitos vermelhos, que afloram na localidade de Itacaiúnas e no rio Araguaia defronte de Araguatins. O superior seria constituído por arenitos com intercalação de camadas de folhelhos, siltitos e camadas de sílex. Na região de Marabá, temos sobre os arenitos, as camadas descritas anteriormente, como siltitos e calcários, que não se identificam com a litologia do membro superior, descrita por ANDRADE (1972). A presença de calcários nessa formação é acusada por MESSNER e WOOLDRIDGE (1966, in ANDRADE, 1972) e por BARBOSA e outros (1966).

A espessura da formação na área é da ordem de 30 metros e está freqüentemente coberta por sedimentos da Formação Barreiras nas margens dos rios. A descontinuidade de seus afloramentos pode ser tanto devida a tectonismo semelhante ao anteriormente descrito, que resguardou o bloco de sedimentos devonianos na PA-70, como em virtude do recobrimento dos sedimentos mais novos. Parece não haver dúvida, no entanto, que as exposições dessa formação na região de Marabá não possuem continuidade geográfica com as exposições dessa mesma unidade que ocorrem na Rodovia Transamazônica e ao longo do rio Araguaia. Novamente, aqui, manifesta-se um severo tectonismo comum em bordas de bacias intracratônicas.

A litologia geral da Formação Piauí, na área em estudo, demonstra que condições favoráveis à precipitação de calcário, embora tenham existido, não chegaram a se manifestar de forma a predominar no ambiente de sedimentação. Prova maior desse fato são as inúmeras concreções calcárias distribuídas em diversos níveis da formação. As causas desse fato podem ser variáveis tais como, falta de suprimento de material calcífero ou então,

condições inadequadas a sua precipitação. Somente um estudo detalhado do ambiente de sedimentação dessa formação nos forneceria essa resposta. O fato é que não se devem esperar possantes camadas de calcários dessa formação na região.

### Formação Pedra de Fogo

É constituída por folhelhos arroxeados com níveis de sílex intercalados. Expõem-se esses sedimentos entre os km 111 e 120 da Rodovia Transamazônica a SE de Marabá. A sua espessura máxima na bacia do Parnaíba é de 189 metros, mas na região estudada não ultrapassa 50 metros.

A silicificação dos sedimentos da Formação Pedra de Fogo é epigenética, tendo ANDRADE (1972) proposto o mesmo mecanismo que LANDIM (1970) usou para explicar idêntico processo no Grupo Passa Dois da bacia sedimentar do Paraná. A maior parte da formação é tida como continental e de mar remanescente. ANDRADE (1972) sugere ambiente marinho para toda a formação, apesar da ausência de fósseis marinhos, por causa da constância litológica de suas camadas basais por toda a bacia.

### Formação Motuca

É constituída por arenitos avermelhados com estratificação cruzada. Com espessura máxima de 300 metros no centro da bacia, na região não ultrapassa o valor de 20 metros.

MESSNER e WOOLDRIDGE (in MENDES e PETRI, 1971) acusam uma espessura de 265 metros para esta formação, cujos sedimentos teriam sido depositados em ambiente continental e condições de aridez mais acentuadas do que a Formação Pedra de Fogo. Alguns depósitos de evaporitos (anidrita) e fósseis

(Pleurotomaria), no entanto, sugerem um ambiente de mar remanescente.

A litologia da Formação Motuca por toda a bacia é constituída por arenitos, folhelhos vermelhos, anidritas e calcários. As anidritas da base podem ter entre 3 a 20 metros de espessura e não ocorrem na região estudada.

### Formação Barreiras

Sedimentos pouco ou nada consolidados constituídos por argila de coloração variada, associada a camadas arenosas e níveis sílticos ou conglomeráticos. Essa litologia cobre a maior parte da área norte e nordeste da região estudada. Essas seqüências sedimentares podem se apresentar como areias semi-consolidadas, feldspáticas, conglomeráticas e com estratificações cruzadas. Leitões de argilitos esverdeados estão intercalados na seqüência e são freqüentemente capeados por depósitos limoníticos ou camadas de cascalhos com seixos de sílex (Figura 6).

Essas camadas recobrem, freqüentemente, os depósitos sedimentares mais antigos e ao norte da margem direita do rio Tocantins, formam tabuleiros que se destacam no relevo. Ao longo do próprio rio Tocantins e de seus afluentes, como o rio Itacaiúnas, as camadas terciárias recobrem as rochas mais antigas e estão em contato direto com os aluviões quaternários dos rios. De Marabá em direção a Tucuruí essa extensa deposição terciária aflora até as imediações de Agrovila de Coco Chato, quando entra em contato com filitos pertencentes ao embasamento cristalino.

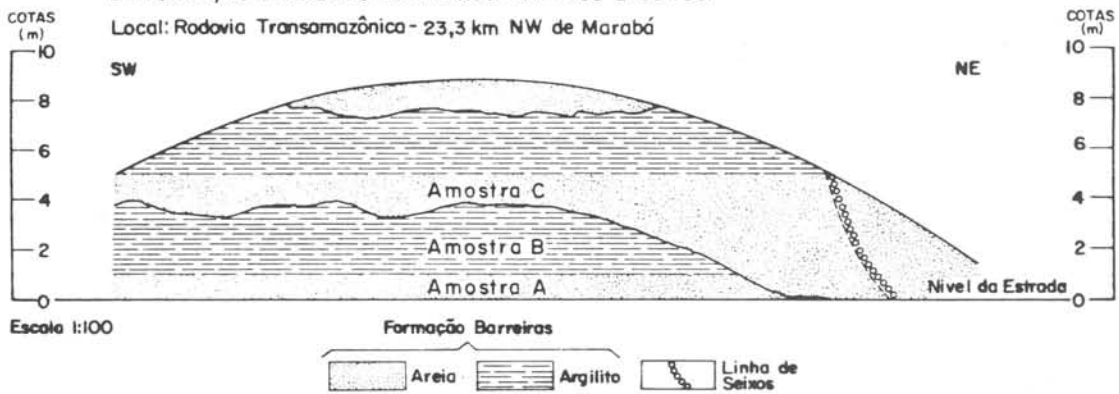
As camadas encontram-se freqüentemente falhadas (figuras 7, 8 e 9), onde os planos de falhas apresentam pequenos rejeitos, parecendo tratar-se de falhas sinsedimentares.

BARBOSA e outros (1966) denominam esse conjunto litológico de Formação Araguaia. AGUIAR (1971) menciona estudos da



FIGURA 6 (ESQUEMA 24) - SEQÜÊNCIA SEDIMENTAR ALTERNADA DE AREIAS E ARGILAS DA FORMAÇÃO BARREIRAS MOSTRANDO CONTATOS EROSIVOS.

Local: Rodovia Transamazônica - 23,3 km NW de Marabá



Petrobrás S/A segundo os quais a Formação Pirabas é uma variação de fácies da Formação Barreiras. SCHALLER e outros (1971), ao descreverem a estratigrafia preliminar da bacia sedimentar da foz do Amazonas (Bacia do Marajó), mostram uma nítida variação de fácies nos sedimentos miocênicos, correlacionáveis às Formações Barreiras e Pirabas (denominadas, respectivamente, Marajó e Amapá).

Na região estudada os sedimentos da Formação Barreiras indicam deposição em meio aquoso e possuem um aspecto geral em tudo semelhante aos depósitos da mesma formação descritos para outros pontos do território nacional, desde que é grande a sua área de

ocorrência. Apresenta todas as características da Formação Gurarapes do Grupo Barreiras segundo CAMPOS e outros (1971).

O tamanho da área de afloramentos correlacionáveis a essa seqüência nos leva a supor que o conhecimento de sua mecânica de deposição, que marca um dado instantâneo da evolução geológica do Brasil, será indispensável para um melhor conhecimento das reativações mais recentes das antigas linhas de falhamento, presentes nas rochas de idade precambriana.

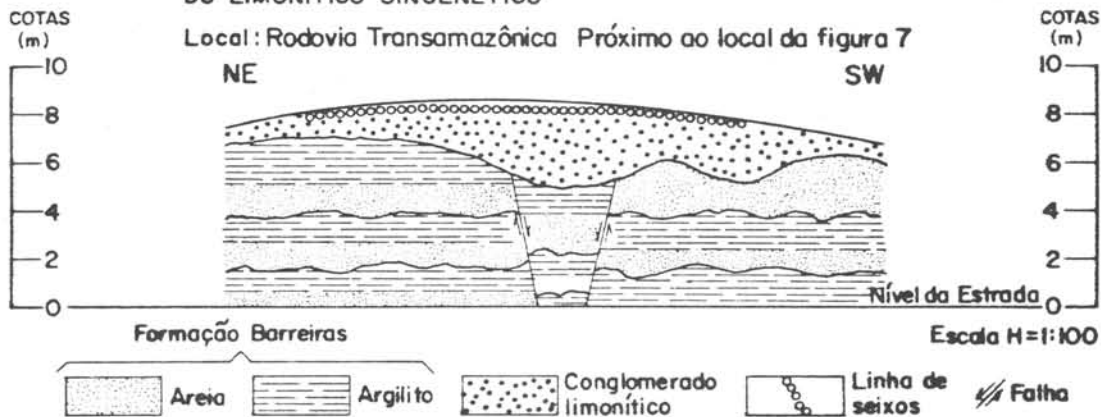
De Tucuruí para o norte, ao longo do rio Tocantins, aflora a Formação Barreiras desde a cidade mencionada até Cametá, quando

FIGURA 7 (ESQUEMA 31) - ALTERNÂNCIA AREIA-ARGILA COM FALHA, NA FORMAÇÃO BARREIRAS, MOSTRANDO TAMBÉM CONTATO EROSIVO ENTRE OS BLOCOS FALHADOS E A SEQÜÊNCIA SUPERIOR.

Local Rodovia Transamazônica - 17,9 km a NW de Marabá



FIGURA 8 (ESQUEMA 33) - PEQUENO BLOCO ABATIDO DE SEQUÊNCIA SEDIMENTAR DA FORMAÇÃO BARREIRAS COM ESTRUTURA DE ESCAVAÇÃO E PREENCHIMENTO POR CONGLOMERADO LIMONÍTICO SINGENÉTICO



entra em contato com os aluviões quaternários que cobrem a vasta área norte até a baía do Marajó.

#### Depósitos Aluvionares

Em vários locais ao longo dos rios Araguaia e Tocantins, observam-se extensas várzeas cujo substrato é constituído de areias amareladas, quartzosas, subangulares, de granulação média e grossa, seleção moderada, contendo restos vegetais carbonizados. O termo Tucunaré é restrito às áreas de afloramentos contínuos

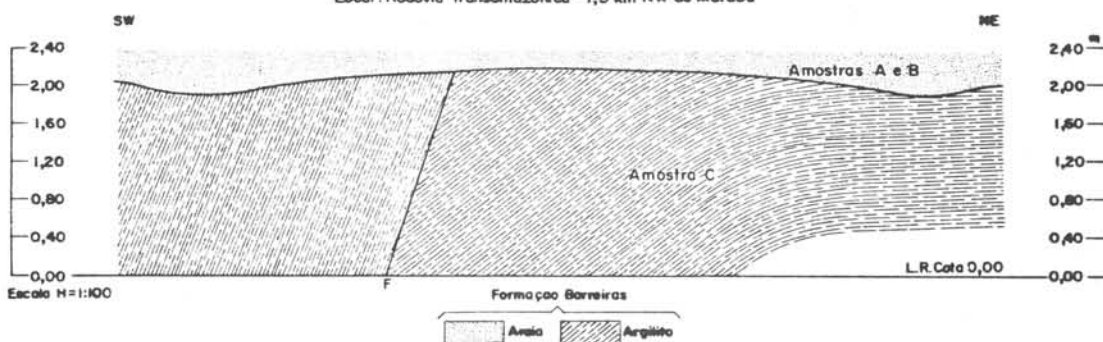
dessa unidade (aproximadamente de Baião para o norte).

Chama atenção o baixo grau de consolidação dessas areias. Suas espessuras aumentam do médio Tocantins para a sua foz, indo de 20 metros para 700 metros.

Ao longo do rio Tocantins esses aluviões quaternários constituem o material das ilhas fluviais. De Cameté para o norte, até a baía de Marajó, esses sedimentos formam todas as exposições da área, inclusive o substrato da cidade de Belém.

FIGURA 9 (ESQUEMA 46) - CAMADAS ARGILOSAS EXIBINDO PEQUENA FALHA SEDIMENTAR

Local: Rodovia Transamazônica - 7,3 km NW de Marabá



## GEOLOGIA ESTRUTURAL

A seqüência sedimentar paleozóica encontra-se falhada em vários pontos da Rodovia Transamazônica (Figura 10), apresentando essas falhas direções predominantes N-S, e que parece representar reativações de estruturas mais antigas dos Grupos Araxá e Tocantins. Na região de Marabá, falhas de direção NE parecem ser as responsáveis pelo encaixamento dos sedimentos.

Em um perfil geológico levantado ao longo da Rodovia Transamazônica (Fig. 10), entre a Agrovila de Coco Chato e o rio Araguaia, pode-se observar o profundo encaixamento tectônico das seqüências sedimentares paleozóicas, que se apresentam próximas a esses falhamentos, bastante perturbadas. No km 85 da mesma rodovia, as seqüências basais das camadas devonianas entram em contato de falha com filitos de embasamento, com perturbação das camadas sedimentares devonianas, apresentando mergulhos de até 11.º. Blocos de falhamento antitético, ocasionando zonas com mergulho diverso do regional, podem ser observados no km 88, ainda nas camadas devonianas.

No km 103, da mesma rodovia, os folhelhos da Formação Longá (Devoniano) apresentam-se em contato de falha com os arenitos carboníferos da Formação Poti. As camadas da Formação Poti apresentam, também, valores de ângulos de mergulhos exagerados, como 12.º SW.

Próximo ao plano de falha encontra-se um dique de diabásio com 500 metros de espessura, com direção NW.

De Marabá para Tucuruí, ainda ao longo da Rodovia Transamazônica, como já descrito, uma extensa deposição terciária recobre os sedimentos mais antigos, entrando diretamente em contato com os filitos de embasamento cristalino (Fig. 10). Embora não se possa obser-

var o plano de falha, esse é inferível pela situação geológica regional.

Na Rodovia PA-70, ao sul da Rodovia Transamazônica, os filitos do embasamento cristalino entram em contato de falha, no km 15, com camadas devonianas, aí resguardadas da erosão por um bloco de falha rebaixado. As camadas devonianas expõem-se por cerca de 2,5 km (Fig. 4), quando são recobertas por sedimentos recentes provavelmente no outro flanco de falha, desde que os filitos do embasamento tornam a aflorar 7,5 km mais adiante.

A sedimentação de granulação fina das camadas paleozóicas, e a sua preservação na área em blocos de falha rebaixados, sugerem que a margem ocidental da atual bacia estrutural do Parnaíba é uma margem tectônica e não deposicional. A área da antiga bacia sedimentar do Parnaíba deveria estender-se além do limite, marcado pelo bloco de falha devoniano aflorante ao longo da rodovia PA-70. Mesmo que as características gerais da sedimentação da bacia do Parnaíba indicassem uma deposição em bacia intracratônica rasa ou ambiente de plataforma, como descrito por vários autores para certas seqüências da sedimentação carbonífera (in BARBOSA e outros, 1966), faltam as fácies de sedimentação mais enérgica mesmo em tais tipos de ambiente, comuns nas margens de bacias deposicionais.

Os sedimentos neoceno-zóicos da área encontram-se sempre associados a linhas de falhas, grosso modo acompanhando as linhas de drenagem da região, e sua maior área de deposição está sempre a montante das falhas. Parece um mecanismo de barragem desses cursos d'água por reativações dessas linhas de falha com conseqüente assoreamento a montante, mecanismo esse já descrito para outros depósitos do mesmo tipo aflorando no sul do país (FÚLFARO e SUGUIO, 1968; LANDIM e FÚLFARO, 1971 e SUGUIO e outros, 1971). Essas formações terciárias estão assim,



intimamente ligadas a esses processos de reativação tectônica.

## CARACTERÍSTICAS SEDIMENTOLÓGICAS

### Generalidades

O relativo conhecimento limitado da geologia da margem ocidental da bacia do Parnaíba levou os autores deste trabalho a desenvolverem um trabalho de amostragem para estudos sedimentológicos. Essas amostras, após vários processamentos de laboratório, serviram para melhor caracterizar a geologia das formações presentes na área. Com essa finalidade foram efetuadas análises granulométricas e de minerais pesados das amostras.

### Amostragem

As amostras aqui coletadas provêm de estações de observação estabelecidas durante o levantamento de dois perfis geológicos (ao longo da Rodovia Transamazônica e ao longo da Rodovia PA-70), três seções colunares (km 80 da Rodovia Transamazônica, km 15 da PA-70 e na localidade de Inflamável). Veja as localizações desses perfis geológicos e das seções colunares no mapa índice anexo (figura 1). Um outro grupo de amostras provêm de areias de praias fluviais, coletadas entre Itupiranga e Tucuruí, para caracterização de suas composições mineralógicas nas suas frações de areia fina e muito fina.

### Resultados da Granulometria

Os parâmetros utilizados foram os de FOLK e WARD (1957) e para uma melhor visualização dos resultados encontrados preferiu-se a representação gráfica ao invés de tabelas. Foi assim que os parâmetros foram lançados em gráficos do tipo: diâmetro médio x desvio padrão, diâmetro médio x assimetria e

diâmetro médio x curtose. Além disso, os pontos correspondentes a diferentes unidades estratigráficas foram distinguidos por símbolos diversos. Nas três figuras (Fig. 11, 12 e 13), assim obtidas, pode ser observada a granulometria bastante fina dos materiais analisados, pois em nenhuma das amostras analisadas o diâmetro médio foi superior a areia fina (2 a 3  $\phi$ , isto é 0,250 a 0,125 mm) e as granulações mais finas atingiram até silte muito fino e argila.

Nas figuras 11, 12 e 13 têm-se os gráficos mostrando as relações entre a granulação (diâmetro médio) e grau de seleção (desvio padrão), entre granulação e assimetria e entre granulação e curtose, respectivamente, de amostras de sedimentos da área do projeto.

### Formações Pimenteiras e Cabeças (Devoniano)

As amostras dessas formações exibiram graus de seleção variando desde pobremente selecionados (1,0 a 2,0) até muito pobremente selecionados (2,0 a 4,0). Portanto, a dispersão dos valores foi bastante grande e indicaram, em geral, materiais de seleção pobre.

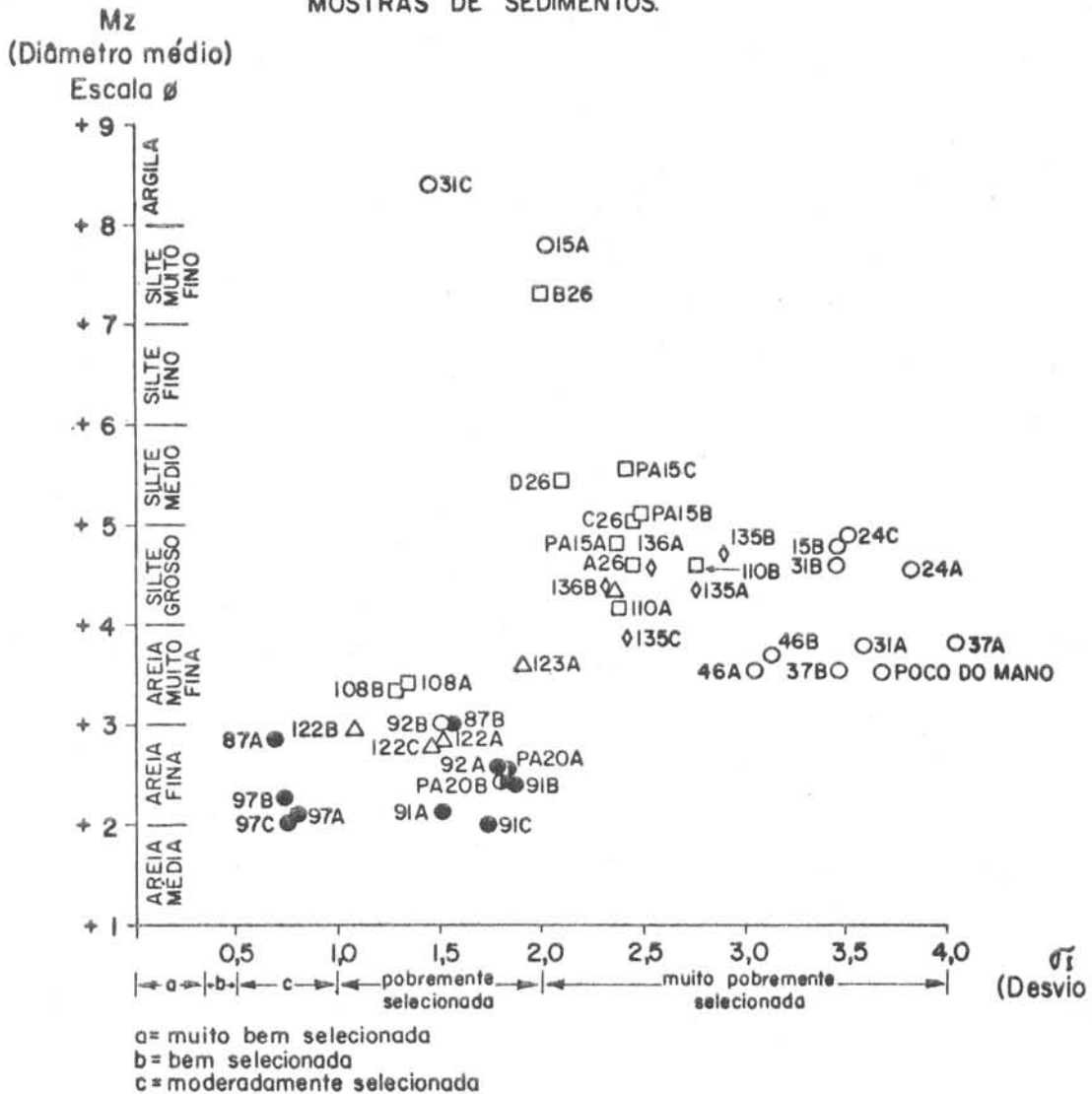
Todas as amostras, com exceção de uma, indicaram assimetria muito positiva, o que denota espalhamento para o lado dos diâmetros mais finos.

As amostras dessas unidades exibiram curvas muito platicúrticas ( $K_G$  menor que 0,67) até extremamente leptocúrticas ( $K_G$  maior que 3,00), fato esse que é também reflexo do grau de seleção.

### Formação Poti (Carbonífero)

Os pontos das amostras correspondentes à Formação Poti também abrangeram áreas desde pobremente selecionadas até muito pobremente selecionadas, diferindo muito pouco

FIGURA II : GRÁFICO MOSTRANDO RELAÇÕES ENTRE A GRANULAÇÃO (DIÂMETRO MÉDIO) E GRAU DE SELEÇÃO (DESVIO PADRÃO) DE AMOSTRAS DE SEDIMENTOS.



- Areias de aluviões Antigos (Idade Quaternária)
- Formação Barreiras Retrabalhada (Idade Pós-Terciária)
- Formação Barreiras = Formação Araguaia (Idade Terciária)
- ◇ Formação Motuca (Idade Permiana)
- △ Formação PotI (Idade Carbonífera)
- Formações Pimenteiras e Cabeças (Idade Devoniana)

FIGURA 12 : GRÁFICO MOSTRANDO RELAÇÕES ENTRE A GRANULACÃO (DIÂMETRO MÉDIO) E ASSIMETRIA DE AMOSTRAS DE SEDIMENTOS.

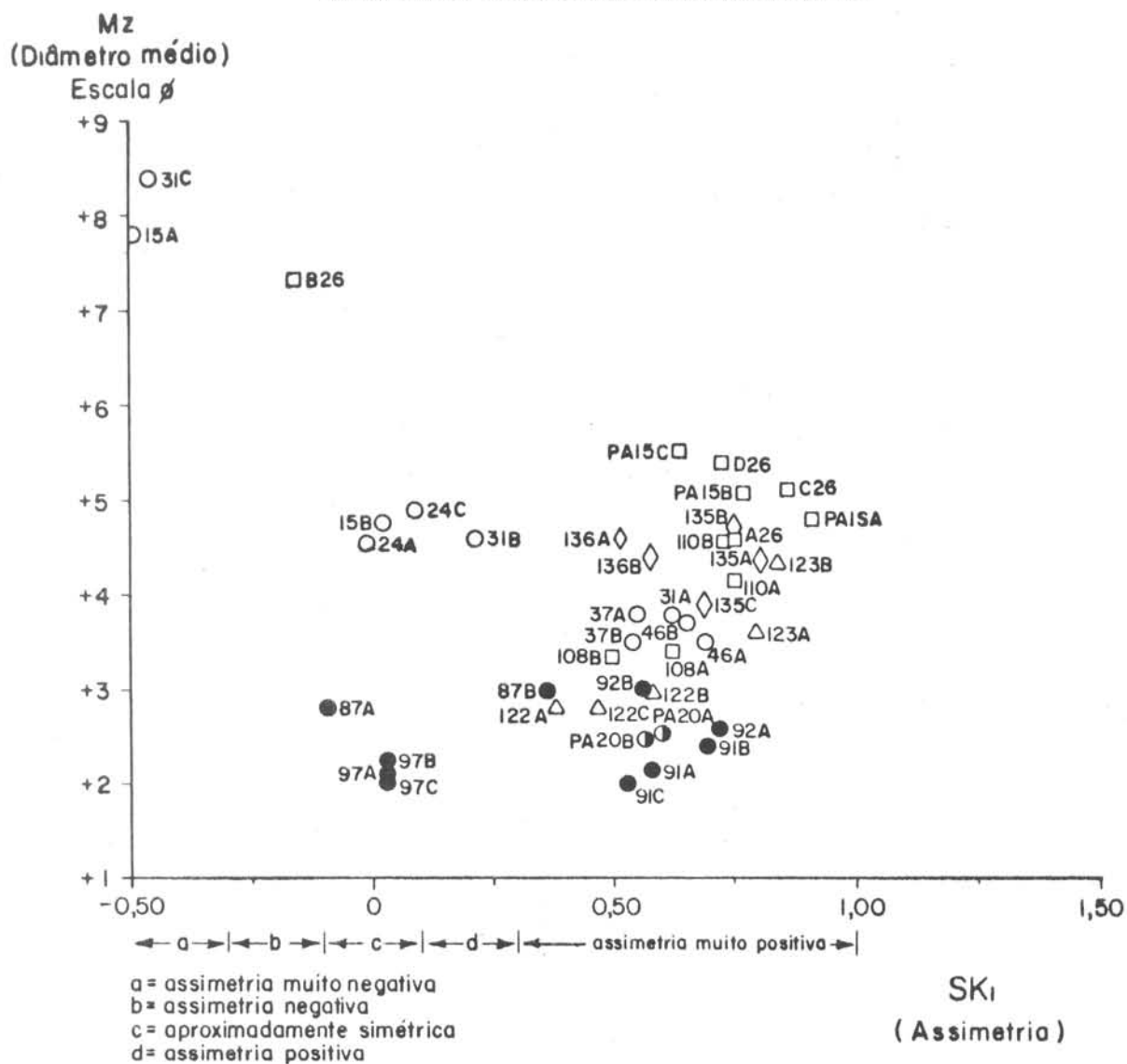
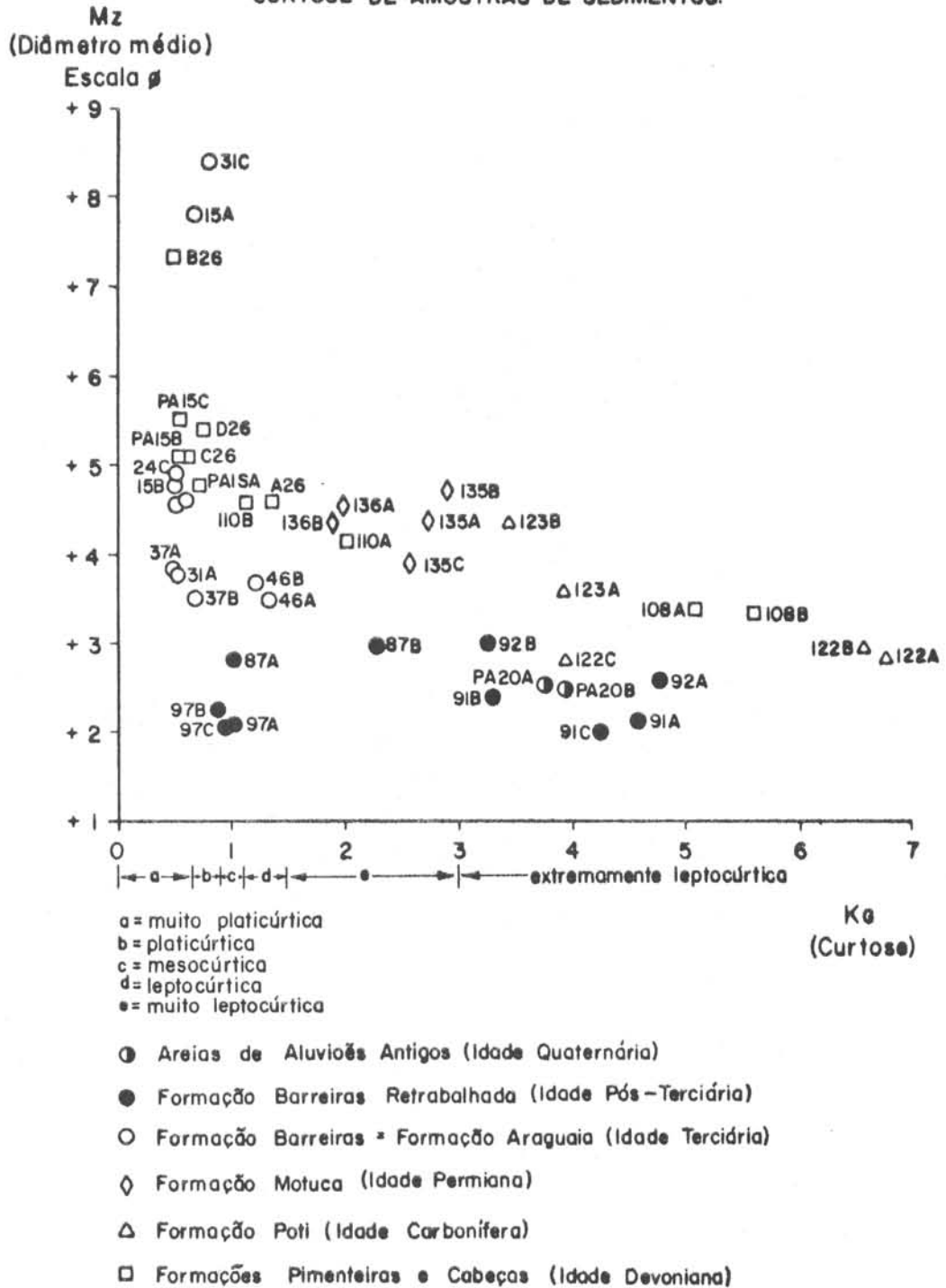


FIGURA 13: GRÁFICO MOSTRANDO RELAÇÕES ENTRE A GRANULAÇÃO (DIÂMETRO MÉDIO) E CURTOSE DE AMOSTRAS DE SEDIMENTOS.





na amplitude de distribuição dos valores desses parâmetros em relação às formações anteriores.

Quanto aos graus de assimetria todas as amostras indicaram assimetria muito positiva.

A Formação Poti indicou somente amostras com distribuições granulométricas extremamente leptocúrticas ( $K_G$  maior que 3,00).

#### Formação Motuca (Permiano)

As amostras da Formação Motuca mostraram a presença de somente amostras de sedimentos muito pobremente selecionados (2,0 a 4,0).

Todas as amostras exibiram distribuição granulométrica de assimetria muito positiva, portanto, com maior espalhamento dos sedimentos mais finos.

A curtose indicou amostras do tipo muito leptocúrtico (1,50 a 3,00).

#### Formação Barreiras (Neocenozóico)

A Formação Barreiras apresentou amostras nas classes pobremente selecionada e muito pobremente selecionada, mas com maior amplitude que todas as outras unidades analisadas.

Os sedimentos da Formação Barreiras exibiram também características diferentes também no que diz respeito à assimetria, pois apresentaram desde amostras com assimetria muito negativa (-0,50 a -0,30) até sedimentos de assimetria muito positiva (0,50 a 2,00).

Quanto aos valores de curtose e dispersão dos valores das amostras da Formação Barreiras foi pequena e todas localizaram-se entre amostras muito platicúrticas ( $K_G$  menor que 0,67) até leptocúrticas (1,11 a 1,50).

#### "Formação Barreiras" retrabalhada

Essa unidade corresponde a sedimentos aparentemente associados a tectônica regional que retrabalhou os sedimentos da Formação Barreiras, sendo anteriores aos aluviões quaternários.

As amostras desses sedimentos indicaram graus de seleção bem melhores que a Formação Barreiras, pois os seus pontos localizaram-se entre as classes moderadamente selecionada (0,50 e 1,00) a pobremente selecionada (1,0 a 2,0).

O espalhamento dos valores de assimetria para esses sedimentos, embora menor que da Formação Barreiras, é ainda maior que de outras unidades e abrange desde aproximadamente simétrica (-0,10 a +0,10) até assimetria muito positiva (0,50 a 1,00).

Os valores de curtose dessa unidade apresentaram-se muito dispersos que a Formação Barreiras, propriamente dita, e variaram desde platicúrtica (0,67 a 0,90) até extremamente leptocúrtica (maior que 3,00).

#### Areias de aluviões antigos (Quaternário)

Essas distinguem-se da *Formação Barreiras* retrabalhada pela coesão relativa da segunda, enquanto que os aluviões antigos são areias completamente soltas. Provavelmente essas são também derivadas da Formação Barreiras e em parte da *Formação Barreiras* retrabalhada.

Essas areias indicaram graus de seleção bem melhores do que da Formação Barreiras.

A grande maioria das amostras analisadas acusou assimetria muito positiva, isto é, as distribuições possuem uma cauda para os

materiais mais finos, sendo portanto pior selecionados desse lado.

Quanto à curiose essas areias acusaram distribuições granulométricas extremamente leptocúrticas.

#### Método de SAHU

O método de tratamento estatístico desenvolvido por SAHU, (1964) mostra muito bem as diferenças de energia e viscosidade e as relações com os ambientes de deposição das formações sedimentares na borda ocidental da bacia do Parnaíba.

Foram combinados nesse método os parâmetros  $M_z$ ,  $\sigma_I$  e  $K_G$  de FOLK E WARD (opus cit.), organizando-se um gráfico empírico, onde estão dispostas linhas de demarcação entre os diversos ambientes de sedimentação com indicações dos sentidos de decréscimo de energia e de fluidez do meio.

Cada grupo, correspondente a um conjunto de no mínimo duas amostras, foi obtido colocando-se os valores de

$$\sqrt{\sigma_I^2} \text{ contra } \frac{s(K_G)}{S(M_z)} \times s(\sigma_I^2) \text{ em}$$

papel bilogaritmico, com o primeiro valor em ordenada e o segundo em abcissa. Para maiores detalhes veja o autor (SAHU, opus cit.).

Na figura 14 podem ser vistas as representações de amostras das principais unidades sedimentares da área de estudo.

#### Grupo I:

Esse grupo, constituído por 10 amostras provenientes da Formação Barreiras, indicou um ambiente nitidamente fluvial. Como sedimentos de ambiente fluvial, o ponto correspon-

dente ao grupo, acusou energia relativamente alta, da mesma ordem de grandeza de sedimentos praias, embora a sua viscosidade seja mais alta do que os depósitos de praias.

#### Grupo II:

Quatro amostras do Devoniano (Formações Pimenteiras – Cabeças), coletadas na Rodovia Transamazônica, formam o grupo II. O ponto deste conjunto situou-se em ambiente marinho raso, relativamente próximo do sedimentos praias.

#### Grupo III:

Da Formação Poti foram consideradas 5 amostras que formam o grupo III. O ponto deste grupo indicou também ambiente marinho raso com características semelhantes às Formações Pimenteiras – Cabeças.

#### Grupo IV:

A Formação Motuca, aqui representada por 5 amostras, constitui o grupo IV, cujo ponto sugere ambiente nitidamente fluvial e características energéticas e de viscosidade próximas às da Formação Barreiras.

#### Grupo V:

O grupo V, que representa amostras das Formações Pimenteiras – Cabeças do km 15 da PA-70, ao sul da Rodovia Transamazônica, indicou também ambiente marinho raso, mas o seu ponto ficou algo afastado do grupo II.

#### Grupo VI:

Os aluviões antigos (Quaternário) são representados por 2 amostras de areias que for-



mam o grupo VI. O ponto que corresponde a este grupo localizou-se na faixa de ambiente fluvial.

#### **Grupo VII:**

Sabe-se que sedimentos ao norte de Cametá, acompanhando o rio Tocantins, são formados de depósitos arenosos quaternários.

O grupo VII, constituído de 3 amostras coletadas na estrada de Mosqueiro, ao norte de Belém, parece refletir as mesmas características de toda a sedimentação quaternária ao norte daquela cidade (Cametá).

O ponto que representa esse grupo situou-se na faixa de sedimentos fluviais, mostrando muito bem origem fluvial e não marinha dos sedimentos quaternários da região de Belém.

#### **Grupo VIII:**

O grupo VIII foi constituído de 10 amostras da *Formação Barreiras* (retrabalhada). Infelizmente o ponto correspondente a esse grupo não ficou claramente definido no gráfico, situando-se entre os ambientes fluvial, praiar e marinho raso, o que pode ser reflexo de seu estado real de transição, quanto as características granulométricas e ambientes deposicionais.

Infelizmente os sedimentos da Formação Piauí, também existentes na área, não apresentaram sedimentos arenosos mas sim siltitos, argilitos e calcários e estes são impróprios para esse tipo de estudo. No entanto, os resultados de análises granulométricas de outras amostras indicaram ambientes característicos e claramente definidos, que coincidem, de modo geral, com os ambientes definidos por autores prévios, baseados em técnicas completamente diferentes.

#### **Análise de minerais pesados**

De modo geral os sedimentos de idade

mais recente mostraram-se mais ricos, tanto em quantidade como em variedades de espécies mineralógicas.

Outro fato muito interessante é que, enquanto as formações paleozóicas apresentam somente espécies estáveis os sedimentos atuais dos rios da região são ricos em minerais como a hornblenda e clorita.

#### **Areias de praias do rio Tocantins**

Esses sedimentos foram os que se mostraram mais ricos em minerais pesados transparentes. Das 24 amostras coletadas, em 22 amostras do intervalo granulométrico mais grosseiro (0,250 a 0,125 mm) e 23 amostras na classe mais fina (0,125 a 0,062 mm) puderam ser feitas contagens.

Nessas amostras estiveram presentes 12 espécies mineralógicas, incluindo-se os opacos como uma espécie. Os minerais pesados presentes em praticamente todas as amostras nos dois intervalos granulométricos são os opacos, zircão, turmalina e estaurolita. Em segundo lugar, como minerais bastante freqüentes nas amostras surge o grupo formado por hornblenda, cianita e sillimanita. Depois tem-se o grupo de rutilo e clorita. Como minerais que aparecem em somente poucas amostras tem-se a granada, epídoto e monazita.

As medidas de composição das 24 amostras examinadas indicam que para essas amostras tem-se na classe mais grosseira a seguinte ordem decrescente de freqüência: opacos, estaurolita, zircão, clorita, cianita, hornblenda, sillimanita, rutilo, monazita, epídoto e granada. Enquanto isso, para a fração mais fina tem-se a seqüência: opacos, zircão, turmalina, estaurolita, hornblenda, cianita, sillimanita, rutilo, monazita, epídoto e granada.

### **Sedimentos arenosos da Formação Barreiras**

Para esses sedimentos 11 amostras foram examinadas, mas infelizmente pelo menos 5 delas apresentaram poucos grãos ou frequência excessiva de opacos ou apenas grãos de quartzo com cobertura ferruginosa.

As 6 amostras que foram submetidas a contagem indicaram que pequena é a quantidade de minerais pesados, assim como, poucas são as suas variedades.

Aqui também zircão, turmalina e estauro-lita aparecem em praticamente todas as amostras, enquanto que a cianita, sillimanita, rutilo e clorita são bem menos freqüentes. Os minerais opacos foram determinados em apenas duas amostras.

No intervalo mais grosseiro tem-se a seguinte freqüência, em ordem decrescente, de minerais pesados transparentes: turmalina, zircão, estauro-lita, sillimanita, cianita, clorita e rutilo. Enquanto isso, no intervalo mais fino tem-se: zircão, turmalina, estauro-lita, sillimanita, cianita, rutilo e clorita.

### **Sedimentos retrabalhados da Formação Barreiras**

Foram estudadas 5 amostras desses sedimentos tendo-se encontrado entre os minerais mais freqüentes a turmalina, estauro-lita e zircão, presentes em todas as amostras, e em maior freqüência a cianita, sillimanita, rutilo e clorita.

As médias indicaram que também: turmalina, estauro-lita, zircão, cianita, rutilo e sillimanita na ordem decrescente da freqüência na fração mais grosseira, enquanto que na parte mais fina o zircão passa a predominar, seguido pela turmalina, estauro-lita, rutilo, sillimanita e clorita.

### **Areias de aluviões antigos (Quaternário)**

Essas areias não precisam possuir conexão direta com a Formação Barreiras, o que acontece com os sedimentos acima descritos, que devem ser resultantes dos retrabalhamentos da Formação Barreiras. Além disso, as areias de aluviões antigos estão desvinculadas e algo afastadas dos vales atuais dos rios.

Desses sedimentos foram examinados 3 amostras da Rodovia Transamazônica e 2 amostras da Rodovia PA-70.

Os resultados indicaram poucas variedades mineralógicas e pequena quantidade de pesados, fato que distingue dos aluviões atuais do rio Tocantins.

Os minerais mais freqüentes nas duas frações granulométricas são a turmalina, estauro-lita e zircão e rutilo, sillimanita, cianita, e clorita em algumas amostras.

As médias indicaram a seqüência decrescente constituída de zircão, turmalina, estauro-lita, cianita e rutilo entre os mais grosseiros, e zircão, turmalina, estauro-lita e rutilo nos mais finos.

### **Sedimentos devonianos das Formações Pimenteiras e Cabeças**

Dessas formações foram estudadas 21 amostras provenientes de afloramentos, tanto da Rodovia Transamazônica como da Rodovia PA-70.

A intensidade de limonitização é muito alta nesses sedimentos, como já foi anteriormente citado, e disso se observou que grande parte das amostras exibiram nas suas frações pesadas somente opacos constituídos de grãos de quartzo com revestimento ferruginoso. Na fração grosseira somente 3 amostras foram

submetidas a contagem e na classe fina 14 amostras puderam ser estudadas e contadas.

Essas amostras são muito pobres, tanto em quantidade como variedade de minerais pesados, e zircão e turmalina são onipresentes. Minerais como estauroлита, clorita, cianita, sillimanita e rutilo aparecem com menos frequência; está presente esporadicamente a monazita.

#### **Sedimentos Carboníferos da Formação Poti**

Os sedimentos dessa formação foram estudados em 5 amostras tendo-se verificado que zircão, turmalina e rutilo estão sempre presentes nas 4 amostras da fração fina, que puderam ser examinadas e na fração grosseira apenas uma amostra permitiu um estudo mais detalhado, porque as outras mostraram poucos grãos, sendo muitos deles opacos.

As médias de frequências denotaram a seguinte incidência, em ordem decrescente, de minerais pesados na sua fração mais grosseira: turmalina, sillimanita, cianita, hornblenda e zircão. No intervalo mais fino aparecem em maior frequência o zircão, seguido por rutilo, turmalina, estauroлита, sillimanita, hornblenda e clorita.

#### **Areias de bancos arenosos do rio Tocantins em Marabá**

Próximo a cidade de Marabá foram coletadas 3 amostras de sedimentos em banco arenoso, formando ilha, para confronto com as amostras da série AP (areias de praias), já descritas.

Como era esperado, estas amostras de Marabá mostraram também grande variedade e quantidade de minerais pesados, portanto, com características muito similares às areias

de praia coletadas mais a jusante entre Itupiranga e Tucuruí.

As médias de frequências de pesados indicaram em ordem decrescente: opacos, estauroлита, clorita, turmalina, zircão, hornblenda, cianita, sillimanita, rutilo, epídoto e granada para a fração mais grosseira. No intervalo granulométrico mais fino predominam também os opacos e entre os transparentes sobressai o zircão, seguido por turmalina, estauroлита, clorita, hornblenda, cianita, rutilo, epídoto e granada.

#### **Areias aluvionares da área de Belém**

Essas areias ocupam uma área muito grande na área de Belém, não somente na área de Mosqueiro, onde as 3 amostras foram coletadas, mas também ao sul daquela cidade (Belém), abrangendo o extremo norte da área deste projeto até a cidade de Cametá do Sul.

As amostras analisadas indicaram relativa riqueza em minerais pesados; turmalina, estauroлита, cianita, zircão, rutilo, clorita e opacos apareceram em todas as amostras, tendo aparecido também epídoto e sillimanita, cada um destes em uma amostra.

As médias de frequências desses minerais nas amostras analisadas indicaram a presença de opacos, estauroлита, zircão, turmalina, clorita, cianita, rutilo e epídoto, em ordem decrescente de abundância na fração mais grosseira. No intervalo granulométrico mais fino estiveram presentes opacos, zircão, estauroлита, rutilo, turmalina, clorita e cianita.

#### **Formação Motuca**

Foram analisadas 5 amostras procedentes da Formação Motuca, coletadas na Rodovia Transamazônica nas proximidades do rio

Araguaia, tendo sido encontrados os seguintes minerais, em ordem decrescente de abundância: zircão, turmalina, estauroлита, sillimanita, cianita e granada na fração 0,250 – 0,125 mm e zircão, turmalina, estauroлита, rutilo, sillimanita, clorita e granada na fração 0,125 e 0,062 mm.

Na fração fina todas as 5 amostras foram submetidas à contagem mas na fração mais grossa apenas 3 amostras puderam ser contadas, já que uma apresentou muito poucos grãos e a outra somente grãos de quartzo com cobertura ferruginosa.

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

As seguintes considerações finais podem ser feitas como resultado da realização do presente trabalho:

a) A distribuição geral dos tipos litológicos e estruturas sedimentares das formações paleozóicas da margem ocidental da bacia do Parnaíba, associada ao levantamento do complexo padrão tectônico presente, indicam ser a atual margem ocidental da bacia de origem tectônica e não deposicional. Os resultados de análises granulométricas também corroboram com esta hipótese, pois as amostras de sedimentos da bacia indicaram diâmetro médio inferior a areia fina (2 a 3  $\phi$ , isto é 0,250 a 0,125 mm), são raros e pouco desenvolvidos os níveis conglomeráticos e as frações mais finas chegam a granulação de silte e argila.

b) Em área predominam as formações sedimentares neocenozóicas (?) nas imediações da cidade de Marabá, e na margem norte do rio Tocantins na mesma região. As formações paleozóicas, nessa área, somente afloram nas margens dos rios, e a oeste da área tornam-se mais conspícuas somente há cerca de 80 km SE da cidade de Marabá, pela Rodovia Transamazônica, até o rio Araguaia.

c) As rochas sedimentares de idade neocenozóica são correlacionáveis à Formação Barreiras, existindo inclusive, continuidade geográfica, não se justificando, portanto, a criação de novas unidades estratigráficas até que seja feito um estudo estratigráfico mais detalhado dessa formação na parte norte do Brasil.

d) O mecanismo de acumulação dos depósitos sedimentares neocenozóicos sugere uma deposição a montante das linhas de falha, ao longo dos grandes cursos de água da região, em um padrão igual ao descrito para depósitos semelhantes na região sudeste do Brasil. Por esse mecanismo podem ter sido depositados os sedimentos referidos como aluviões antigos quaternários e materiais de retrabalhamento da Formação Barreiras, pois ambos apresentam características de sedimentos mais maduros que aquela formação, e além disso a situação geográfica entre esses depósitos sugere esse tipo de relação.

e) Executando-se um tratamento estatístico dos resultados de análises granulométricas pelo processo de SAHU (opus cit.), verificou-se uma concordância muito boa entre os ambientes de sedimentação sugeridos por esse método, e aqueles imaginados por autores prévios, com base em processos bem diferentes.

f) Os estudos de minerais pesados mostraram a pobreza nesses minerais das formações paleozóicas e mesmo da Formação Barreiras, enquanto que os aluviões atuais, diamantíferos, exibiram maior abundância em número e variedade sugerindo que os aluviões modernos devem resultar em sua maior parte do retrabalhamento de formações metamórficas e não de rochas sedimentares da área.

## BIBLIOGRAFIA

- AGUIAR, G.A. de – 1971 – *Revisão geológica da bacia paleozóica do Maranhão*. Anais do XXV Congresso Brasileiro de Geologia, Vol. 3:113-122, São Paulo.
- ANDRADE, S.M. – 1972 – *Geologia do sudeste de Itacajá, Bacia do Parnaíba, Estado de Goiás*. Esc. de Eng. de São Carlos, USP, tese de doutoramento, inédita.
- BARBOSA, O.; ANDRADE RAMOS, J.R. de; ANDRADE GOMES, F. de e HELMBOLD, R. – 1966 – *Geologia estratigráfica, estrutural e econômica da área do Projeto Araguaia*. DNPM, DGM, Monografia n.º XIX : 1-94, Rio de Janeiro.
- CAMPOS e SILVA, A; MABESOONE, J.M. e BEURLEN, K. – 1971 – *Estratigrafia do Grupo Barreiras nos Estados do Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco*. Rev. Assoc. Geol. Pernambuco, ano 1, n.º 1 : 1-13, Recife.
- FOLK, R.L. e WARD, W.C. – 1975 – *Brazos river bar: A study in the significance of grain size parameters*. Journal of Sedimentary Petrology, 27 : 3-27, USA.
- FULFARO, V.J. e SUGUIO, K. – 1968 – *A Formação Rio Claro (Neocenoico) e seu ambiente de deposição*. Bol. IGG 20 (n.º único) : 45-60.
- LANDIM, P.M.B. – 1970 – *O Grupo Passa Dois (P) na bacia do Rio Corumbataí (SP)*. DNPM, DGM, bol. 252:80-85.
- LANDIM, P.M.B. e FULFARO, V.J. – 1971 – *Nota sobre a gênese da Formação Caiuá*. Anais do XXV Congresso Brasileiro de Geologia : 277-280.
- MENDES, J.C. e PETRI, S. – 1971 – *Geologia do Brasil*. Instituto Nacional do Livro (M.E.C.), 207 p., Rio de Janeiro.
- SAHU, B.K. – 1964 – *Depositional mechanisms from the grain size analysis of clastic sediments*. Journal of Sedimentary Petrology, 34 : 73-83.
- SCHALLER, H.; VASCONCELOS, D.N. e CASTRO, J.C. – 1971 – *Estratigrafia preliminar da bacia sedimentar da foz do rio Amazonas*. Anais do XXV Congresso Brasileiro de Geologia, Vol. 3 : 189-202.
- SUGUIO, K. e BARBOUR, A.P. – 1969 – *Morfologia e gênese de estruturas limoníticas dos sedimentos da bacia de São Paulo*. Anais da Acad. Bras. de Ciênc., 41(2) : 161-180.
- SUGUIO, K.; FULFARO, V.J. e COUTINHO, J.M.V. – 1971 – *Tipos de contatos e estruturas sedimentares associadas da bacia de São Paulo*. Anais do XXV Congresso Brasileiro de Geologia; Vol. 2 : 215-218.