UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

DEDALUS - Acervo - IGC

30900005466

NEOTECTÔNICA E SEDIMENTAÇÃO QUATERNÁRIA NA
REGIÃO DA "VOLTA GRANDE" DO RIO XINGU,
ALTAMIRA, PA

Sergio Kleinfelder Rodriguez

Orientador: Prof. Dr. Kenitiro Suguio

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

COMISSÃO JULGADORA

	nome	ass.
Presidente:	<u>Dr. K. Suguio</u>	<u>[Signature]</u>
Examinadores:	<u>Dr. V.J. Fulfaro</u>	<u>[Signature]</u>
	<u>Dr. F.P. de Miranda</u>	<u>[Signature]</u>

SÃO PAULO
1993

A minha filha Agata e minha
esposa Harmi, pelo carinho e
incentivo.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Dr. Kenitiro Suguio do Departamento de Paleontologia e Estratigrafia (IG-USP) pelo trabalho de orientação e pelas críticas e sugestões apresentadas para a realização desta pesquisa.

Ao Professor Dr. Claudio Riccomini do Departamento de Paleontologia e Estratigrafia (IG-USP) pelas críticas e observações sobre os aspectos neotectônicos abordados e pela ajuda na elaboração do Abstract.

Ao Professor Dr. Colombo C. G. Tassinari do Departamento de Geologia Geral (IG-USP) pelas recomendações a respeito da geologia do Complexo Xingu.

Ao Professor Dr. Thomas R. Fairchild do Departamento de Paleontologia e Estratigrafia (IG-USP) pela revisão do Abstract.

Ao Engenheiro José Luiz Pettená do CNEC, ao Geólogo Antônio Carlos O. Ribeiro e ao Engenheiro Alberto B. Larrosa da ELETRONORTE pela liberação dos dados utilizados.

Aos Técnicos de Geologia Sodré e Cristóvão pela ajuda valiosa nos trabalhos de campo.

Ao Jaime do IG-USP pelos serviços fotográficos prestados, e ao Dalton e Barbosa da Gráfica do IG-USP pela elaboração da capa e montagem dos volumes.

Meus sinceros agradecimentos.

RESUMO

A área de estudos situa-se na porção central do Estado do Pará, no Município de Altamira, perfazendo 6300 Km². Nesta região estão localizados os mais importantes sítios projetados para a implantação de usinas hidrelétricas do rio Xingu.

A partir de informações referentes aos estudos geológico-geotécnicos para a elaboração do projeto denominado "Complexo Hidrelétrico de Altamira", somadas aos dados de campo obtidos pelo autor entre 1986 e 1989, além da análise morfoestrutural em produtos de sensoriamento remoto e em cartas topográficas, foi possível a identificação de evidências de movimentações neotectônicas na área de estudos.

Os poucos trabalhos publicados sobre os depósitos quaternários continentais, em especial na Amazônia, fez com que durante a elaboração deste estudo, fosse sentida a necessidade de desenvolver uma metodologia apropriada para a caracterização das evidências neotectônicas estudadas em um contexto regional. Desta forma, destaca-se a análise dos gradientes hidráulicos das drenagens de 2ª ordem como um produto que possibilitou a identificação, juntamente com a análise dos lineamentos morfoestruturais, de quatro sistemas de lineamentos principais, denominados de Paratizinho, Santo Antônio, Paxamba e Cachoeira Grande. Estes sistemas de lineamentos, ao interseccionarem o rio Xingu, marcam diferenças na morfologia das ocorrências dos depósitos quaternários.

É proposto um modelo evolutivo para o rio Xingu através de condições neotectônicas, interpretando-se, assim, a causa do desvio do curso do rio na forma de um grande arco

voltado para sudeste, entre as cidades de Altamira e Belo Monte.

Os dados disponíveis permitem considerar toda a área em ascensão durante o Cenozóico. Os lineamentos com direções N80W e N40/30W, característicos no curso do rio Xingu, sugerem a existência de compressão segundo NW e extensão segundo NE. Desta forma, as estruturas NW observadas em áreas com variação lateral brusca de espessura de sedimentos quaternários, estariam representando reativações neotectônicas destas descontinuidades em sistemas de falhas normais.

Estes esforços neotectônicos poderiam estar representando uma resultante das tensões intraplaca relativas à migração das placas de Nazca, Cocos e Caribe sob a Placa Sul Americana e a expansão na Cadeia Meso-Oceânica, ou ainda poderiam estar relacionados a uma condição de isostasia do Cráton Amazônico devido ao acúmulo da carga sedimentar cenozóica na foz do rio Amazonas e nas bacias do Acre e Solimões, e erosão na região compreendida pelos altos estruturais de Purus e Gurupá.

Como resultado de aplicação, as características neotectônicas apontadas podem ser utilizadas no detalhamento das obras de engenharia ou na prospecção de materiais naturais de construção.

ABSTRACT

On the basis of geological and geotechnical studies carried out as a part of the "Altamira Hydroelectric Complex" project along the Xingu river (southeastern Amazon region, Brazil), geological data gathered by the author from 1986 to 1989 and morphostructural analysis of remote sensing products and topographic maps, it was possible to identify evidence of neotectonic movements in the area known as the "Volta Grande" of the Xingu river.

Because few papers have been published on Brazilian Quaternary continental deposits, specially on those of the Amazon region, it was necessary to develop a suitable method to characterize neotectonic evidence within the regional context of the study area.

The principal results were derived from the integrated analysis of data on the hydraulic gradients of second order drainage together with data from lineament analysis. The main lineament systems are the Paratizinho, Santo Antônio, Paxamba and Cachoeira Grande Systems, which are interpreted as tectonic boundaries between blocks with neotectonic activity, specially well marked along the course of the Xingu river.

A model is proposed for the evolution of the Xingu river which shows the importance of neotectonic movements on the change in the direction of the river flow, resulting in the large arc in the river, the "Volta Grande", between the cities of Altamira and Belo Monte.

The available data suggest that the study area has been in gradual uplift during the Late Cenozoic. The lineaments with directions N80W and N30-40W, typical of the area restricted to the Xingu river course, suggest a NW direction of compression and NE direction of extension. The NW-trending structures observed in areas with abrupt lateral variations of thickness of the Quaternary sediments are indicative of reactivation of these discontinuities as normal faults.

The neotectonic stress field of the study area can be explained by the interplay between migration of the Nazca, Cocos, Caribe and South American plates and sea-floor spreading along the Mid-Atlantic Ridge, and/or, alternatively, to the isostatic response to the accumulation of the Cenozoic sediments at the mouth of the Amazon river and in the Acre and Solimões basins, with consequent erosion in the area located between the Purus and Gurupá arches.

"Já em meados do século anterior tinham os jesuítas fundado uma missão que, por meio da Estrada entre o Tucuruí e o Anaurai, ficou numa mais próxima comunicação com Sousel, e a que chamaram Tavaquara (auaquera). Infelizmente esta colônia durou pouco porque os últimos filhos de Loiola incumbidos da catequese dos jurunas pagãos, devido aos seus maus costumes que pouco se harmonizavam com o seu talvez excessivo zelo de catequização, depressa perderam confiança dos indígenas e em consequência foram por eles assassinados. Passou-se quase um século sem que fosse possível levar a luz da fé além das cataratas, até que dois anos antes nosso amigo eclesiástico, Padre Torquato Antônio de Souza, apareceu nesta região no 12 de novembro de 1841, levantando pela segunda vez, a cruz em Tavaquara, dando à nova colônia o nome de Missão de Imperatriz, e que pelo seu afável trato e larga distribuição de tigelas de porcelana, contas, miçangas, ferramentas, etc., entre os jurunas, que de tempos em tempos desciam até Sousel, atraía sempre mais índios de sua aldeia para ela, conquistando cada vez mais sua confiança e batizando-os. Não obstante já conhecido por esta forma por muitos deles mais de perto, foi escoltado à Estrada e a Tavaquara, onde logo conseguiu reunir cerca de 300 jurunas e batizar quarenta. E assim foi iniciado o trabalho da Missão!"

ADALBERT, W. - Príncipe Adalberto da Prússia (1847) Brasil: Amazonas-Xingu. Tradução de CASTRO, E.L. (1977). Coleção Reconquista do Brasil, EDUSP/Itatiaia, v.34, p.180.

INDICE

I - INTRODUÇÃO.....	1
II - CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL.....	4
II.1 - Arcabouço Tectônico.....	4
II.2 - Sinéclise do Amazonas.....	7
III - O CENOZÓICO AMAZÔNICO.....	13
III.1 - Período Terciário.....	13
III.2 - Período Quaternário.....	17
III.3 - Mudanças climáticas no Quaternário.....	22
III.4 - Tectônica e sedimentação.....	25
III.5 - Sismicidade na amazônia.....	28
IV - UNIDADES LITOSTRATIGRAFICAS DA REGIÃO ESTUDADA.....	30
IV.1 - Unidades do Pré-Cambriano.....	30
IV.2 - Unidades do Fanerozóico.....	34
IV.2.1 - Formação Trombetas.....	34
IV.2.2 - Formação Maecuru.....	35
IV.2.3 - Formações Ererê e Curuá.....	38
IV.2.4 - Diabásio Penatecaua.....	38
IV.2.5 - Formação Alter do Chão.....	39
IV.3 - Unidades do Cenozóico.....	40
V - MÉTODOS.....	41
V.1 - Levantamento cartográfico.....	43
V.2 - Análise morfoestrutural em produtos de sensores remotos.....	44
V.3 - Análise de gradiente hidráulico.....	45
V.4 - Análise das espessuras de solos e de sedimentos quaternários.....	46
V.5 - Detalhamento de áreas com evidências de neotectonismo.....	48
VI - RESULTADOS OBTIDOS.....	51
VI.1 - Análise morfoestrutural.....	51
VI.2 - Gradientes hidráulicos das drenagens.....	53
VI.3 - Espessuras de solos e de sedimentos quaternários.....	55
VI.4 - Áreas com evidências de neotectonismo.....	58
VI.4.1 - Colúvios e leques aluviais do Morro do Macacão.....	58
VI.4.2 - Terraços fluviais na região de Belo Monte.....	61
VI.4.3 - Terraços do Pedral do Juruá.....	67
VI.4.4 - Os espessos depósitos superficiais de Babaquara.....	72
VI.4.5 - Os sedimentos inconsolidados do DIB 2.....	77
VI.5 - Outros depósitos aluviais e coluviais.....	81
VI.6 - Outros comentários sobre os resultados alcançados.....	87
VII - CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	89
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	97
ANEXOS:	
ANEXO A - Depósitos cenozóicos e neotectônica da "Volta Grande" do Rio Xingu - PA	
ANEXO B - Isovalores dos gradientes hidráulicos das drenagens de 2ª ordem (g)	
ANEXO C - Mapa de isovalores de espessura total de solos da região de Babaquara	
ANEXO D - Mapa de isovalores de espessura de sedimentos quaternários da região de Babaquara	

I - INTRODUÇÃO

A região da "Volta Grande" do rio Xingu tem sido, desde 1975, intensamente estudada pelas Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A. (ELETRONORTE), através do Consórcio Nacional de Engenheiros Consultores S.A. (CNEC), com objetivos especificamente voltados para os recursos hídricos para geração de energia elétrica.

Infelizmente, estes estudos não se transformaram em publicações de fácil acesso, sendo representados por centenas de relatórios técnicos de circulação restrita. Embora a quantidade e diversidade dos dados obtidos possibilitassem o desenvolvimento de vários temas, somente em 1988, através de SANTOS *et al.* (1988) e SOUZA FILHO *et al.* (1988) foram divulgados resultados parciais dos estudos geológicos desenvolvidos. Anteriormente, FETTENA *et al.* (1980) publicaram um artigo descrevendo os estudos referentes à fase de inventário hidrelétrico da bacia do rio Xingu.

A participação deste autor em campanhas de sondagens e mapeamentos geológico-geotécnicos, realizadas no período de maio de 1986 a agosto de 1989, nas diversas localidades alternativas para a implantação das obras do Complexo Hidrelétrico de Altamira, propiciou o reconhecimento de vários indícios sugestivos de movimentações tectônicas durante o Quaternário. A partir de janeiro de 1990, através da autorização expressa da ELETRONORTE para a consulta e uso de dados do Complexo Hidrelétrico de Altamira, foi possível iniciar a

integração destes indícios em contexto regional, ressaltando as observações de campo anteriormente realizadas.

A área de estudos (Figura 1) situa-se na porção central do Estado do Pará, no Município de Altamira. Nesta área estão localizados os mais importantes sítios alternativos para a implantação das usinas hidrelétricas estudadas no rio Xingu, correspondentes às principais obras do Complexo Hidrelétrico de Altamira. Perfaz uma área de 6.300 Km², delimitada pelas coordenadas (UTM) N9.600 Km a N9.670 Km e E350 Km a E440 Km.

O presente estudo tem como objetivo abordar, em nível regional, a relação entre as formas de ocorrências dos depósitos quaternários e os aspectos indicativos de movimentos neotectônicos na área. Para isto, buscou-se a convergência dos resultados, através da integração de dados de naturezas diversas, tais como espessura e continuidade lateral dos depósitos, litologias, compartimentação estrutural e aspectos topográficos e hidrográficos.

FIGURA 1 - Área de estudos com localização das principais obras do Complexo Hidrelétrico de Altamira.

DIK = Diques de Kararaô; DIJ = Diques de Juruá;

DIB = Diques de Babaquara

II - CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

A área de estudos encontra-se inserida no contexto geológico do limite meridional da Bacia Sedimentar do Baixo Amazonas junto ao Cráton Amazônico.

II.1 - Arcabouço Tectônico

ALMEIDA et al. (1977) distinguiram as províncias estruturais de Rio Branco, ao norte, e a de Tapajós, ao sul da região amazônica, como áreas geograficamente contínuas que denotam feições de litologia, estratigrafia, estrutura, magmatismo, metamorfismo e idades diversas, separadas pela Sinéclise do Amazonas, cujo embasamento, juntamente com aquelas províncias, constitui o Cráton Amazônico (Figura 2).

O Cráton Amazônico é definido como "a região da América do Sul que atuou como área estável durante o desenvolvimento das faixas de dobramentos Paraguai e Araguaia" (AMARAL, *in* ALMEIDA & HASUI, 1984, p. 7) sendo este seu limite oriental. Os limites ocidentais desta área cratônica encontram-se encobertos por sedimentos fanerozóicos correspondentes ao preenchimento das bacias cisandinas.

AMARAL (1974) subdividiu o Cráton Amazônico em três províncias: oriental, central e ocidental. Posteriormente, AMARAL (*in*

Figura 2 - Localização das Províncias Rio Branco e Tapajós (Cráton Amazônico) na Plataforma Sul Americana. 1- Embasamento da Plataforma Sul Americana; 2- Cráton Amazônico 3- Faixas de Dobramentos Paraguaie Araguaia; 4- Coberturas Fanerozoicas; 5- Cadeia Andina; 6- Zona de "Rifts" profundo; 7- Fossas tectônicas; 8- Direção de movimento das placas.
(Segundo ALMEIDA et al. 1977 e MIOTO & HASUI, 1987)

ALMEIDA & HASUI, 1984) subdividiu estas províncias em subprovíncias separadas pela Sinéclise do Amazonas, corroborando a idéia anterior de ALMEIDA et al. (1977). Desta forma, a Província Rio Branco de ALMEIDA et al. (1977) constitui-se das Subprovíncias Amapá, Roraima e Rio Negro de AMARAL (in ALMEIDA & HASUI, 1984), do mesmo modo que a Província Tapajós das Subprovíncias Carajás, Xingu e Madeira. Estas subprovíncias são limitadas por características litológicas, estruturais e geocronológicas próprias.

CORDANI et al. (1979) apresentaram um modelo evolutivo do Pré-Cambriano da região Amazônica distinguindo de leste para oeste as Províncias Maroni-Itacaiunas (2,2-1,8 Ga), Amazônia Central (Arqueana), Rio Negro-Juruena (1,75-1,4 Ga) e Rondoniana (1,4-1,1 Ga), baseados em dados geocronológicos e considerando a Província Amazônia Central de vocação Cratônica (Quasicráton do Xingu, CORDANI & BRITO NEVES, 1982), enquanto as demais corresponderiam ao resultado do desenvolvimento de faixas móveis (*mobile belts*) conforme conceituação de CORDANI (1978).

TEIXEIRA et al. (1989), em trabalho de revisão geocronológica do Cráton Amazônico, definem a Província de Sunsas a oeste da Província Rondoniana de CORDANI et al. (1979). Desta forma, de leste para oeste são caracterizadas as províncias Maroni-Itacaiunas (faixa móvel - 2,25 a 1,9 Ga), Amazônia Central (cratônica - > 2,5 Ga), Rio Negro-Juruena (faixa móvel - 1,75 a 1,5 Ga), Rondoniana (faixa móvel - 1,45 a 1,25 Ga) e Sunsas (faixa móvel - 1,1 a 0,9 Ga), no Cráton Amazônico.

O uso do termo Províncias Estruturais, tal como definido inicialmente por ALMEIDA *et al.* (1977), permite uma abordagem mais regionalizada de áreas contínuas com características geológicas próprias. Por sua vez, o emprego deste termo para o Cráton Amazônico é mais adequado conforme a concepção de CORDANI *et al.* (1979), uma vez que a evolução pré-cambriana da região precedeu a instalação da Sinéclise do Amazonas, não devendo, portanto, ser esta o limite entre as províncias e sim uma estrutura posterior que seccionou apenas geograficamente a configuração pós-proterozóica do Cráton Amazônico.

Desta forma, a área deste estudo situa-se na Província Maroni-Itacaiunas (CORDANI *et al.* 1979; CORDANI & BRITO NEVES, 1982 e TEIXEIRA *et al.* 1989), mais especificamente em sua porção geográfica ao sul da Sinéclise do Amazonas, sendo esta província o embasamento geológico onde se deu a deposição dos sedimentos quaternários que é o objetivo deste trabalho.

II.2 - Sinéclise do Amazonas

No presente trabalho emprega-se o termo Sinéclise do Amazonas para designar as sub-bacias paleozóico-mesozóicas da região amazônica, caracterizadas pela forma estreita e alongada, aproximadamente simétrica e de natureza intracratônica (Tipos I e II de KLEMME, 1980), separadas entre si por arcos estruturais. Desta forma, a Sinéclise do Amazonas é constituída pelas Bacias

Sedimentares do Baixo, Médio e Alto Amazonas ou Solimões (Figura 3). Portanto, não são consideradas pertencentes a este conjunto de bacias as Bacias de Ucayali e Acre, tipicamente subandinas de idade Mesozóico-Cenozóica (ASMUS & FORTO, 1972), e a Bacia do Marajó ou Foz do Amazonas tipicamente marginal de idade desde o Cretáceo até o Pleistoceno (PETRI, 1954).

É notável a correspondência existente entre os arcos que delimitam estas bacias com os limites das províncias caracterizadas no embasamento, tanto por CORDANI *et al.* (1979), quanto por AMARAL (*in* ALMEIDA & HASUI, 1984). CORDANI *et al.* (1984) reconheceram muito bem esta concordância ao preverem a constituição do embasamento de cada uma destas bacias, embora ressalvem que as distâncias da ordem de centenas de quilômetros, entre as porções sul e norte do Cráton Amazônico, dificultam os elementos de suas respectivas correlações.

A origem destas bacias foi inicialmente explicada por LINSSER (1958) baseado em anomalias gravimétricas, pelo princípio da isostasia, onde o Cráton Amazônico teria se rompido em dois blocos, devido a tensões horizontais, sendo criada uma crosta oceânica com a subida do magma básico ao novo nível de equilíbrio, e posteriormente havendo preenchimento sedimentar do vazio criado. Estas anomalias gravimétricas foram reinterpretadas por LINSSER (1974) como o eixo da Bacia do Médio Amazonas, após constatar a presença de embasamento ultrabásico-alcálico, datado em 409 ± 78 Ma.

CORDANI *et al.* (1984, p. 63) explicaram a origem e evolução das bacias da Sinéclise do Amazonas e do Acre através de um possível

Figura 3 - Principais bacias sedimentares da região amazônica.

1- Cráton Amazônico; 2- Coberturas Fanerozóicas;
3- Sinéclise do Amazonas; 4- Faixas de dobramentos
Paraguai e Araguaia; 5- Altos Estruturais.

"intumescimento da litosfera, no Cambro-Ordoviciano, acompanhado de intrusões (e extrusões ?) ultramáficas e alcalinas, ao longo do eixo do rio Amazonas", com subsequente contração e resfriamento da litosfera causando uma subsidência generalizada, a partir do Siluriano.

Somente a partir do início da década de 70, quando foram intensificadas as perfurações pela Petrobrás, a estratigrafia da Sinéclise do Amazonas começou a ser definida, já que a extensa cobertura cretáceo-terciária restringe a faixa de afloramentos das unidades mais antigas nas bordas, ou nas proximidades dos altos estruturais. Destaca-se, neste contexto, o trabalho de CAPUTO *et al.* (1972), onde as unidades litoestratigráficas da Sinéclise do Amazonas foram revistas e reavaliadas.

De acordo com ANDRADE & CUNHA (1972) e MOSSMANN *et al.* (1984), a evolução sedimentar da Sinéclise do Amazonas inicia-se por uma transgressão representada por sedimentos flúvio-deltaicos a marinhos ordoviciano-silurianos da Formação Trombetas. Segue-se uma sequência transgressivo-regressiva representada pelas formações Maecuru, Ererê e Curuá do Devoniano e Formação Faro do Carbonífero Inferior, constituídas respectivamente por depósitos deltaicos, planícies de maré, marinhos e flúvio-deltaicos.

O Carbonífero Superior é representado pela Formação Monte Alegre, predominantemente fluvial, gradando para a Formação Itaituba, constituída por depósitos marinhos restritos, com flutuações rápidas

do nível do mar, acentuando-se estas condições marinhas no Permiano com as formações Nova Olinda e Andirá.

Após um hiato na deposição (Mesozóico Inferior a Médio), durante o qual se deu a intrusão dos diabásios jurássico-triássicos e se formou o Alto de Monte Alegre, separando as bacias do Baixo e Médio Amazonas, foram depositados os sedimentos continentais da Formação Alter do Chão (Cretáceo Superior) e, transgredindo sobre esta unidade, na região do arco de Purus, os sedimentos terciários da Formação Solimões.

A figura 4 apresenta a coluna estratigráfica da Sinéclise do Amazonas, modificada de MOSESMANN et al. (1984).

FIGURA 4 - Coluna litoestratigráfica das bacias sedimentares da Sinéclise do Amazonas.

(modificado de MOSSMANN et al., 1984)

III - O CENOZÓICO AMAZÔNICO

III.1 - Período Terciário

A Formação Alter do Chão não é propriamente uma unidade do Cenozóico, visto que o seu desenvolvimento se deu principalmente no Cretáceo Superior. Porém, por muito tempo, diversos autores a consideraram como parcialmente pertencente ao Terciário, ou designando-a como Formação, Grupo ou Série Barreiras, notadamente de idade neocenozóica.

Definida por KISTLER (1954, *apud* CAPUTO et al. 1972), para designar os sedimentos vermelhos inconsolidados, compostos de argilitos, folhelhos, siltitos, arenitos e conglomerados, o termo Formação Alter do Chão só foi conservado devido a CAPUTO et al (1971, *apud* CAPUTO et al. 1972) ao demonstrar que o emprego da designação Barreiras é mais apropriada para as bacias nordestinas, e por não existir seção ou localidade tipo para a "Série Barreiras" dentro da Bacia Amazônica. Ainda que as considerações de CAPUTO et al. (1971, *apud* CAPUTO et al. 1972) não sejam suficientes para abandonar o termo Barreiras, ressalta-se que a continuidade de ocorrência dos sedimentos da Formação Alter do Chão nas bacias do Médio e Baixo Amazonas, contrasta com os depósitos descontínuos do Nordeste designados pelo termo "Barreiras".

Os sedimentos da Formação Alter do Chão provavelmente foram depositados em ambiente flúvio-lacustre, sendo pobre em fósseis.

Originalmente tida como distribuindo-se do Eocenomaniano ao Mioceno, passando lateralmente à Formação Solimões, hoje a Formação Alter do Chão está restrita ao Albiano-Turoniano (DAEMON, 1975), sotoposta à Formação Solimões.

Na porção ocidental, os sedimentos terciários sobrepoem-se aos sedimentos cretácicos do Grupo Acre (formações Moá, Rio Azul e Divisor), na bacia homônima, às unidades paleozóicas da Bacia do Solimões e à Formação Alter do Chão nas proximidades do Arco de Purus (Figura 5). Estes sedimentos terciários são representados pelas formações Ramon, Solimões e Içá; porém diversos autores concordam sobre a dificuldade em separá-los de fato, optando erroneamente pelo termo Formação Solimões para designar estas três unidades.

Esta extensa cobertura terciária recebeu diversas designações no passado (Puca, Baixada, Quixito, Cruzeiro, Rio Acre, Aquiri, Contamana, Purus, Pebas, Rio Branco, entre outras). Coube a CAPUTO *et al.* (1971, *apud* CAPUTO *et al.* 1972) promoverem a revalidação do termo criado por MORAES REGO (1930), devido a caracteres litológicos indiferenciáveis que tais camadas apresentam, constituindo uma unidade litoestratigráfica, propondo a preservação do termo Formação Solimões por representar o acidente geográfico mais acessível e proeminente da região. Justificam ainda que a designação Pebas refere-se à localidade fossilífera do Peru, mas nunca chegou a ser formalizada como unidade litoestratigráfica e nem consta da literatura geológica peruana.

Figura 5 - Corte estratigráfico longitudinal da Sinéclise do Amazonas, mostrando as relações entre as unidades Cenozóicas (modificado de ANDRADE & CUNHA, 1972)

1- Formação Alter do Chão; 2- Formação Ramon;

3- Formação Solimões; 4- Formação Içá

MIURA (1972) designou como Formação Ramon (BOUMAN, 1959) os sedimentos vermelhos, argilosos e arenosos, com espessura total de 800 m que ocorrem discordantemente sobre a Formação Divisor, correspondendo a uma sedimentação paleocênica-oligocênica, mantendo a "Formação Pebas" como a unidade litoestratigráfica sobreposta, com idade miocênica-pleistocênica. Posteriormente, CAPUTO (1973) reviu o termo Formação Ramon como depósitos estratigraficamente posicionados entre a Formação Solimões e o Grupo Acre.

MAIA et al. (1977), através de reconhecimento de subsuperfície na região do alto Solimões, individualizaram a Formação Içá, de idade pleistocênica ou pliocênica-pleistocênica, da Formação Solimões da qual foi destacada.

Nos trabalhos do Projeto RADAMBRASIL, BARROS et al. (1977) e DELL'ARCO et al. (1977) não distinguiram estas duas unidades, embora admitam a ocorrência de depósitos litologicamente distintos, sendo conjuntamente mapeados como Formação Solimões.

MAIA et al. (1977) caracterizaram litologicamente a Formação Solimões pela presença de argilitos cinza ou cinza esverdeados, intercalados com bancos de arenitos e camadas de gipsita, atribuindo idade miocênica-pleistocênica a estes sedimentos. A Formação Içá (Pleistoceno), segundo MAIA et al. (1977), constitui-se de intercalações de argilitos cinza avermelhados em sedimentos predominantemente arenosos, podendo ser distinguida geomorfologicamente por apresentar-se em terrenos com padrão de drenagem aberto, com vales amplos e relevo tabular, enquanto a

Formação Solimões apresenta-se em áreas com padrão de drenagem mais denso do que os terrenos ocupados pela Formação Içá.

III.2 - Período Quaternário

Com raras exceções (*e.g.* Formação Boa Vista, ANDRADE RAMOS, 1956; Formação Guaporé, FIGUEIREDO *et al.* 1974), os sedimentos quaternários da Amazônia são designados indiferentemente como sedimentos holocênicos ou aluviões recentes, muito embora os sedimentos que ocupam a várzea dos rios Solimões e Amazonas e seus afluentes, por exemplo, representem alguns dos depósitos fluviais mais extensos do Quaternário brasileiro.

Além dos depósitos designados de atuais, correspondentes aos sedimentos de canal e de transbordamento, também são comumente assim denominados os terraços fluviais e os paleocanais, devido ao pouco detalhamento dos trabalhos realizados na região, em especial nestes depósitos.

CUNHA *et al.* (1971), IRIONDO & SUGUIO (1981) e CUNHA (1988) apontam feições morfológicas e estruturais ao longo dos rios Solimões e Amazonas, tais como trechos com menor sinuosidade, estreitamento da planície de inundação e terraços erosivos, indicativas de áreas em ascensão, em oposição a trechos onde as planícies de inundação se alargam e são mais freqüentes e a sinuosidade dos cursos aumenta, indicando subsidência destas áreas, concluindo que estas feições indicam movimentação relativa de grandes blocos crustais, havendo uma

predominância de blocos basculados para NE. A este respeito, STERNBERG (1950) já sugeria a possibilidade de que os vales da região do rio Negro fossem controlados por movimentações neotectônicas.

CUNHA (1991) aponta influências estruturais na hidrografia amazônica, herdadas do Pré-Cambriano e reativadas, pelo menos a partir do Terciário, através de esforços compressivos originados pela movimentação da placa Sul Americana. Estes esforços estariam atuando obliquamente contra antigas linhas estruturais pré-cambrianas, desenvolvendo condições de cisalhamento simples, o que originaria áreas de compressão e tração, bem como deslocamentos laterais de blocos falhados.

Segundo FRANZINELLI & ORI (1988), os rios da Amazônia podem ser classificados em rios de água branca com alta taxa de sedimentos em suspensão e em rios de água preta com baixa carga de sedimentos em suspensão. É marcante que, excluindo o Amazonas, os demais rios da parte oriental possuem baixa carga de sedimentos em suspensão, enquanto no lado ocidental há um predomínio de rios de água branca. Esta característica, por si só, já separa uma situação de sedimentação preferencialmente argilosa, por acrescentamento vertical, na porção ocidental, de outra mais arenosa por acrescentamento lateral a leste de Manaus, sugerindo comportamentos tectônicos distintos nas duas áreas, conforme ilustrado na figura 6.

Em termos gerais, percebe-se que na porção ocidental o movimento isostático é subsidente, enquanto na oriental é ascendente,

Figura 6 – Modelo de preenchimento de vales aluviais da Amazônia, segundo FRANZINELLI & ORI (1988), e tectônica associada.

tanto pela predominância das feições indicativas, quanto pela modelagem topográfica imposta a estas áreas.

Ainda a este respeito, DERBY (1877) descreveu com clareza três grandes partes do curso do rio Amazonas: Marañon, Solimões e Amazonas, coincidentes aos nomes pelos quais o rio é conhecido pelos habitantes de cada região. A parte superior, ou Marañon, no domínio dos Andes; a parte média, ou Solimões, intermediária entre os Andes e as "*paragens elevadas do Brasil e da Guyanna*" (DERBY, 1987, p.80) que marcam a parte inferior, correspondente ao baixo Amazonas. Esta divisão do curso do rio Amazonas, além de geomorfológica, marca os limites entre os depósitos continentais que recobrem as unidades paleozóicas da região. Na porção Andina são designados de formações Contamana, Puca, "Pebas" etc. (todas de idade terciária); nas bacias do Acre e Solimões, formações Solimões (Mioceno a Plioceno, MAIA *et al.* 1977) e Içá (Pleistocênica, MAIA, 1979); e a leste do Alto de Purus, Formação Alter do Chão (Cretáceo Superior, DAEMON, 1975). Deste modo, os altos estruturais de Iquitos e Purus têm controlado a evolução da sedimentação da região Amazônica pelo menos desde o final do Cretáceo até os dias de hoje.

É marcante também que, fora da bacia sedimentar, na porção oriental predominam os terraços fluviais, em diversas cotas, enquanto na porção ocidental coexistem terraços e paleocanais (abaixo do nível de base local), sugerindo blocos em ascensão e em subsidência com basculamentos, respectivamente (Figura 7).

Figura 7 - Seções típicas de depósitos quaternários da Amazônia

A - Tipo rio Xingu

B - Tipo Rondônia

Além dos sedimentos fluviais (barras, planícies de inundação, terraços e paleocanais) a região apresenta espessas coberturas coluviais, muitas vezes contínuas. Estes depósitos podem se apresentar marcados por linhas de pedra (*stone-lines*) e por níveis distintos de laterização, bem como podem ser associados à evolução dos depósitos residuais de intemperismo distinguindo-se níveis ou estádios diversos de formação destes depósitos. Porém, na literatura existem poucos trabalhos sistemáticos com o objetivo de diferenciar ou até mesmo descrever estes depósitos, ressaltando, neste sentido, os estudos dos lateritos da Amazônia, realizado por COSTA (1991).

III.3. Mudanças climáticas no Quaternário

Para o estudo da evolução quaternária de qualquer área, sente-se, cada vez mais, a necessidade da compreensão dos efeitos climáticos relacionados a eventos de grandes amplitudes geográficas. Tais eventos, muito bem definidos para o hemisfério norte, em áreas de alta latitude, parecem marcar mudanças climáticas significativas também nas regiões intertropicais.

FAIRBRIDGE (1961) relaciona os efeitos das glaciações quaternárias a flutuações no nível dos oceanos. Obviamente, tais flutuações que chegam a alcançar mais de 100 metros (Glacial Würm/Wisconsin, recente) devem também apresentar seus reflexos continente adentro. A mudança do nível de base regional certamente

tem sua contrapartida em alternâncias de taxas de erosão e de sedimentação.

Por outro lado, nos períodos glaciais estabelece^{ram}-se, nas regiões tropicais, climas mais secos e frios conforme sugerido por diversos autores (AB'SABER 1977; COLINVAUX 1989; HAFFER 1992, entre outros).

A relação entre estas variações climáticas em períodos glaciais e seus reflexos nos trópicos tem sido, também, um dos argumentos para a formulação de diversas idéias como a Teoria Climática dos Refúgios (HAFFER, 1969).

Segundo a Teoria Climática dos Refúgios, alterações climáticas são seguidas de mudanças de vegetação causando a fragmentação da área de distribuição de espécies, com conseqüente isolamento em refúgios ecológicos (HAFFER, 1989). Sem querer entrar no mérito da teoria dos refúgios, no que se refere a especiação da biota, ressalta-se que esta teoria baseia-se em alternâncias de climas secos e úmidos nas regiões intertropicais relacionadas a estádios glaciais e interglaciais, respectivamente. A correlação entre estas alternâncias paleoclimáticas nas regiões intertropicais e os ciclos glaciais tem sido cada vez mais reafirmada sob o enfoque das mudanças globais (BAKER, 1978; SUGUID & TESSLER, 1991).

SOUBIES et al. (1989), estudando sedimentos lacustres da região da Serra dos Carajás, determinaram três seqüências concordantes com mudanças climáticas, evidenciadas por três fases semi-áridas e três fases úmidas, conforme figura 8. Estas

Figura 8 - Registros sedimentares nos lagos dos platôs da Serra dos Carajás (SOUBIÈS et al., 1989, modificado)

alternâncias climáticas parecem estar de acordo com mudanças globais representadas pelas glaciações no hemisfério norte.

Variações climáticas ocorridas durante o Holoceno, entre 8.000 e 3.000 anos AP, caracterizando uma fase de clima seco que teria atingido desde o Estado de São Paulo até a região amazônica também têm merecido atenção de diversos pesquisadores (MELO et al., 1987; SERVANT et al., 1989; MARTIN et al., 1991; TAKIYA & YBERT, 1991; ABSY et al., 1991). Estas variações, com predominância de clima seco, segundo estes autores, poderiam ser explicadas por situações semelhantes a um fenômeno do tipo "El Niño", de duração mais longa durante o Holoceno Médio.

III.4. Tectônica e Sedimentação

Se os sedimentos quaternários continentais da Amazônia carecem de estudos mais dirigidos, a região da foz do Amazonas, especialmente os *canyons* submarinos, mereceram maior atenção dos pesquisadores.

MILLIMAN et al. (1975), estudando a sedimentação da margem continental Amazônica, apontam uma progradação devido a uma descida de cerca de 100 m do nível do mar durante os estádios glaciais do Quaternário. Durante estes períodos, os sedimentos terrígenos seriam depositados próximo à quebra da plataforma continental, fazendo com

que o talude, a elevação continental e a planície abissal recebessem grande quantidade destes sedimentos através de correntes de turbidez, enquanto nos estádios interglaciais, estes seriam retidos na plataforma.

DAMUTH (1973 *apud* MILLIMAN et al. 1975) propõe um modelo de sedimentação para o cone do rio Amazonas, em regime de alternância climática durante o Quaternário, podendo provavelmente ser recuada até o Mioceno.

De acordo com REZENDE & FERRADAIS (1971), somente a partir do Oligoceno a rede de drenagem pretérita do Amazonas se incorporou a um sistema constituído pelos ancestrais dos rios Tocantins e Araguaia, iniciando a escavação dos canyons nas bordas da plataforma e deposição dos cones da foz do Amazonas. DAMUTH & KUMAR (1975) atribuem à orogenia Andina o início da sedimentação terrígena no cone do Amazonas. Este evento teria barrado o acesso das drenagens da região amazônica para o Oceano Pacífico e propiciado o aporte dos terrígenos para a Bacia da Foz do Amazonas.

Segundo MIURA (1972) o clímax da orogenia Andina ocorreu no Neomioceno. Durante o Mioceno a região Amazônica constituir-se-ia em área soerguida, sujeita à erosão. Com o arrefecimento tectônico no Plioceno ocorreria, para REZENDE & FERRADAIS (1971), a inversão tectônica, propiciando a intensa sedimentação continental (e.g. formações Solimões e Içá, de idades Mioceno-Plioceno e os depósitos quaternários).

Desta forma, pode-se destacar alguns marcos importantes da tectônica e sedimentação durante o Cenozóico na região amazônica, a saber:

- Início da Orogenia Andina - soerguimento do Cráton Amazônico provocando inicialmente a deposição da Formação Ramon na Bacia do Acre e pouca sedimentação de terrígenos na Bacia da Foz do Amazonas;

- Clímax da Orogenia Andina - incorporação definitiva, no Neomioceno, da rede de drenagem pretérita da Amazônia pela foz do Amazonas; espessa e franca sedimentação continental representada pela Formação Solimões nas bacias do Acre e do Solimões;

- Arrefecimento tectônico no Neocenozóico - sedimentação continental representada pela Formação Içá na Bacia do Solimões; progradação dos sedimentos terrígenos na Bacia da Foz do Amazonas; formação de espessos depósitos eluviais, posteriormente bauxitizados e/ou laterizados; localmente subsidências de blocos.

- Mudanças climáticas no Quaternário - escavação dos *canyons* e deposição dos cones da foz do Amazonas nos estádios glaciais, com conseqüente erosão dos vales fluviais provocada pela descida do nível de base local; deposição de terrígenos na plataforma da Foz do Amazonas nos estádios interglaciais e afogamento dos vales fluviais devido à subida do nível de base local.

III.5 - Sismicidade na amazônia

Embora sejam escassos os dados de sismicidade na região amazônica, muito mais devido à baixa informação macrossísmica e a baixa densidade de sismógrafos instalados na região, bem como pelo pouco tempo de operação da rede sismográfica amazônica (15 anos), algumas considerações podem ser feitas a este respeito.

A figura 9 apresenta a localização dos sismos (macrossismos e instrumentais) de acordo com os inventários de VELOSO & MENDIGUREM (1980) e BERROCAL (1984).

Nota-se que as áreas com maior frequência de sismos coincidem com os altos estruturais regionais, além de áreas como o Graben do Tacutu e outras ao sul do Cráton Amazônico, como em Ouro Preto (RO).

No extremo oeste brasileiro ocorre uma zona de sismos profundos, com epicentros a mais de 300 Km de profundidade, provavelmente correlacionados ao deslizamento da placa de Nazca sob a placa Sul Americana.

Figura 9 – Localização de epicentros de sismos registrados por instrumentos e macrossismos (Modificado de VELOSO & MENDIGUREM, 1980 e BERROCAL, 1984)

IV - UNIDADES LITOSTRATIGRAFICAS DA REGIÃO ESTUDADA

Com base nos levantamentos geológicos realizados na região, durante os estudos do Complexo Hidrelétrico de Altamira, é apresentada, a seguir, a descrição das unidades litostratigráficas reconhecidas na área de estudo. As figuras 10 e 11 representam o mapa geológico simplificado e a coluna estratigráfica da região, respectivamente.

IV.1 - Unidades do Pré-Cambriano

As rochas polimetamórficas do Complexo Xingu (SILVA et al. 1974), ocupando cerca de 60% da área de estudo, foram subdivididas em cinco unidades classificadas pelos aspectos morfológicos, estruturais, petrográficos, mineralógicos e estratigráficos, e informalmente designadas de Unidades I a V por SANTOS et al. (1988). A figura 12 representa a coluna estratigráfica das rochas pré-cambrianas do Complexo Xingu, estudado na área.

A Unidade I relaciona-se com as demais por contato tectônico ou transicional (com os migmatitos), sendo considerada o embasamento da Unidade II. A unidade III é constituída por paleossomas das Unidades I e II e neossoma granítico. A Unidade IV ocorre em íntima associação com os migmatitos para os quais gradam

Figura 10 - Mapa Geológico simplificado da região da "Volta Grande" do rio Xingu.

ERA	PERIODO	UNIDADES	Seção Colunar	Descrição Sumária
CEN.	QUATERNÁR.	Aluviões, coluviões e terracos
MESOZÓICA	Cretáceo Superior	Formação A. do Chão		Sedimentos arenosos semi consolidados, imaturos, com lentes de argilito
	Jurássico a Cretáceo	Diabásio Penatecaua		"Sills" e diques de diabásio, muito interperizados
PALEOZÓICA	Devoniano médio a superior	Formações Ererê e Curuá		Sequência de siltitos, folhelhos e arenitos, gradando a folhelhos com raras lentes de arenito
	Devoniano Inferior	Formação Maecuru		Arenitos, arenitos conglomeráticos, intercalações de argilitos e siltitos, com estratificação cruzada e plano par.
	Siluriano Superior	Formação Trombetas		Ritmitos, folhelhos, siltitos, arenitos finos, com níveis diamictíticos, níveis betuminosos.
PROTEROZÓICA	Pré-Cambriano Inferior	UNIDADE V		gníonitos, cataclasitos, etc granitos equigranulares
		UNIDADE IV		granodioritos e granitos grossos
		UNIDADE III		migmatitos com estruturas diversas
		UNIDADE II		metassedimentos e metabásicas
		UNIDADE I		gnaisse granodioríticos, anfibolitos, etc.

Figura 11 - Coluna estratigráfica das unidades mapeadas na região da "Volta Grande" do rio Xingu.

UNIDADES		DESCRIÇÃO	Fácies Metamórfico	Evento Tectónico
COMPLEXO XINGU	UNIDADE V	- granitóides (biotita granitos, granitos porfiros, dioritos, granitos com muscovita, brechas sieníticas)	Xisto Verde -atividade hidrotermal	Pós-Tectónico
	UNIDADE IV	- granitóides (leucogranitos, granodioritos e biotita granitos gnaissificados) com núcleos gnaissicos e rochas migmatíticas subordinados	Anfibolito	Tardi-Tectón.
	UNIDADE III	- migmatitos de estruturas e composições variadas com núcleos gnaissicos e granitóides subordinados	Anfibolito	Sin-Tectónico
	UNIDADE II	- metagabros, metadiabásio, metabasaltos, metatufo basálticos, quartzo-sericita-xistos, granada-quartzitos, quartzo-xisto conglomeráticos, etc	Xisto Verde/ Anfibolito Baixo	Transamazônico
	UNIDADE I	- cordierita-granada-biotita gnaisses, gnaisses quartzosos, granulitos, anfibolitos, granodioritos, tonalitos gnaissificados, etc	Anfibolito Alto/Granulito	Retrabalhamento no

Figura 12 - Coluna estratigráfica das rochas Pré-Cambrianas na região da "Volta Grande" do rio Xingu, Altamira, PA. (modificado de SANTOS et al., 1988).

lateralmente. A Unidade V é diferenciada das demais, além da intensa atividade hidrotermal, pela ausência de estruturação NW-SE que nas demais unidades é característica.

IV.2 - Unidades do Fanerozóico

IV.2.1 - Formação Trombetas

CAPUTO (1984) propôs a designação de Grupo Trombetas, redefinindo as formações Autás-Mirim, Nhamundá, Pitinga e Manacapuru. No presente trabalho, prefere-se a utilização da denominação Formação Trombetas (DERBY, 1877), uma vez que na área de estudos ocorre parte da porção superior da seqüência siluriana, correlacionável aos membros Pitinga e Manacapuru de LANGE (1967), não sendo possível a subdivisão desta unidade pelas dificuldades de mapeamento na escala 1:25.000, conforme recomendado por PETRI *et al.* (1986).

Na região de estudo, esta unidade é formada por depósitos de regime transgressivo, inicialmente sedimentados sob condições costeiras com influência de ondas e marés, posteriormente passando para o topo a ambientes de lâmina de água mais profunda, conforme SOUZA FILHO *et al.* (1988), representando um pacote com espessura média de 60 m.

A figura 13 apresenta a seção colunar composta da Formação Trombetas na área estudada, onde são descritas as principais litologias desta unidade.

IV.2.2 - Formação Maecuru

O Devoniano Inferior é representado na área do estudo pela Formação Maecuru, correlacionável ao Membro Jatapu e parte do Membro Lontra de LANGE (1967), os quais por dificuldades de mapeamento, não são aqui diferenciados.

A Formação Maecuru ocorre sobreposta à Formação Trombetas e raramente transgride sobre as unidades do Complexo Xingu, apresentando uma espessura variável de 40 a 100 m.

Os sedimentos da Formação Maecuru representam na área o início de um novo ciclo deposicional transgressivo, podendo ser interpretados como depósitos deltaicos com pequenas incursões marinhas.

A figura 14 apresenta a seção colunar composta para a Formação Maecuru na área estudada.

Figura 13 - Seção colunar composta da Formação Trombetas (Siluriano Superior) na região da "Volta Grande" do rio Xingu.

NMA - Nível de Maré Alta

NMB - Nível de Maré Baixa

Figura 14 - Seção colunar composta da Formação Maecuru (Devoniano Inferior na região da "Volta Grande" do rio Xingu).

IV.2.3 - Formações Ererê e Curuá

As unidades do Devoniano Médio a Superior ocorrem restritas à porção norte da área e freqüentemente recobertas pelos sedimentos da Formação Alter do Chão. Assim, devido à raridade de afloramentos e a inexistência de sondagens nestas áreas, estas unidades somente foram identificadas por fotointerpretação com escassos pontos de controle.

As informações disponíveis apenas definem a Formação Ererê como constituída por siltitos, folhelhos e arenitos passando gradativamente à Formação Curuá, representada basicamente por folhelhos cinza escuros laminados, com raras lentes de arenito muito fino.

As formações Ererê e Curuá marcam na área o máximo da transgressão devoniana, representando depósitos marinhos inicialmente sob condições costeiras, passando a condições de águas mais profundas.

IV.2.4 - Diabásio Penatecaua

As intrusões de rochas básicas do Jurássico-Triássico da região amazônica estão representadas na área do estudo por diques e *sills* do Diabásio Penatecaua (ISSLER et al. 1974), com distribuição

aproximadamente paralela à faixa de afloramentos das unidades paleozóicas.

As condições de forte intemperismo da região não preservaram rocha fresca desta unidade, que somente pode ser reconhecida através de seu solo de alteração argilo-siltoso, preferencialmente vermelho, com raros blocos remanescentes exibindo esfoliação esferoidal. Os *sills* de diabásio acham-se quase que totalmente expostos em superfície, posicionados fisicamente sobre a Formação Maecuru e ocupando com freqüência as regiões topograficamente mais altas da área.

IV.2.5 - Formação Alter do Chão

A Formação Alter do Chão é caracterizada, na área do estudo, por sedimentos arenosos, semi-consolidados e mineralógica e texturalmente imaturos.

Estes sedimentos são compostos predominantemente por areias grossas com estratificação cruzada e exibindo granodecrescência ascendente, com raras intercalações de lentes de lamitos avermelhados.

As ocorrências destes sedimentos situam-se no extremo norte da área do estudo. Alguns corpos de sedimentos isolados próximos a

Altamira foram correlacionados à Formação Alter do Chão, da mesma forma que outras ocorrências isoladas na porção central da área.

As ocorrências da porção central da área do estudo são caracterizadas por capearem os morros dos divisores do Igarapé Joá e serem constituídas por sedimentos arenosos mal selecionados com matriz argilosa, freqüentemente apresentando níveis laterizados de até 1 metro de espessura. Nos estudos realizados na área, era freqüente a dúvida quanto a posição desses sedimentos, se correlacionáveis à Formação Alter do Chão ou se produto de retrabalhamento desta.

IV.3 - Unidades do Cenozóico

Na área do estudo, as unidades cenozóicas ficaram restritas, nos mapeamentos executados pela ELETRONORTE/CNEC, aos sedimentos quaternários representados pelos terraços fluviais e aluviões do rio Xingu e principais drenagens, como também pelos coluviões que recobrem todas as unidades descritas anteriormente.

No item VI.4 serão descritos com maiores detalhes os principais depósitos cenozóicos da área.

V - MÉTODOS

A grande quantidade de dados geológico-geotécnicos obtidos pela ELETRONORTE/CNEC no estudo do Complexo Hidrelétrico de Altamira, viabilizou a elaboração deste trabalho.

São dados referentes às várias campanhas de mapeamento geológico, de sondagens (trado, percussão-SPT e rotativa), de poços de inspeção e trincheiras, de geofísica (sísmica de refração e eletrorresistividade), obtidos de 1975 a 1988. Estes dados passaram por uma triagem, de modo a serem utilizados somente aqueles que contribuíssem com este trabalho, complementando os dados de campo obtidos pelo autor no período de 1986 a 1989.

Embora neste trabalho o enfoque seja regional, foram selecionadas três áreas, onde o maior volume de dados de campo possibilitou o melhor detalhamento geológico, em especial aqueles referentes aos aspectos do Quaternário. Estas áreas, indicadas na figura 15, correspondem aos locais alternativos de estudo para as obras principais das usinas de Kararaô e Babaquara e barragem de Juruá.

Após a obtenção e triagem dos dados de campo, foram seguidas as etapas abaixo descritas, se bem que não necessariamente na ordem em que estão expostas.

Figura 15 – Localização das áreas selecionadas para detalhamento em função da grande quantidade de dados disponíveis.

V.1 - Levantamento cartográfico

Esta etapa compreendeu o levantamento da cartografia geológica disponível para a área. Basicamente foram utilizados os mapas geológicos elaborados por JORGE JOÃO et al. (1987) - Folha Altamira, escala 1:250.000, e mapas em diversas escalas (1:25.000 até 1:2.000.000), disponíveis em relatórios internos da ELETRONORTE/CNEC (1980a, 1981, 1982a, 1983, 1986a, 1986b, 1988a).

Nesta etapa, foram também adquiridos e selecionados os mapas topográficos (1:25.000 e 1:50.000) restituídos aerofotograficamente na escala 1:25.000, a partir de fotos aéreas na escala 1:60.000. Esta restituição, executada pela AEROSUL SA, contou com uma rede de apoio geodésico composta de 200 pontos, dos quais 60 foram determinados por rastreamento *Doppler* de satélites e os restantes por nivelamento barométrico, conforme ELETRONORTE/CNEC (1988b).

Tanto o conjunto de mapas topográficos na escala 1:25.000 como os 1:50.000 cobrem toda a área estudada, exceto uma pequena faixa leste-oeste de cerca de 250 m de largura no extremo norte da área.

V.2 - Análise morfoestrutural em produtos de sensores remotos

Na primeira fase de análise dos aspectos morfoestruturais da região foi utilizado o mosaico semi-controlado SA-22-Y-D (1:250.000) do projeto RADAMBRASIL (1981), obtido em 1971/72 através do radar GEMS 1000, abertura sintética, banda X.

Na fase posterior, foram utilizadas as imagens do sensor *Thematic Mapper* (TM), do satélite da série LANDSAT, em cópias em papel em preto e branco, banda 4 e imagem infravermelho (falsa cor), bandas 2, 3 e 4, na escala 1:100.000, com passagem datada de 15 de junho de 1986.

Nestes produtos de sensores remotos foram analisados os lineamentos estruturais, utilizando-se o método proposto por LIU (1987), complementado por métodos estatísticos gráficos. Desta forma, os lineamentos foram agrupados em "sistemas de lineamentos" de acordo com suas continuidades e expressões regionais.

Através das imagens de satélite, com um controle de campo obtido pelos dados de mapeamento geológico, foram mapeadas as ocorrências de sedimentos quaternários ao longo do rio Xingu.

Tanto estas ocorrências, quanto os principais sistemas de lineamentos levantados são apresentados no anexo A.

V.3 - Análise de gradiente hidráulico

Com objetivo de separar os blocos com características hidráulicas distintas, numa tentativa de correlacioná-los com os lineamentos estruturais levantados, foi calculada, através das folhas topográficas 1:25.000, para cada drenagem de segunda ordem (conforme concepção de STRAHLER, 1952) a razão da diferença de altitude entre a cabeceira e foz destas drenagens sobre a distância correspondente. Os valores obtidos, multiplicados por 100, foram atribuídos à porção média das drenagens de segunda ordem e amarrados num sistema cartesiano de coordenadas (UTM).

O mapa de isovalores dos gradientes hidráulicos das drenagens de segunda ordem (Anexo B) foi confeccionado através do programa SURFER (*Golden Software*) pelo método do Inverso do Quadrado da Distância. Informações mais detalhadas sobre o método utilizado são encontradas em TAKIYA (1991).

Os parâmetros utilizados para a confecção destes mapas foram:

- 994 - número de dados de entrada
- 2,5X2,5 Km - malha utilizada
- 29X41 - malha de pontos interpolados
- 1,768 Km - raio de abrangência
- 1 ponto - número de pontos próximos por quadrante
- 1:250.000 - escala final apresentada

Foi elaborado um perfil topográfico ao longo do rio Xingu (Figura 16) com o propósito de identificar quebras topográficas significativas, correlacionando-as com as características geomorfológicas ao longo do canal do rio.

V.4 - Análise das espessuras de solos e de sedimentos quaternários

Foi selecionada uma área na região do aproveitamento de Babaquara para a elaboração de mapas de isoespessura total de solos e isoespessura dos sedimentos quaternários, através do método do Inverso do Quadrado da Distância, utilizando-se o programa SURFER (Golden Software).

A escolha desta área levou em consideração a quantidade de dados disponíveis e por ser cortada por um lineamento de expressão regional (lineamento do Paratizinho).

O objetivo principal destes mapas foi o de verificar a provável relação entre espessuras anômalas dos sedimentos quaternários e dos solos de alteração de seu embasamento, com os lineamentos estruturais. Os resultados desta análise também foram utilizados para definir alguns contatos dos depósitos quaternários nas áreas detalhadas.

Figura 16 – Perfil longitudinal do rio Xingu entre Altamira e Belo Monte; relação entre lineamentos (Ln) e características geomorfológicas do canal. 1- trecho afogado do rio Xingu; 2- ilhas constituídas por rochas do Complexo Xingu; 3 - barras de sistema fluvial entrelaçado, atualmente retrabalhadas pelo rio; 4- intercalações de ilhas constituídas por barras fluviais e por migmatitos.

Os parâmetros utilizados para a confecção dos mapas foram:

Anexo D	Anexo C
Esp. Quat.	Esp. Tot.
152	149 - número de dados de entrada
100x100m	100x100m - malha utilizada
101x51	101x51 - malha de pontos interpolados
75m	75m - raio de abrangência
2 pontos	2 pontos - número de pontos próximos por quadrante
1:25.000	1:25.000 - escala final apresentada

V.5 - Detalhamento de áreas com evidências de neotectonismo

Foram executados detalhamentos em cinco áreas que se caracterizam por apresentarem correlação entre sedimentação quaternária e indícios de movimentações neotectônicas.

Para estas áreas (Kararaô, Babaquara, Juruá, DIB-2 e DIK-7) foram elaborados mapas geológicos e perfis representativos baseados em informações de campo obtidas pelo autor, além das investigações realizadas através de sondagens geológicas e geofísicas. Em alguns casos, os depósitos quaternários, assinalados nos mapas, foram

delimitados através do estudo da isoespessura de sedimentos quaternários.

Na figura 17 têm-se as localizações destas áreas detalhadas.

Figura 17 – Localização das áreas com evidências neotectônicas estudadas no rio Xingu.

VI - RESULTADOS OBTIDOS

VI.1 - Análise morfoestrutural

A feição morfoestrutural mais característica observada nas imagens de radar e satélite estudadas foram os lineamentos.

Foi considerado como lineamento toda feição linear mapeável, simples ou composta, contínua ou descontínua, da superfície terrestre, cujas partes estão alinhadas em um arranjo retilíneo ou suavemente curvo e que difere substancialmente dos padrões de feições que lhe são adjacentes e, presumivelmente, reflete um fenômeno da subsuperfície, conforme O'LEARY et al. (1976) ao introduzir modificações ao significado original de lineamento proposto por HOBBS (1904).

O resultado da análise estatística dos lineamentos visualizados nos produtos de sensoriamento remoto estão representados nos diagramas de rosáceas da figura 18.

Embora estes diagramas mostrem uma distribuição mais ou menos homogênea dos lineamentos, em especial no quadrante NW, mesmo porque a confecção dos diagramas não levou em conta a expressão de cada lineamento, tratando-os independentemente de suas continuidades, são ressaltados os lineamentos de grande extensão ou continuidade muito bem representados na área. Os principais lineamentos,

Figura 18 - Diagramas de rosáceas dos lineamentos da região da "Volta Grande" do rio Xingu.

representados no Anexo A, encontram-se concentrados praticamente em duas direções preferenciais: $N40+/-10W$ e $N 50+/-15E$. Estes conjuntos de lineamentos são tratados através do termo "sistema de lineamentos", sendo definidos os da Cachoeira Grande, Paxamba, Santo Antônio e Paratizinho como os mais característicos da área.

Nos diagramas de rosáceas da figura 18 observa-se que o resultado da análise de todos os lineamentos fotointerpretados da área é idêntico ao obtido numa análise em que os lineamentos caracterizados pelos canais retilíneos do rio Xingu são desprezados. Por outro lado, a análise destes lineamentos com ocorrência restrita ao curso do rio Xingu, exhibe um aumento na proporção dos elementos com direções $N80W$ a EW e ressalta aqueles com direção $N30W$.

Na região do aproveitamento de Juruá estes lineamentos com direção $N80W$ a $E-W$ associam-se a lineamentos com direção $N40+/-10W$, conforme figura 19. Boa parte dos canais do rio Xingu nesta região está condicionada a estas duas direções preferenciais.

VI.2 - Gradientes hidráulicos das drenagens

O resultado da análise dos gradientes hidráulicos das drenagens é apresentado no Mapa de Isovalores dos Gradientes Hidráulicos das Drenagens de 2ª Ordem (Anexo B).

Figura 19 - Lineamentos morfoestruturais interpretados em imagem de satélite na região de Juruá, rio Xingu

A integração dos resultados obtidos pelos mapas de isogradientes e de lineamentos morfoestruturais indica uma compartimentação de blocos controlados pelos sistemas de lineamentos Cachoeira Grande e Paxamba de direção NW e Santo Antônio e Paratizinho de direção NE.

VI.3 - Espessuras de solos e de sedimentos quaternários

Numa rápida análise dos mapas de isoespessura total de solos e de sedimentos quaternários (Anexos C e D) da região das obras principais de Babaquara, percebe-se concordância entre os depósitos quaternários mais espessos e as maiores espessuras totais de solos. Porém, como no mapa de isoespessura total de solos considerou-se toda coluna acima do topo rochoso são, incluindo o manto de intemperismo e os próprios sedimentos quaternários, pressupõe-se que esta concordância deve-se diretamente às grandes espessuras dos depósitos quaternários que são consideradas nos dois casos.

Por outro lado, nas áreas onde há concordância entre as pequenas espessuras de solos e de sedimentos quaternários, nota-se claramente a proximidade do topo rochoso são.

Esta relação fica mais clara nos blocos diagramas das figuras 20 e 21. O curso do rio Xingu é muito bem marcado nestes blocos diagramas por uma depressão, obviamente indicando um padrão erosivo para este trecho.

Figura 20 - Bloco diagrama de Espessura
Total de Solos - Área Babaquara

Figura 21 - Bloco diagrama de Espessura de Sedimentos Quaternários
- Área Babaquara

VI.4 - Áreas com evidências de neotectonismo

VI.4.1 - Colúvios e leques aluviais do Morro do Macacão

Na região do dique 7 (barragem de terra) de Kararaô (DIK 7), conhecida como Morro do Macacão, foram observados em um corte da estrada de colonização existente e em um poço de inspeção, sedimentos provavelmente representativos de um sistema de leques aluviais. Estes sedimentos (Foto 1) são constituídos por paraconglomerado sustentado por lama (C2, segundo classificação de COIMBRA et al. 1992), polimítico (seixos e calhaus de arenito limonitizado, folhelho, granito intemperizado e quartzo, ovalados e angulosos), em matriz argilo-arenosa. Este corpo, com espessura observada de 1 m recobre os granitóides do Complexo Xingu, folhelhos da Formação Trombetas e arenitos da Formação Maecuru (Figura 22). Acima, grada para areia média a grossa com porções apresentando estratificação cruzada, constituindo um corpo com espessura observada de até 4 m.

Recobrando discordantemente estes sedimentos ocorre um pacote coluvial de constituição areno-siltosa com muitos grânulos e fragmentos de arenito limonitizado e placas de crosta limonítica.

Estes sedimentos ocorrem em uma área onde os dados geofísicos de sísmica de refração e eletrorresistividade apontam um conjunto de falhas com rejeitos da ordem de 50 m nas unidades

Foto 1 - Paraconglomerado polimítico sustentado por matriz argilo-arenosa, da região do DIK 7. Notar planos de falhas de componente normal. Na porção superior esquerda, notar deslocamentos em um seixo. A porção superior representa um pacote coluvial também falhado.

paleozóicas. Estas falhas constituem um sistema do tipo *graben-horst* (SOUZA FILHO et al. 1988).

Os dados geofísicos associados aos obtidos por sondagens a trado e poços de inspeção mostram variações bruscas de espessuras nos sedimentos superficiais descritos acima. Estas relações espaciais são ilustradas na figura 23.

No afloramento mencionado anteriormente, foram observadas falhas de rejeitos centimétricos, deslocando tanto os sedimentos de leques aluviais como os coluviais (Fotos 1 e 2). Estas falhas, de componente normal, exibem o mesmo padrão das falhas que atingem as rochas mais antigas e sugerem, através das diferenças das ordens de rejeitos, reativações recentes nestas estruturas.

As atitudes de N65W/78NE e N60W/76SW medidas em dois planos destas falhas estão de acordo com um lineamento fotointerpretado nos produtos de sensoriamento remoto, pertencente ao Sistema de Lineamento Paxamba (ver Anexo A).

Ocorre, ainda, uma anomalia no gradiente hidráulico das drenagens de 2ª ordem, conforme Anexo B.

VI.4.2 - Terraços fluviais na região de Belo Monte

Em poucos locais da área estudada foram observados depósitos aluviais terraceados. Isto pode ser devido a magnitude dos

Figura 23 – Seção geológica da região do Morro do Macacão – DIK 7.

Foto 2 - Vista geral do afloramento do DIK 7. Notar o pacote de sedimentos coluviais falhado. O paraconglomerado da foto 1 ocorre abaixo destes sedimentos.

processos erosivos que atuaram, quer seja por condições climáticas ou neotectônicas, eliminando registros mais antigos dos aluviões, principalmente das drenagens de 1ª e 2ª ordens (segundo a classificação de STRAHLER, 1952). Tal fato levou ao reconhecimento de apenas poucas áreas próximas ao rio Xingu onde pôde ser admitida a existência de típicos depósitos aluviais terraceados.

Na região de estudos da barragem de Kararaô, próximo à Belo Monte, através de sondagens rotativas, a trado e observação de afloramentos, foram descritos quatro níveis de sedimentos de origem fluvial dispostos em diferentes cotas topográficas, conforme ilustrado nas figuras 24 e 25.

O depósito situado na cota 4 m (base) representa o nível atual de sedimentação local do rio Xingu. É constituído por areia fina com intercalações lenticulares de argila cinza.

Os depósitos situados nas cotas 12 m e 17 m podem representar um único nível de terraceamento, deslocado por uma provável falha de direção N55W. Nos trabalhos de campo não se detectou esta estrutura que se manifesta apenas como um lineamento fotointerpretado. A constituição destes dois corpos de sedimentos é muito semelhante, ocorrendo cascalho basal e granodecrescência ascendente de areia grossa à fina. Por serem sedimentos inconsolidados, as investigações por sondagens destruíram possíveis estruturas como estratificações cruzadas que poderiam estar presentes nestes depósitos.

Figura 24 - Distribuição dos depósitos cenozóicos na região de Belo Monte - Kararaô.

Figura 25 - Seção geológica nos sedimentos terraceados da região de Belo Monte - Kararaô.

Entre as cotas 40 e 50 m foi investigado um depósito terraceado com variação lateral brusca de espessura, supondo-se a existência de uma falha de rejeito normal com direção aproximada de N45W, atingindo este depósito, conforme ilustrado na figura 25.

Ressalta-se que entre o depósito da cota 40 m e o depósito da cota 17 m não há indícios de movimentações ascendentes, podendo-se considerá-los como depósitos formados em épocas distintas. Desta forma, deveria ter ocorrido uma variação de cerca de 23 m do nível pretérito do rio Xingu entre a sedimentação destes depósitos.

Os lineamentos entre os depósitos das cotas 12 m e 17 m e aquele que secciona o depósito da cota 40 m provavelmente sofreram reativação após a sedimentação destes depósitos, uma vez que não interferiram com a sedimentação destes.

O depósito da cota 40 m (foto 3) é composto de cascalho de seixos e quartzo e fragmentos laterizados na base e granodecrescência ascendente até o predomínio de areia média pouco argilosa, com estratificação cruzada mostrando-se como incipientes formas dentro deste pacote intensamente intemperizado.

VI.4.3 - Terraços do Pedral do Juruá

Sedimentos aluviais terraceados foram mapeados na região de estudos da Barragem de Juruá, conhecida localmente como "Pedral" ou

Foto 3 - Base do depósito fluvial terraceado (Cota 40 m) da região de Belo Monte - Kararaô. Notar seixos de quartzo arredondados e granodecrescência para o topo. Afloramento em corte da Rodovia Transamazônica, próximo a Belo Monte, margem esquerda do rio Xingu.

"Inferno Verde". São sedimentos depositados na forma de bancos de areia, de granulação média a grossa, situados acima do nível de água local (cota 55 m) e constituindo manchas isoladas encobrendo diretamente rochas migmatíticas sãs do Complexo Xingu.

Na figura 26 pode ser notado que estes bancos de areias fluviais terraceados concentram-se próximos a duas estruturas de direção N60E. No mapeamento de superfície realizado não foram detectadas variações laterais significativas nestes depósitos e nas sondagens realizadas na área não foram efetuadas descrições mais precisas destes sedimentos, uma vez que os objetivos destes trabalhos estavam voltados para a utilização destes materiais como empréstimo ou para sua remoção devido a construção da Barragem de Juruá.

Estruturas erosivas interessantes foram encontradas junto ao canal principal do rio Xingu (porção NW do mapa da figura 26). Tratam-se de panelas de erosão circulares com cerca de 60 cm de diâmetro preenchidas por calhaus e seixos (Foto 4), e com profundidades estimadas de 1,5 a 2 m. O que torna esta estrutura interessante é que a erosão se dá diretamente em rocha migmatítica sã do Complexo Xingu, sugerindo a existência de energia capaz de esculpir estas estruturas.

Estas estruturas devem ter sido geradas pelo turbilhonamento pontual de águas, condicionando o arraste circular de seixos e calhaus que, por abrasão, acabam por esculpir tais estruturas, uma vez que as paredes em forma de cilindros são

Figura 26 - Distribuição dos depósitos cenozóicos na região do Pedral do Juruá.

Aluvião (cota 50m)

Terraço (cota 65-70m)

Complexo Xingu

Falhas

⊙ Painéis de erosão
(VER FOTO 8)

0 0,25 0,5 0,75 1Km

Foto 4 – Panela de erosão circular em rocha sã do Complexo Xingu preenchida por seixos e calhaus. Notar estrias circulares na parede da estrutura, resultantes da abrasão de fragmentos líticos durante o turbilhonamento pontual das águas. Estas estruturas ocorrem próximas ao eixo da Barragem de Juruá, no rio Xingu.

marcadas, perpendicularmente, por estrias circulares e o material de preenchimento apresenta-se polido devido ao desgaste sofrido.

Atualmente, no canal principal do rio Xingu, a alguns metros do local de ocorrência destas estruturas, onde cerca de 80% do volume de água do rio flui em um único canal de cerca de 100 m de largura por 35 m de profundidade (estimada por sondagem), ocorre este fenômeno de turbilhonamento. Observam-se verdadeiros redemoinhos de água que, na superfície, chegam a atingir até 5 m de raio. Estes redemoinhos são pontuais e permanentes. Desta forma, acredita-se que condições hidráulicas semelhantes às atuais poderiam ter propiciado remotamente as condições para a formação das estruturas descritas acima.

As estruturas em painéis de erosão expostas justificam um nível pretérito do rio Xingu muito acima do atual. Ressalta-se que estas estruturas estão localizadas em uma área com anomalia de gradiente hidráulico de drenagens de 2ª ordem (Anexo B), onde o curso do rio Xingu é totalmente condicionado por estruturas tectônicas (ver Figura 19).

VI.4.4 - Os espessos depósitos superficiais de Babaquara

Desde 1983, os estudos voltados à caracterização da área de implantação da barragem de Babaquara levantaram a existência de um espesso depósito de sedimentos inconsolidados na porção da ombreira

direita deste sítio. Somente em 1986, através de relatórios internos (ELETRONORTE/CNEC, 1986a e 1986b), estes sedimentos mereceram algum destaque, embora incipiente, nos mapeamentos realizados.

Estes sedimentos chamaram a atenção por suas espessuras de até 30 m, atravessadas em sondagens, o que ocasionou o adensamento das investigações de subsuperfície na área, para estudo mais pormenorizado, uma vez que estes situam-se junto ao eixo principal da obra de Babaquara.

Neste sentido, a primeira questão levantada foi a delimitação espacial destes sedimentos inconsolidados. Isto foi possível através da análise de isoespessura de sedimentos quaternários (Figura 21 e Anexo C). Elegueu-se a curva de espessura representativa de 5 m para este fim, pelo fato de ser reconhecido um pacote coluvial recobrindo parcialmente toda a área com espessura máxima de 3 m.

Desta forma, obteve-se como resultado a disposição espacial de um depósito de sedimentos inconsolidados com espessura superior a 5 m conforme representado na figura 27.

Nota-se na área alguns lineamentos fotointerpretados que deslocam sedimentos paleozóicos e as rochas do Complexo Xingu. Estes lineamentos relacionam-se, por sua vez, com os limites dos sedimentos espessos inconsolidados que ocorrem na área.

Duas seções foram levantadas, interceptando os lineamentos com direção N35W. Nestas seções, ilustradas nas figuras 28 e 29, são

Figura 27 - Distribuição dos depósitos cenozóicos na região de Babaquara.

Figura 28 – Seção geológica AA da região de Babaquara.

Figura 29 - Seção geológica BB da região de Babaquara.

apresentados os detalhes de composição destes sedimentos. Supõe-se que a movimentação tectônica sugerida nestas figuras seja pós-deposicional, uma vez que entre as sondagens realizadas, onde as variações de espessura foram significativas, não se observaram características específicas de sedimentos gerados por movimentos tectônicos. Os depósitos parecem ter sido gerados por um sistema aluvial em situação de nível de água do rio Xingu mais alto que o atual (Figura 28), passando a um sistema colúvio-aluvial no topo (Figura 29). Posteriormente, teriam ocorrido os falhamentos normais, provocando a disposição destes sedimentos em forma de *graben*, segundo NW. Não deve ser descartada, todavia, a hipótese de que esta tectônica tenha sido contemporânea à sedimentação, embora os elementos no momento disponíveis não permitam este tipo de interpretação.

Ressalta-se que os lineamentos NE levantados na área apresentam expressão regional e que um destes pertence ao Sistema de Lineamentos do Paratizinho (Anexo A).

Há também o registro de uma anomalia de gradiente hidráulico das drenagens de 2ª ordem nesta área.

VI.4.5 - Os sedimentos inconsolidados do DIB 2

Na região dos estudos de implantação do dique de terra número 2 do reservatório de Babaquara (DIB 2) foram investigados,

através de poços de inspeção e sondagens a trado, complementados com sondagens sísmicas de refração, sedimentos inconsolidados apresentando variações laterais de espessura. Optou-se, a exemplo dos sedimentos descritos no item VI.4.4, em limitar este corpo através das curvas de isoesspesura de sedimentos quaternários. Escolheu-se, neste caso, uma curva de espessura próxima a 4 m para a delimitação (Figura 30), uma vez que esta espessura representa de forma abrangente as variações encontradas em termos de distribuição destes sedimentos.

Na figura 31 são apresentadas as descrições destes sedimentos.

Estes depósitos apresentam-se interceptados por lineamentos NW (mais representativos na análise das isoesspesuras de sedimentos) e por lineamentos NE (mais representativos na seção apresentada, figura 31).

Os lineamentos NE mostram falhas inversas nos sedimentos paleozóicos e no Complexo Xingu. Porém, a variação lateral de espessuras dos sedimentos inconsolidados sotopostos, bem como as investigações realizadas, indicam que estas falhas foram reativadas com caráter normal à época da sedimentação deste depósito.

A porção NW desta ocorrência mostra sedimentos possivelmente originados em sistema de leque aluvial devido a tectonismo, atestando que estas estruturas teriam sido reativadas pelo menos desde a época de sedimentação destes depósitos.

Figura 31 – Seção Geológica da região do DIB 2.

VI.5 - Outros depósitos aluviais e coluviais

Outros depósitos aluviais e coluviais foram investigados na área e, embora não apresentem características tão particulares como aquelas descritas no item VI.4, merecem alguns comentários.

Na região do igarapé Ticaruca (DIK 19) foram realizadas sondagens rotativas nos sedimentos aluviais existentes. Observou-se nestas sondagens, embora parcialmente prejudicadas pela recuperação das amostras, pelo menos dois pacotes de sedimentos areno-argilosos com granodecrescência ascendente, conforme representado na figura 32.

Em outros aluviões investigados, entre a região de estudos das barragens de Kararaô e Juruá, a coluna de sedimentos descrita assemelha-se ao aluvião do igarapé Ticaruca. Para estes aluviões não foram encontrados terraceamentos típicos nas encostas.

Diversos colúvios foram descritos em toda a região e, em alguns pontos, foram constatados pelo menos dois níveis distintos e superpostos destes depósitos. São sedimentos freqüentemente variáveis em termos de composição devido às diferentes litologias de seus respectivos embasamentos. Desta forma, os contatos destes depósitos parecem ser mais significativos para a diferenciação destes corpos do que suas variações granulométricas. Neste sentido, chamam a atenção os níveis de seixos e grânulos subarredondados, ora de quartzo, ora de material laterizado e ora de ambos, ou mesmo a ausência destes níveis que marcam o limite basal destes depósitos.

Figura 32 – Aluvião do igarapé Ticaruca – Perfil típico dos depósitos aluviais estudados.

No presente trabalho, pretendia-se inicialmente classificar os colúvios de acordo com estas características de níveis basais e suas relações com os demais sedimentos quaternários através do uso dos conceitos da aloestratigrafia (NACSN, 1983). Posteriormente abandonou-se esta idéia pois concluiu-se que somente esta metodologia de análise significaria uma pesquisa totalmente à parte desta, ou talvez complementar aos resultados aqui pretendidos.

A despeito das diferenças reconhecidas nos sedimentos coluviais, propõe-se, através da figura 33, um perfil típico destes depósitos para a área estudada.

Ressalta-se que em alguns pontos localizados, registrou-se a presença de material lítico e cerâmicas arqueológicos nestes sedimentos coluviais. Parte do material encontrado foi doado ao Museu Paraense Emílio Göeldi, outra parte foi destruída ou perdida no transporte, restando com o autor apenas uma peça de cerâmica de cerca de 15 cm de diâmetro (Foto 5).

Pretendia-se realizar nesta peça uma datação por termoluminescência. Porém, devido a falta de parâmetro de radiação natural anual para o local de amostragem, bem como pelo tempo decorrido da coleta (maior que 5 anos) expondo a amostra a possíveis fontes de contaminação (calor, luminosidade e outras fontes de radiação) a utilização da termoluminescência foi definitivamente descartada.

Figura 33 – Perfil típico dos depósitos coluviais estudados.

Foto 5 - Peça de cerâmica arqueológica encontrada próxima a área de estrudos do DIJ 10 em sedimentos coluviais (ver figura 33).

Pela posição em que estas peças de cerâmica ocorrem nos colúvios, a datação por termoluminescência, na peça amostrada, forneceria uma idade mínima para estes sedimentos.

Estudos arqueológicos realizados por PEROTA (1977), catalogando diversos sítios arqueológicos, indicam uma idade máxima de 5595+/-105 anos AP para as tradições culturais existentes na região de Altamira. Por outro lado, VEIGA (1991), em trabalho de cunho regional, descreve artefatos de pedra polida muito semelhantes aos encontrados no rio Xingu, como culturalmente distintos das tradições ceramistas reconhecidas na região. VEIGA (1991) correlaciona estes artefatos com o final do último período glacial (11.000 anos AP).

Na região estudada foram encontrados pinturas e entalhes rupestres em pontões de migmatitos aflorantes no leito do rio Xingu, próximo à Barragem de Jurua. Pela dificuldade de acesso acredita-se que estas pinturas somente poderiam ser realizadas caso o nível do rio Xingu estivesse mais baixo que o atual, permitindo a transposição de trechos encachoeirados e a forte correnteza. Portanto, é muito provável que os artefatos líticos encontrados nos colúvios representem culturas de habitantes da região em período de predominância de clima mais seco do que o atual.

VI.6 - Outros comentários sobre os resultados alcançados

Os resultados obtidos são basicamente representados por produtos gráficos (diagramas, mapas e perfis). Isto auxiliou para que se tivesse uma visão ampla dos aspectos considerados como neotectônicos, através de estudos em pequenas áreas isoladas.

Considera-se que a metodologia empregada tornou-se eficaz uma vez que possibilitou a integração dos resultados. Somando-se aos aspectos caracterizados nos produtos de sensores remotos, nas anomalias de gradientes hidráulicos das drenagens de 2ª ordem, nas variações laterais de espessuras dos depósitos superficiais e, considerando os demais dados de campo no detalhamento das áreas estudadas, vê-se que sempre há concordâncias de resultados obtidos por métodos ímpares.

Desta forma, acredita-se que os depósitos descritos tornam-se representativos da evolução quaternária regional, fornecendo importantes subsídios para seu entendimento e possibilitando, principalmente, uma compartimentação neotectônica da área.

Esta compartimentação controla a distribuição dos sedimentos quaternários ao longo da "Volta Grande" do rio Xingu, explicando as variações encontradas nos depósitos estudados, bem como a preservação destes sedimentos em uma região predominantemente erosiva.

Estas ocorrências de sedimentos quaternários mostram um padrão tectônico ascendente durante e após a deposição dos sedimentos quaternários. Provavelmente estas movimentações já se manifestavam desde o Terciário, propiciando a erosão dos sedimentos da Formação Alter do Chão que avançariam ao sul de seus limites de ocorrência atuais. A este respeito, merecem destaques as manchas de sedimentos que recobrem os topos dos morros na região dos divisores do igarapé Joá (Anexo A). Estes sedimentos, atribuídos à Formação Alter do Chão durante os levantamentos realizados pela ELETRONORTE/CNEC, ocorrem numa área de alto e constante gradiente hidráulico das drenagens de 2ª ordem (ver Anexo B) e delimitada pelos sistemas de lineamentos Paxamba e Cachoeira Grande (NE) e Santo Antônio e Paratizinho (NW).

Influências climáticas também são plausíveis na explicação de parte dos depósitos estudados. Variações de climas resultantes do avanço e recuo de geleiras nos polos, certamente refletiram em épocas de maior ou menor taxa de erosão imposta por diferentes condições hidráulicas do rio Xingu e afluentes.

Infelizmente, qualquer inferência em termos de idades dos depósitos estudados tendem a ser subjetivas, devido à falta de parâmetros que possibilitassem a coleta de amostra para datação por termoluminescência, na época de realização dos trabalhos de campo.

VII - CONSIDERAÇÕES FINAIS

A grande quantidade de informações colocadas à disposição do autor pelas Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A. - ELETRONORTE, e a adoção de uma abordagem metodológica em que os resultados obtidos a partir de aspectos localizados puderam ser integrados regionalmente, possibilitaram a concepção deste estudo.

Pela natureza dos dados e por se tratar de uma área afastada da linha de costa, onde os estudos sobre o Quaternário consagraram padrões metodológicos apropriados, procurou-se, no presente estudo, desenvolver algumas possibilidades de metodologias para áreas continentais. Ressalta-se, neste sentido, a importância das drenagens de 2ª ordem e as distribuição e variação de espessuras dos depósitos sedimentares superficiais. A concordância destes elementos com os aspectos morfoestruturais representados pelos sistemas de lineamentos apontaram a validade da metodologia seguida.

A integração dos resultados obtidos indica uma compartimentação de blocos controlados pelos sistemas de lineamentos Paxamba e Cachoeira Grande (NE) e Santo Antônio e Paratizinho (NW). Estes sistemas de lineamentos interseccionam o rio Xingu em diversos pontos (ver Figura 16). Visto que estas intersecções marcam variações nas distribuições das ocorrências de sedimentos fluviais da calha do rio Xingu, conforme apontado por RODRIGUEZ & SUGUIO (1992), admite-se que a compartimentação de blocos limitados pelos lineamentos e pelas

áreas de anomalias de gradientes hidráulicos das drenagens de 2ª ordem, representa uma estruturação neotectônica imposta à região.

Esta neotectônica é marcada por reativações de estruturas antigas, possivelmente pré-cambrianas, reativadas em caráter normal, também, durante o Fanerozóico.

Provavelmente esta compartimentação neotectônica controlou a configuração atual do curso do rio Xingu. Isto fica evidente na região entre os sistemas de lineamentos Cachoeira Grande e Paxamba, onde o rio Xingu fica restrito a um emaranhado de estreitos canais retilíneos com direções N85+/-5W e N40+/-10W. A este trecho deve-se o enorme potencial hidrelétrico da área.

As possíveis idades dos sedimentos estudados poderiam ser estimadas correlacionando-os aos dados regionais obtidos por SOUBIES *et al.* (1989), e às idades arqueológicas obtidas por PEROTA (1977). Desta forma, os colúvios e aluviões, pelo menos os níveis mais superiores destes depósitos, poderiam ser posicionados há cerca de 6.000 anos AP, enquanto os níveis inferiores poderiam estar relacionados ao final do último período glacial há cerca de 11.000 anos AP. Estas idades poderiam estar representando a passagem de clima semi-árido ou, pelo menos, mais seco que o atual, para climas úmidos na área, quer pelo recuo de geleiras durante o final da última glaciação (11.000 anos AP) ou pelo final da ação de um suposto fenômeno do tipo "El Niño" há cerca de 6.000 anos AP.

Os depósitos terraceados descritos nas regiões de Kararaô e Juruá e os sedimentos falhados do Morro do Macacão, Babaquara e DIB

2. claramente mais antigos do que os sedimentos aluviais, poderiam ser do Pleistoceno. Por sua vez, os depósitos que ocorrem nos divisores do igarapé Joá pertenceriam ao Terciário, considerando-os, assim, como produtos do retrabalhamento da Formação Alter do Chão em uma situação de tectônica ascendente.

Obviamente, conforme já mencionado no item VI.6, estas tentativas de estabelecimento de idades são subjetivas e, embora tenham sido estimadas através das relações entre os depósitos, pouco acrescentam a este estudo. Todavia, sente-se a falta de uma maior precisão nestas idades o que, sem dúvida, possibilitaria uma melhor compreensão da evolução quaternária da região.

Durante o Terciário, provavelmente concomitantemente à incorporação da rede de drenagens pretérita da Amazônia pela foz do Amazonas, no clímax da Orogenia Andina, o curso do rio Xingu estaria disposto num eixo único de direção NE, tendo os sedimentos dos divisores do igarapé Joá como representativos deste sistema fluvial. Sucessivas reativações tectônicas ocasionariam o desvio do rio Xingu junto ao Sistema de Lineamentos Cachoeira Grande. Este Sistema estaria limitando um bloco de direção NW em regime de franca ascensão, o que barraria o curso do rio Xingu, próximo a Altamira.

Coincidentemente existe um corpo de basalto da Formação Penatecaua a jusante da cidade de Altamira, o que faz pensar sobre a possibilidade do rio Xingu ter iniciado a sua grande volta devido a este obstáculo (ver figura 10). Descarta-se, todavia, esta interpretação pelo fato de que trata-se de um corpo pequeno em

relação ao desvio proporcionado. Além disso algumas drenagens de menor porte cortam este corpo e o basalto apresenta-se totalmente intemperizado, facilitando a sua erosão. Desta forma, a interpretação com base em movimentos tectônicos parece ser a mais apropriada, independente das idades envolvidas, para explicar o desvio do curso do rio Xingu a jusante de Altamira.

Durante o Neoceno, a região ainda em regime de ascensão tectônica, provocaria entre os sistemas de lineamentos Cachoeira Grande e Faxamba intensa erosão desta área, encaixando o rio Xingu em canais orientados segundo antigas estruturas presentes no Complexo Xingu ou mesmo em descontinuidades originadas por novos esforços atuantes na área. Talvez sejam desta idade as panelas de erosão encontradas na região do Juruá.

Provavelmente durante o Pleistoceno, após a sedimentação dos depósitos encontrados na região de Babaquara e dos terraços de Kararaô, novas movimentações neotectônicas reativaram estruturas antigas produzindo a segmentação parcial destes depósitos. Em alguns depósitos, como aquele descrito no DIB 2, esta tectônica teria sido sinsedimentar.

O Holoceno estaria representado pelo desenvolvimento dos depósitos aluviais do tipo do igarapé Ticaruca. Nesta época, com o final do último estágio glacial e tendo a região se portado como um grande bloco em regime tectônico ascendente, ocorreu o "afogamento" do rio Xingu desde Belo Monte até o rio Amazonas. Este trecho do rio se caracteriza por águas extremamente calmas percorrendo mais de 200

Km e produzindo um desnível menor que 5 m, porém sem planícies de inundação expressivas, à exemplo da área de estudo, para um gradiente hidráulico tão baixo.

A presença de estruturas NW reativadas em sistemas de falhas normais faz supor que a região, desde o Terciário, estaria sob um regime de esforço trativo.

As estruturas reativadas sugeridas pela análise de espessura nas áreas de Babaquara e DIB 2, bem como o plano de falha obtido na região do Morro do Macacão variam em apenas 30°, podendo-se considerá-las como subverticais, tendo como uma direção intermediária entre estas estruturas a atitude de N50W (Figura 34). Nos diagramas de rosáceas da figura 18, os lineamentos restritos ao rio Xingu concentram-se nas direções N80W e N30W, portanto com bissetriz em N55W (Figura 34).

Considerando que a variação de 30° entre as direções das falhas normais é pequena em vista dos métodos utilizados e dos possíveis erros estatísticos envolvidos na obtenção das direções estruturais, pode-se admitir que as direções N50W e N55W representam o mesmo regime de tensão reativando estruturas NW em falhas normais e responsável pelos lineamentos restritos ao rio Xingu.

Ao analisarmos os lineamentos do trecho de maior declividade do curso do rio Xingu (figuras 16 e 19), as constantes direções N80W e N40/30W fornecem um padrão de mosaicos losangulares à área sugerindo pares de estruturas conjugadas possíveis através de compressão NW e extensão NE.

Figura 34 - Modelo interpretativo dos esforços neotectônicos através da relação entre as falhas normais dos depósitos quaternários e lineamentos principais que interceptam o rio Xingu (tensores estimados segundo lineamentos conjugados N80W e N30W).

Embora não tenha sido possível observar estrias de falhas nos sedimentos quaternários e não terem sido constatadas evidências características de transcorrência NWW ou NW, as relações entre as estruturas reativadas em falhas normais e os lineamentos restritos ao rio Xingu parecem apontar para a existência de compressão segundo N55W, como tensão principal, e tração segundo N35E, como tensão secundária, admitindo-se, para isto, uma tensão normal intermediária vertical. Estes esforços estariam em concordância com os parâmetros de mecanismo focal determinados por ASSUMPÇÃO et al (1985) e ASSUMPÇÃO & SUAREZ (1988) para um sismo ocorrido em 12 de novembro de 1980 a cerca de 450 Km ao sul da área de estudos.

Estes tensores poderiam estar representando na área uma resultante das tensões intraplaca relativas à migração das placas de Nazca, Cocos e Caribe sob a Placa Sul Americana e a expansão do assoalho oceânico na cadeia Meso-Atlântica (ver figura 2).

Por outro lado, a condição de ascensão regional imposta à área faz também admitir a possibilidade de movimentos isostáticos em todo o Cráton Amazônico. Estes movimentos poderiam ser explicados pelo acúmulo da carga sedimentar na foz do rio Amazonas e nas bacias do Acre e Solimões e erosão na região compreendida pelos altos de Purus e de Gurupá.

Como resultado de aplicação deste trabalho, alerta-se para a necessidade de se realizar o detalhamento das evidências neotectônicas apresentadas, além do reconhecimento de outras situações de movimentações quaternárias, para os estudos referentes

ao Complexo Hidrelétrico de Altamira, ou ainda a outras obras similares, quer seja para inferências sobre condições de novos esforços devido às tensões verticais projetadas localizadamente (eixos das barragens) e regionalmente (reservatório), ou para adequar os cálculos das estruturas projetadas a uma situação pouco previsível com base nos estudos sismológicos regionais.

Ressalta-se, ainda, a aplicação dos resultados obtidos na pesquisa de materiais naturais de construção, através da potencialidade de ocorrência de jazidas de britas em áreas em regime de erosão franca, ou depósitos de areia em áreas com predominância de deposição.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AB'SABER, A.N. (1977) Espaços ocupados pela expansão dos clima secos na América do Sul, por ocasião dos períodos glaciais quaternários. Paleoclima. Inst. Geogr. Univ. São Paulo. 3:1-19.
- ABSY, M.L.; CLEEF, M.; FOURNIER, A.; MARTIN, L.; SUGUIO, K.; TURCO.; HAMMEN, T.V.D. (1991) Mise en évidence de quatre phases d'ouverture de la forêt dense dans le sud-est de l'Amazonie au cours des 60.000 dernières années. Première comparaison avec d'autres régions tropicales. *C.R. Acad. Sci. Paris*, 312(II):637-678.
- ALMEIDA, F.F.M.; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B.B.; FUCK, R.A. (1977) Províncias Estruturais Brasileiras. In: .SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 8. Campina Grande, 1977. Atas... Campina Grande, SBG/NE.. Bol. n. 6, p. 363-391.
- AMARAL, G. (1984) Províncias Tapajós e Rio Branco. In: ALMEIDA, F.F.M. & HASUI, Y. Eds. *O Pré Cambriano do Brasil*. Ed. Edgard Blücher Ltda., São Paulo. p. 6-35.
- AMARAL, G. (1974) *Geologia pré cambriana da região Amazônica*. (Tese de Livre Docência apresentada ao Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo).
- ANDRADE, C.A.C. & CUNHA, F.M.B. (1972) Revisão geológica da Bacia Paleozóica do Amazonas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 26, Belém, 1972. *Anais...* Belém, SBG. v.2, p. 67-90.
- ANDRADE RAMOS, J.R. (1956) Reconhecimento geológico no Território do Rio Branco. In: Brasil. *Relatório anual do diretor*. Rio de Janeiro, DNPM/DGM, p. 58-62.
- ASMUS, H.E & PORTO, R. (1972) Classificação das bacias sedimentares brasileiras segundo a tectônica de placas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 26, Belém, 1972. *Anais...* Belém, SBG. v.2, p. 67-90.

- ASSUMPTÃO, M. & SUAREZ, G. (1988) Source mechanism of moderate-size earthquakes and stress orientation in mid-plate South America. *Geophysical Journal*, n. 92, p. 253-267.
- ASUMPTÃO, M.; SUAREZ, G.; VELOSO, J.A. (1985) Fault plane solutions of intraplate earthquakes in Brazil: some constraints on the regional stress field. *Tectonophys.*, n.113, p. 283-293.
- BAKER, V.R. (1978) Adjustment of fluvial systems to climate and source terrain in tropical and subtropical environments. In: MIAL, A.D. (ed). *Fluvial Sedimentology*. Calgary, Canadian Society of Petroleum Geologists. p. 211-230.
- BARROS, A.M.; ALVES, E.D.O.; LIMA, M.I.C.; FERNANDES, C.A.C. (1977) Geologia. In: Brasil. Projeto RADAMBRASIL., Folhas SB/SC. 18 Javari/Contamana; Lev. Rec. Nat., DNPM, Rio de Janeiro. v.13 p. 1-103 .
- BERROCAL, J. (1984) *Sismicidade do Brasil*. Ed. Inst. Astron. e Geof., Universidade de São Paulo e Comissão Nacional de Energia Nuclear. São Paulo.
- BOUMAN, Q.C. (1959) *Semi-detailed geologic reconnaissance of the central portion of the Serra de Moa Anticline - Northwestern. Território do Acre*. Belém, PETROBRAS/RENOR,. (relatório técnico interno, 242-A) 35p..
- CAPUTO, M.V. (1984) *Stratigraphy tectonics, paleoclimatology and paleogeography of northern basins of Brazil*. (Ph.D. Thesis). Santa Barbara, Univ. of. California. 586p..
- CAPUTO, M.V. (1973) *Relatório preliminar de exploração da Bacia do Acre*. Belém, PETROBRAS (Relatório interno, 26-A), 24p.
- CAPUTO, M.V.; RODRIGUES, R.; VASCONCELOS, D.N.N. (1972) Nomenclatura estratigráfica da Bacia do Amazonas: histórico e atualização. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 26, Belém, 1972. *Anais...* Belém, SBG, v.3, p. 35-46.
- CAPUTO, M.V.; RODRIGUES, R.; VASCONCELOS, D.N.N. (1971) *Litoestratigrafia da Bacia do Amazonas*. PETROBRAS. (Relatório técnico interno 641-A).

- COIMBRA, A.M.; GóES, A.M.; HACHIRO, J.; SANT'ANNA, L.G.; HELLMEISTER JUNIOR, Z.; CABRAL JUNIOR, M. MORAES, M.C. de; STEFANI, F.L.; VIEIRA, P.C. (1992) Proposta de classificação integrada de rochas sedimentares clásticas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 37, São Paulo, 1992. Boletim de Resumos Expandidos... SBG/SP, v.2, p.419-421.
- COLINVAUX, P.A. (1989) The past and future Amazon. *Scientific American*, 260(5):68-74.
- CORDANI, U.G. (1978) Comentários filosóficos sobre a evolução geológica Pré-Cambriana. *Boletim SBG/BA*, 3:33-43.
- CORDANI, U.G. & BRITO NEVES, B.B. (1982) The geologic evolution of South America during the Archaean and Early Proterozoic. *Rev. Bras. Geoc.*, 12(1-3):78-88.
- CORDANI, U.G.; BRITO NEVES, B.B.; FUCK, R.A.; PORTO, R.; THOMAS FILHO, A.; CUNHA, F.M.B. (1984) *Estudo preliminar de integração do Pré-Cambriano com os eventos tectônicos das bacias sedimentares brasileiras*. Rio de Janeiro, CENPES/SINTEP. (Série Ciência Tecn. Petról., Seção: Exploração de Petróleo, Public. n. 15).
- CORDANI, U.G.; TASSINARI, C.C.G.; TEIXEIRA, W.; BASEI, M.A.S.; KAWASHITA, K. (1979) Evolução tectônica da Amazônia com base nos dados geocronológicos. In: CONGRESSO GEOLOGICO CHILENO, 2, Arica, 1979. Atas... Arica, Inst. de Invest. Geol., Tomo 4, p. 137-148.
- COSTA, M.L. (1991) Aspectos geológicos dos lateritos da Amazônia. *Rev. Bras. Geol.*, SBG, São Paulo. 21(2):146-160.
- CUNHA, F.M.B. (1991) Morfologia e neotectonismo do Rio Amazonas. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 3, Belém, 1991. Anais... Belém, SBG/NO. p. 193-210.
- CUNHA, F.M.B. (1988) Controle tectônico-estrutural na hidrografia na região do Alto Amazonas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 35, Belém, 1988. Anais... Belém, SBG, v.5, p. 2267-2277.
- CUNHA, F.M.B.; CARNEIRO, R.G.; CAPUTO, M.V. (1971) *Estudo geomorfológico preliminar da Bacia do Médio Amazonas*. Belém. PETROBRAS/DENOR (relatório técnico interno 634-A).

- DAEMON, R.F. (1975) Contribuição a datação da Formação Alter do Chão, Bacia do Amazonas. *Rev. Bras. Geoc.*, SBG, São Paulo, 5(2):78-84.
- DAMUTH, J.E. (1973) *The western equatorial atlantic: morfology, quaternary sedments and climatic cycles*. (Ph.D. Thesis). New York, Columbia Univ., 522p.
- DAMUTH, J.E. & KUMAR, N. (1975) Amazon cone: morfology, sediments, age and growth patterns. *Geol Soc. Amer. Bull.* Colorado, 86(6):863-878.
- DEL'ARCO, J.O.; SANTOS, R.O.B.; RIVETI, M.; ALVES, E.D.O.; FERNANDES, C.A.C; SILVA, L.L. (1977) Geologia. In: Brasil. Projeto RADAMBRASIL, Folha SB.19 Juruá. Lev. Rec. Nat., DNFM, Rio de Janeiro, v. 15, p. 1-75.
- DERBY, O.A. (1877) Contribuições para a geologia da região do Baixo Amazonas. *Arch. Museu Nacional*, Rio de Janeiro, 3:77-104.
- ELETRONORTE/CNEC (1988a) *UHE Kararaô. Estudos de Viabilidade. Panorama Atual*. Brasília, ELETRONORTE. 38p.
- ELETRONORTE/CNEC (1988b) *Mapeamento Geológico (1:250.000) - Area de influência do reservatório de Kararaô. Relatório final do Projeto de Viabilidade do Complexo Hidrelétrico de Altamira (versão preliminar - relatório interno)*.
- ELETRONORTE/CNEC (1986a) *Geologia do aproveitamento hidrelétrico de Babaquara. Viabilidade do Complexo Hidrelétrico de Altamira, aproveitamento de Babaquara. (relatório interno IHX-10V-1183-RE)*. 39p. (anexos).
- ELETRONORTE/CNEC (1986b) *Geologia da faixa montante. Viabilidade do Complexo Hidrelétrico de Altamira, aproveitamento de Babaquara. (relatório interno IHX-10V-1182-RE)*. 52 p. (anexos).
- ELETRONORTE/CNEC (1983) *Geologia preliminar dos diques do reservatório. Estudos Xingu - Aproveitamento de Kararaô. (relatório interno IHX-10V-1114-RE)*. 40p (mapas).

- ELETRONORTE/CNEC** (1982a) *Geologia preliminar dos diques do reservatório de Babaquara. Estudos Xingu - Aproveitamento de Babaquara.* (relatório interno IHX-10V-1103-RE). 29p. (mapas).
- ELETRONORTE/CNEC** (1982b) *Investigações geológico-geotécnicas realizadas no sítio I no período de setembro/80 a dezembro/81. Viabilidade do Aproveitamento de Babaquara* (relatório interno IHX-10v-1097-RE, tomos I, II, III e IV).
- ELETRONORTE/CNEC** (1981) *Mapeamento geológico nos divisores do reservatório de Kararaã. Estudos Xingu - Aproveitamento de Kararaã.* (relatório interno IHX-10V-1041-RE). 27p. (anexos).
- ELETRONORTE/CNEC** (1980a) *Estudos geológico-geotécnicos. In: Estudos de Inventário Hidrelétrico da Bacia Hidrográfica do Rio Xingu.* Brasília, MME/ELETRONORTE. v.3.
- ELETRONORTE/CNEC** (1980b) *Investigações geológico-geotécnicas realizadas no período de junho/79 a março/80. Viabilidade do aproveitamento de Babaquara* (relatório interno IHX-10V-1002-RE, Tomos I, II e III).
- FAIRBRIDGE, R.W.** (1961) Eustatic change in sea-level. *Phys. Chem. Earth*, 4:99-185.
- FIGUEIREDO, A.J.A.; BARROS, A.M.; EULALIO FILHO, A.; RODRIGUES, A.P.; PIMENTEL, G.B.; COUTO, J.G.P.; COSTA, S.A.G.; RESENDE FILHO, S.T.; PARTORE JUNIOR, W.P.; RIBEIRO FILHO, W.** (1974) *Projeto Alto Guaporé. Relatório final.* Goiânia, DNPM/CPRM, 11v.
- FRANZINELLI, E. & ORI, G.G.** (1988) Mecanismos de preenchimento dos paleovales quaternários na Amazônia. *In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE GEOLOGIA*, 7, Belém, 1988. *Anais...* Belém, SBG. v.1, p. 399-407.
- HAFFER, J.** (1992) Ciclos de tempo e indicadores de tempo na história da Amazônia. *Rev. Estudos Avançados. Inst. Est. Avançados. São Paulo*, 6(15):7-39.
- HAFFER, J.** (1989) Aspectos gerais da teoria de refúgios. *Espaço, Ambiente e Planejamento. CVRD/GEAMAN*, 2(9):3-34.

- HAFER, J. (1969) Speciation in Amazonian forest birds. *Science*. 165:131-137.
- HOBBS, W.H. (1904) Lineaments of the Atlantic border region. *Bol. Geol. Soc. Amer.*, 15:483-506.
- IRIONDO, M. & SUGUIDO, K. (1981) Neotectonics of Amazon Plain. *Bull. of the INQUA Neotectonic Com.*, 4:72-78.
- ISSLER, R.S.; ANDRADE, A.R.F.; MONTALVÃO, R.M.G.; GUIMARÃES, G.; SILVA, G.G.; LIMA, M.I.C. (1974) Geologia. In: Brasil. Projeto RADANBRASIL, Folha SA.22 Belém; Lev. Rec. Nat., DNPM, Rio de Janeiro. v.5, p. 1-71.
- JORGE JOÃO, X.S.; VALE, A.G.; LOBATO, T.A.M. (1987) Altamira - Folha SA.22-Y-D - Estado do Pará. Prog. Lev. Geol. Bas., CPRM/DNPM. Brasília. 31p (6 mapas).
- KISTLER, P. (1954) *Historical resume of the Amazon Basin*. Petrobrás. (Relatório técnico interno 104-A).
- KLEME, H.D. (1980) Petroleum basins - classification and characteristics. *Journal of Petroleum Geol.* 3:187-207.
- LANGE, F.W. (1967) Subdivisão bioestratigráfica e revisão da coluna silúrio devoniana da bacia do Baixo Amazonas. In: SIMPÓSIO SOBRE A BIOTA AMAZÔNICA, Belém, 1966. Atas... Rio de Janeiro, CNPq, p. 215-326.
- LINSSER, H. (1974) Interpretação das anomalias gravimétricas regionais na área amazônica. *Bol. Tec. Petrobrás*. Rio de Janeiro. 17(1).
- LINSSER, H. (1958) Interpretation of the regional gravity anomaly in the Amazonas área. *Rel. Petrobrás*. Rio de Janeiro. n. 859-1.
- LIU, C.C. (1987) A geologia estrutural do Estado do Rio de Janeiro vista através de imagens MSS do Landsat. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA REGIONAL RJ-ES, 1. Rio de Janeiro, 1987. Anais... Rio de Janeiro, SBG/RJ-ES, p. 164-188.
- MAIA, R.G.N.; GODOY, H.K.; YAMAGUTI, U.F.; MOURA; P.A. de; COSTA, F.S.F. da; HOLANDA, M.A. de; COSTA, J.A (1977) *Projeto Carvão no Alto Solimões*. Relatório Final. Manaus, DNPM/CPRM. 11v..

- MAIA, R.G.N. (1979) Contribuição à geologia do Alto Solimões. *Boletim SBG/Manaus*. 1:21-26.
- MARTIN, L.; ABSY, M.L.; FLEXOR, J.M.; MOURGUIART, P.; SIFFEDINE, A. SOUBIES, F.; SUGUIO, K. TURCO, B. (1991) Registro, através de indicadores diversos, de situações do tipo *El Niño* em diversas regiões da América do Sul, no decorrer dos últimos 7.000 anos. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 3, Belo Horizonte, 1991. Resumos... São Paulo, ABEQUA. Pub. Esp. nº 1, p. 15-16.
- MELO, M.S. de; PONÇANO, W.L.; MOOK, W.G.; AZEVEDO, A.E.G. (1987) Datações ^{14}C em sedimentos da Grande São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 1. Porto Alegre, 1987. ABEQUA, p. 427-436.
- MILLIMAN, J.D.; SUMMERHAYES, C.P.; BARRETO, H.T. (1975) Quaternary sedimentation on the Amazon continental margin: a model. *Geol. Soc. Amer. Bull.* 86(5):610-614.
- MIOTO, J.A. & HASUI, Y. (1987) O movimento das terras. *Rev. Ciência Hoje*. SBPC. 5(30).
- MIURA, K. (1972) Possibilidades petrolíferas da Bacia do Acre. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 26, Belém, 1972. *Anais...* Belém, SBG... v. 3, p. 15-20.
- MORAES REGO, L.F. (1930) *Notas sobre a geologia do Território do Acre e da bacia do Javari*. Manaus. Cezar Cavalcante & Cia.. 45p.
- MOSSMANN, R.; FALKENHEIR, F.U.H.; GONÇALVES, A.; NEPOMUCENO FILHO, F. (1984) Oil and gas potential of the Amazon Paleozoic Basins. In: ALBOUT, M.T. Ed. *Future Petroleum Provinces of the World*. AAPG. *Memoir* 40, p.207-241.
- NACSN - North American Commission on Stratigraphic Nomenclature (1983) North American Stratigraphic Code. *APPG Bull.* 76(5):841-875.
- O'LEARY, D.W.; FRIEDMAN, J.D.; POHN, H.A. (1976) Lineament linear lineation: some proposed new standards for old terms. *Bull. Geol. Soc. Amer.* 87:1463-1469.

- PEROTA, C. (1977) *Relatório de trabalho de campo realizado no rio Xingu, durante o mês de junho de 1977, para o Programa Nacional de Pesquisas Arqueológicas na Bacia Amazônica*. PRONAPABA. Univ. Fed. Espírito Santo, Vitória. 103 p. (inédito).
- PETRI, S. (1954) Foraminíferos fósseis da Bacia do Marajó. *Bol. Fac. Fil. Ciênc. Letras, Universidade de São Paulo*. n. 176.
- PETRI, S.; COIMBRA, A.M.; AMARAL, G.; OJEDA, H. O.; FULFARO, V.J.; PONÇANO, W.L. (1986) Código Brasileiro de Nomenclatura Estratigráfica - guia de nomenclatura estratigráfica. *Rev. Bras. Geoc. SBG*. São Paulo. 16(4):370-415.
- PETTENA, J.L.; BARROS, A.L.M.M. de; MATOS, W.D. de; RIBEIRO, A.C.O.; CARVALHO, R.M. (1980) Estudos de Inventário Hidrelétrico na Amazônia: bacia do rio Xingu. In: SIMPÓSIO SOBRE AS CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS DA REGIÃO AMAZÔNICA. Brasília, 1980. Atas... ABGE, p. 115-136.
- REZENDE, W.M. & FERRADAIS, J.O. (1971) Integração geológica regional da Bacia Sedimentar da Foz do Amazonas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 25, São Paulo, 1971. Anais... SBG/SP, v. 3, p. 203-214.
- RODRIGUEZ, S.K. & SUGUIO, K. (1992) Gradientes hidráulicos das drenagens de 2ª ordem: uma contribuição para os estudos de neotectônica da "Volta Grande" do rio Xingu, Altamira - PA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 37, São Paulo, 1992. Boletim de Resumos Expandidos... SBG/SP, v.1, p.598-600.
- SANTOS, M.V.; SOUZA FILHO, E.E.; TASSINARI, C.C.G.; TEIXEIRA, W.; RIBEIRO, A.C.O.; PAYOLLA, B.L.; VASCONI, A.V. (1988) Litoestratigrafia das rochas pré cambrianas na bacia do médio rio Xingu - Altamira, PA. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE GEOLOGIA, 7, Belém, 1988. Anais... v.1, p. 363-377.
- SERVANT, M.; FOURNIER, M.; SOUBIES, F.; SUGUIO, K.; TURCO, B. (1989) Sécheresse holocène au Brésil (18-20 latitud sud), implications paléométéorologiques. *C.R. Acad. Sci. Paris*, 309(II):153-156.
- SILVA, G.G.; LIMA, M.I.C.; ANDRADE, A.R.F.; ISSLER, R.S.; GUIMARÃES, G. (1974) Geologia. In: Brasil: Projeto RADAMBRASIL, folhas SB 22

Araguaia e Parte de SC. 22 Tocantins; Lev. Rec. Nat...., DNPM, Rio de Janeiro. v.4, p. 1-143.

SOUBIES, F.; SUGUIO, K.; MARTIN, L.; LEPRUN, J.C.; SERVANT, M.; TURCO, B.; FOURNIER, M.; DELAUME, M.; SIFEDDINE, A. (1989) The quaternary lacustrine deposits of the Serra dos Carajás (State of Pará, Brazil): Ages and other preliminary results. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON GLOBAL CHANGES IN SOUTH AMERICA DURING THE QUATERNARY. São Paulo, 1989. Special publication... ABEGUA, nº1, p.125-128.

SOUZA FILHO, E.E.; SANTOS, M.V.; BORDUQUE, M.; RIBEIRO, A.L.O.; PAYOLLA, B.L. (1988) A Formação Trombetas nas proximidades de Belo Monte - PA. Sítio da UHE de Kararaá. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 35, Belém, 1988. *Anais...* Belém, SBG, v.2, p. 713-724.

STERNBERG, H.O. (1950) Vales tectônicos na planície amazônica? *Rev. Brasil. Geografia*. Ano XII, n.4, p. 511-534.

STRAHLER, A.N. (1952) Dynamic basis of geomorfology. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 63:923-938.

SUGUIO, K. & TESSLER, M.G. (1991) *Proceedings of the Global Changes in South America during the Quaternary. Boletim IG-USP. Publicação Especial nº8, 243p.*

TAKIYA, H. (1991) *Aplicação de métodos quantitativos espaciais a dados geológicos da Bacia de São Paulo. (Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo.*

TAKIYA, H. & YBERT, J.P. (1991) Evidências palinológicas de uma fase climática seca durante o Holoceno na Bacia de São Paulo. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 2. São Paulo, 1991. *Atas...* São Paulo, SBG/SP-RJ, p. 29.

TEIXEIRA, W.; TASSINARI, C.C.G.; CORDANI, U.G.; KAWASHITA, K. (1989) A review of the geochronology of the Amazonian Craton: tectonic implications. *Pre Cambrian Research*. 42:213-227.

VEIGA, A.T.C. (1991) Paleoenvironmental and archeological significance of alluvial places of the Brazilian Amazon. *BoI. IG-USP. Pub. Esp. n° 8: Proceedings of the global changes in South America during the Quaternary*. São Paulo, IG-USP. p. 213-222.

VELOSO, J.A.V. & MENDIGUREN, J.A. (1980) Sismicidade da Amazônia e parte do centro-oeste brasileiro. In: SIMPÓSIO SOBRE AS CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS NA REGIÃO AMAZÔNICA. Brasília, 1980. Atas... Brasília, ABGE, p. 43-58.

- SEDIMENTOS QUATERNÁRIOS FLUVIAIS (BARRAS) NO RIO XINGU E TERRAÇOS.
- ILHAS NO RIO XINGU, CONSTITUÍDAS DE ROCHAS SÃS DO COMPLEXO XINGU.
- ÁREAS COM EVIDÊNCIAS NEOTECTÔNICAS ESTUDADAS.
- LINEAMENTOS FOTOINTERPRETADOS.
- LIMITE DA BACIA DO BAIXO AMAZONAS (AO NORTE) COM O CRÁTON AMAZÔNICO (AO SUL).
- DEPÓSITOS FLUVIAIS CAPEANDO TOPOS DE MORROS (PODEM SER CORRELACIONÁVEIS À FORMAÇÃO ALTER DO CHÃO OU RETRABALHAMENTO DESTA NO TERCIÁRIO).

DEPOSITOS CENOZÓICOS E NEOTECTÔNICA DA "VOLTA GRANDE" DO RIO XINGU - PA

- ISOVALORES DE "g". CURVAS DE 4 (100 h/d).
- AREAS COM "g" > 16 (100 h/d).
- LINEAMENTOS MORFOESTRUTURAIS.

$$g = \frac{h1 - h2}{d} \times 100$$

ISOVALORES DOS GRADIENTES HIDRÁULICOS DAS DRENAGENS DE 2ª ORDEM (g)

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS - USP

BIBLIOTECA

T 1804

SK. RODRIGUEZ, 1993

ANEXO-B

LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS AMOSTRADOS - 149 SONDAGENS

REFERÊNCIAS: ELETRONORTE/CNEC, 1980b e 1982b

CURVAS DE ISOESPESSURA A CADA 2 METROS

MAPA DE ISOVALORES DE ESPESSURA

TOTAL DE SOLOS

DA REGIÃO DE BABAQUARA

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS - USP

S. K. RODRIGUEZ, 1993

BIBLIOTECA

T 1804

ANEXO - C

LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS AMOSTRADOS - 152 SONDAGENS

REFERÊNCIAS: ELETRONORTE/CNEC, 1980b e 1982b

CURVAS DE ISOESPESURA A CADA 1 METRO

MAPA DE ISOVALORES DE ESPESSURA DE
SEDIMENTOS QUATERNÁRIOS
DA REGIÃO DE BABAQUARA

S.K. RODRIGUEZ, 1993

BIBLIOTECA
T1804

ANEXO - D

LIOTECA
T 1804