



UNIVERSIDADE FEDERAL
DO PARÁ



INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS



FACULDADE DE GEOLOGIA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

JOÃO PAULO ABREU ALMEIDA

GEOLOGIA E EVOLUÇÃO DA PAISAGEM DA ILHA DE ITARANA,
NW DO MUNICÍPIO DE SÃO JOÃO DE PIRABAS, NE DO ESTADO
DO PARÁ.

BELÉM

2013

JOÃO PAULO ABREU ALMEIDA

GEOLOGIA E EVOLUÇÃO DA PAISAGEM DA ILHA DE ITARANA,
NW DO MUNICÍPIO DE SÃO JOÃO DE PIRABAS, NE DO ESTADO
DO PARÁ.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade de Geologia da Universidade Federal do
Pará – UFPA, em cumprimento às exigências para
obtenção de grau de Bacharel em Geologia.

Orientador: Prof. Dr. Maurício da Silva Borges

BELÉM

2013

Sistema de Bibliotecas da UFPA

A447g Almeida, João Paulo Abreu

Geologia e evolução da paisagem da ilha de Itarana, NW do município de São João de Pirabas, NE do estado do Pará / João Paulo Abreu Almeida; Orientador: Maurício da Silva Borges – 2013

58 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação em geologia) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Faculdade de Geologia, Belém, 2013.

1. Geomorfologia. 2. Geoprocessamento. 3. Geoturismo. 4. Socioambiental. 5. Arenito Pilões. I. Borges, Maurício da Silva, *orient.* II. Universidade Federal do Pará. III. Título.

CDD 22^a ed.: 551.41098115

JOÃO PAULO ABREU ALMEIDA

GEOLOGIA E EVOLUÇÃO DA PAISAGEM DA ILHA DE ITARANA,
NW DO MUNICÍPIO DE SÃO JOÃO DE PIRABAS, NE DO ESTADO
DO PARÁ.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade de Geologia da Universidade Federal do
Pará – UFPA, em cumprimento às exigências para
obtenção de grau de Bacharel em Geologia.

Data de aprovação: ____/____/____

Conceito:_____

Banca examinadora:

Prof. Dr. Maurício da Silva Borges

Pós Doutor em Geologia

Prof. Dr. Arnaldo de Queiroz da Silva

Doutor em Geologia

Profa. Dr. Ruthlea Bemerguy

Doutora em Geologia

BELÉM

2013

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Maurício da Silva Borges, por ter aceitado me orientar neste estudo, pelas discussões durante a evolução do trabalho e ao apoio durante a etapa de campo.

Aos verdadeiros amigos, Priscila Amaral e Osmar Guedes da Silva Junior, pelos vários momentos de descontração, pelo apoio nos trabalhos de campo e pelas discussões de caráter geológico.

Ao Prof. Francisco de Assis Matos de Abreu, que me orientou academicamente durante boa parte da graduação, por todas as oportunidades e conhecimentos concedidos através do Laboratório de Cartografia Geológica – GEOCART.

Aos geólogos Edésio Macambira e Telma Lins Faraco, que foram grandes mentores durante o período em que estagiei na CPRM.

À minha família, em especial à minha mãe Lindalva, pelas vezes que me pôs pra fora de casa à força me incentivando a trabalhar neste TCC.

A todos, que por ventura não foram mencionados e que de alguma forma contribuíram para conclusão deste trabalho e de minha graduação, meus sinceros agradecimentos.

RESUMO

Este estudo foi realizado na Ilha de Itarana, situada na porção noroeste do município de São João de Pirabas, nordeste do Estado do Pará. Foram destacadas as seguintes unidades geomorfológicas: Planalto Costeiro, Planície Costeira, Planície lamosa, Sistema de Terraços, Chenier, Baías, Paleodunas, Interdunas, Lagos, Dunas costeiras, Praias, Pós-praia, Estirâncio e Barras arenosas. Foi estabelecida aqui a relação entre estes e os litotipos encontrados ao longo ilha. Foram descritas também as unidades geológicas que compõem o relevo da ilha e seus litotipos aflorantes, neste ponto ressalta-se o arenito Pilões, com suas feições distintas, além dos sedimentos holocênicos, ricos em estruturas neotectônicas. Relevante a este estudo é o arcabouço estrutural da ilha, que, mesmo sob uma caracterização superficial e expedita, se mostra de extremo interesse científico. Referência é feita aos aspectos socioambientais da região, e sua possível relação com a geologia local. Por fim foi realizada uma análise multi-temporal, baseada em dados de imagens de satélite dos últimos 40 anos, com intervalo que abrange da década de 1970 até o ano de 2010, a qual serviu de base para o entendimento da evolução do relevo da Ilha de Itarana.

Palavras-chave: Geomorfologia. Geoprocessamento. Geoturismo. Socioambiental. Arenito Pilões.

ABSTRACT

This study took place at Itarana Island, located at the northwestern portion of the São João de Pirabas County, northeast of Pará state. Several geomorphological units were recognized at the island, Coastal Highlands, Coastal Plain, Muddy Plain, Terrace Systems, Chenier, Bays, Paleodunes, Interdunes, Lakes, Coastal Dunes, Beaches, Backshore, Intertidal and Sandy Bars, as the relation with the lithotypes found at the island. There were also been described the geological units that compose the island relief and its outcropping lithotypes. At this point it is noteworthy to mention the Pilões arenite and its distinguishing features, as so the holocenic sediments, which are rich in neotectonic structures. Another important point addressed in this study is the structural framework of this island, that even with a simply and superficial characterization, shows itself very rich. The social and environmental aspects of the region were also observed, as their possible relation with the geological aspects. In the end a multi temporal analysis was made, based in satellite imagery data of the last 40 years, in an interval that covering since the 1970 decade until the year 2010. This analysis served as a base for the understanding of the islands relief evolution.

Keywords: Geomorphology. Geoprocessing. Geotourism. Socio-Environmental. Pilões Arenite.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de localização da área de estudo.....	12
Figura 2: Interface do software ENVI 4.7, utilizado no processamento digital das imagens de satélite.....	15
Figura 3: Interface do software Global Mapper 12, utilizado na obtenção de feições de relevo.....	15
Figura 4: Anaglifo 3D gerado no software Zoner Photo Studio 14, utilizado no detalhamento das feições de relevo da área.....	16
Figura 5: Interface do software ArcGIS 10, onde foram digitalizadas as imagens e criado o SIG da área de trabalho.....	17
Figura 6: Modelo dos domínios estruturais na região norte, Mesozóico e Cenozóico, destacando as falhas e eixos extensionais.....	19
Figura 7: Planície lamosa, com destaque para sua vegetação característica.....	29
Figura 8: Arenito Pilões (sistema de terraços), destaque para suas feições erosivas características.....	30
Figura 9: Afloramento do arenito pilões no Furo Grande (maré baixa).....	31
Figura 10: Baía do Arapepó.....	32
Figura 11: Vista das paleodunas, atualmente fixas pela vegetação.....	33
Figura 12: Vista da região interdunas.....	34
Figura 13: Imagem do Google Earth indicando a localização dos <i>cheniers</i>	35
Figura 14: Vista de um dos lagos existentes na ilha.....	35
Figura 15: Vista do campo de dunas costeiras.....	36
Figura 16: Vista da praia na localidade Pilões.....	36
Figura 17: Foto ilustrando o pós-praia, com destaque para a leve inclinação da escarpa de praia.....	37
Figura 18: Vista do estirâncio, zona de intermaré.....	38
Figura 19: Barras arenosas migrando sobre o manguezal.....	38
Figura 20: Afloramento do Grupo Barreiras às margens da Baía do Inajá.....	39
Figura 21: Ilha de Itarana, com destaque para a falésia de ocorrência do arenito Pilões.....	41

Figura 22: Falésia, ocorrência do arenito Pilões.....	41
Figura 23: Afloramento do arenito Pilões, com destaque para as suas feições características ricas em ferro.....	42
Figura 24: Afloramento do arenito Pilões no Furo Grande.....	43
Figura 25: Estrutura de <i>swash</i> representada em corte de duna.....	44
Figura 26: Falhas centimétricas, normais e inversas, e estruturas de fluidificação, representadas em corte de duna.....	44
Figura 27: Argilas ocorrentes na planície lamosa, com destaque para as laminações centimétricas levemente inclinadas.....	45
Figura 28: Detalhamento das estruturas encontradas nos sedimentos holocênicos.....	47
Figura 29: Fotografia aérea da região estudada.....	48
Figura 30: Imagem Landsat de 1988, composição R3 G2 B1, com realce de raiz quadrada, em vermelho o limite da área estudada na época da obtenção da imagem....	49
Figura 31: Imagem do Google Earth de 2011, em vermelho o contorno da área de estudo em 1988, em azul a as modificações da linha de costa da ilha.....	49
Figura 32: Intercalação entre os cordões praias e planície lamosa, mostrando camadas de lama aflorando em meio à areia da praia.....	50
Figura 33: Em laranja a interpretação do que seria o relevo inicial da ilha, com base nas ocorrências de <i>cheniers</i>	51
Figura 34: Currais de pesca utilizados na região, ao fundo vê-se a primeira geração, onde o assoreamento do canal é mais intenso e diminui em direção a frente, onde está a geração mais nova de currais.....	52
Figura 35: “Ranchos”, habitações típicas na região.....	53

Sumário

1. INTRODUÇÃO	11
2. LOCALIZAÇÃO	12
3. OBJETIVOS	13
3.1. GERAL:	13
3.2. ESPECÍFICOS:	13
4. MATERIAIS E MÉTODOS	14
4.1. MATERIAIS UTILIZADOS:	14
4.2. ATIVIDADES	14
4.2.1. CAMPO	14
4.2.2. PESQUISA BIBLIOGRÁFICA	14
4.2.3. LABORATÓRIO	14
5. CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL	18
5.1. ARCABOUÇO ESTRUTURAL	18
5.2. ESTRATIGRAFIA	19
5.2.1. FORMAÇÃO PIRABAS	20
5.2.2. GRUPO BARREIRAS	23
5.2.3. SEDIMENTOS PÓS-BARREIRAS	25
5.3. GEOMORFOLOGIA	25
6. GEOLOGIA DA ÁREA DE ESTUDO	27
6.1. GEOMORFOLOGIA	27
6.1.1. INTRODUÇÃO	27
6.1.2. PLANALTO COSTEIRO	27
6.1.3. PLANÍCIE COSTEIRA	28
6.1.3.1. PLANÍCIE LAMOSA	28
6.1.3.2. SISTEMA DE TERRAÇOS	29
6.1.3.3. BAÍAS	31
6.1.3.4. PALEODUNAS	32
6.1.3.5. INTERDUNAS	33
6.1.3.6. CHENIERS	34
6.1.3.7. LAGOS	35
6.1.3.8. DUNAS COSTEIRAS	36
6.1.3.9. PRAIA	36
6.1.3.10. PÓS-PRAIA	37

6.1.3.11.	ESTIRÂNCIO	37
6.1.3.12.	BARRAS ARENOSAS	38
6.2.	ESTRATIGRAFIA	39
6.2.1.	FORMAÇÃO PIRABAS	39
6.2.2.	GRUPO BARREIRAS	39
6.2.3.	ARENITO PILÕES	40
6.2.4.	SEDIMENTOS HOLOCÊNICOS	43
6.3.	GEOLOGIA ESTRUTURAL/NEOTECTÔNICA	45
6.4.	ANÁLISE MULTI TEMPORAL.....	48
6.4.1.	ANÁLISE DA MIGRAÇÃO DE CANAIS E LINHA DE COSTA	48
6.4.2.	INTERPRETAÇÃO PALEOGEOGRÁFICA	50
6.5.	ASPECTOS SOCIOAMBIENTAIS	51
7.	CONCLUSÕES	54
	REFERÊNCIAS	56
	Apêndices	58

1. INTRODUÇÃO

O conhecimento do arcabouço geológico é de extrema importância, do ponto de vista estratégico, para qualquer nação. Com isso em vista, fazem-se necessários estudos e mapeamentos ao longo de toda nação, e em particular na Amazônia Brasileira.

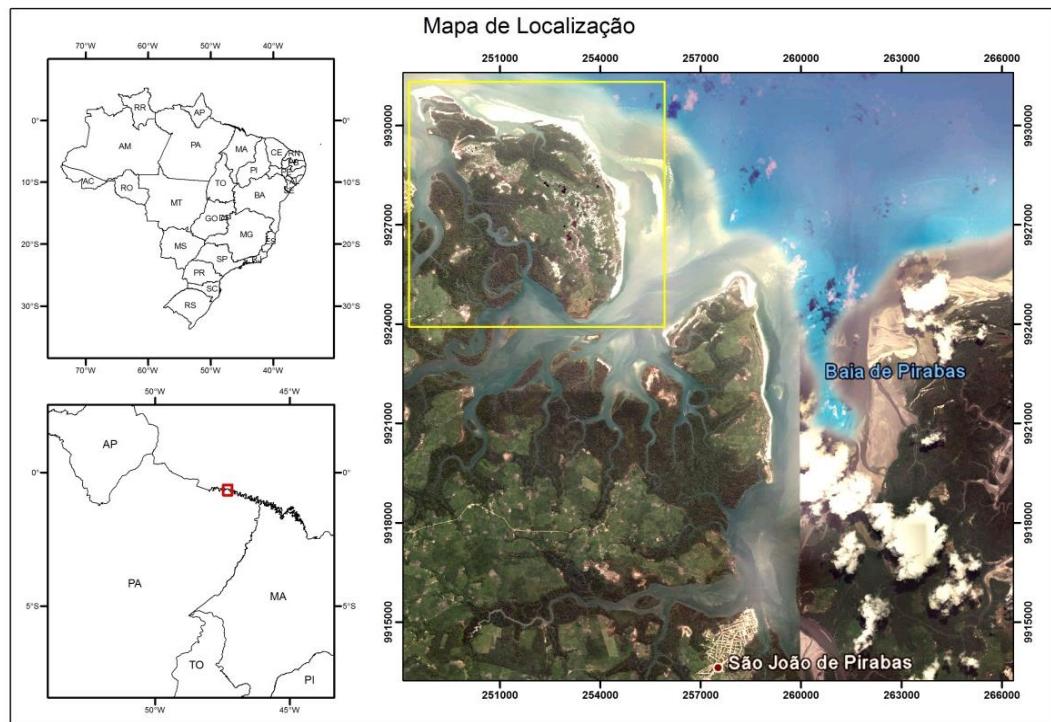
Em um país cuja costa possui mais de 7000 km de extensão, o estudo e mapeamento das áreas costeiras é de extrema valia. Do ponto de vista geológico, tal importância reside na demanda social pelo conhecimento detalhado da dinâmica costeira, ambientes de sedimentação, erosão, relações de contato entre as unidades e arcabouço estrutural. Por outro lado, do ponto de vista estratégico, o estudo destas áreas, é de suma relevância para o pleno conhecimento geográfico da costa brasileira, identificação de áreas de interesse para implantação de projetos, sejam estes para preservação ambiental ou voltadas à infra-estrutura do país, como para a implantação de portos, por exemplo. Por fim, disponibilizar uma base de dados digitais única, integrando os dados e tornando-os acessíveis de maneira simples e ágil.

Tomando isto como base, este estudo visa atrair atenção para o mapeamento e estudo destas áreas, dando ênfase não somente aos aspectos geológicos, mas também em sua relação e influência nas questões de caráter socioambiental.

2. LOCALIZAÇÃO

A área está inserida na porção noroeste do município de São João de Pirabas, o acesso é feito a partir de Belém, pela rodovia BR-316, até Santa Maria, em seguida pela PA-324, até Salinópolis. O acesso à ilha é feito de barco, a partir da vila de Cuiarana em Salinópolis.

Figura 5: Mapa de localização da área de estudo.



Fonte: do autor

3. OBJETIVOS

3.1.GERAL:

Caracterizar a geologia e a geomorfologia da Ilha de Itarana, NE do Estado do Pará, através da elaboração de mapas.

3.2. ESPECÍFICOS:

- Processar e interpretar imagens de sensores remotos;
- Realizar trabalho de campo para verificação dos dados obtidos a partir dos produtos sensores;
- Integrar os dados levantados na bibliografia aos interpretados em um sistema de informação geográfica (SIG);
- Descrever os aspectos geológicos da área;
- Realizar análise multi-temporal na região da Ilha de Itarana, no período entre a década de 1970 até os dias atuais;

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. MATERIAIS UTILIZADOS:

- Trabalhos e mapas de dissertações realizados na região do município de São João de Pirabas.
- Softwares: ArcGIS 10, ENVI 4.7, GlobalMapper 12, Zoner Photo Studio 14 e CorelDraw X5, entre outros.
- Fotografias aéreas na escala 1:70.000, do projeto de parceria entre DNPM e CPRM, de 1978.
- Imagens de satélite Landsat TM, de 22/07/1988, órbita-ponto 223, coluna 060. Das quais utilizaram-se as bandas 1, 2 e 3.
- Imagens do Google Earth
- Materiais de campo: martelo geológico, bússola geológica, GPS

4.2. ATIVIDADES

4.2.1. CAMPO

Foram realizadas duas incursões a área de estudo, nas quais foram feitas seções geológicas contínuas, buscando otimizar os dados obtidos, de modo que estes viessem proporcionar informações precisas e confiáveis, para posterior análise e confrontação com os dados oriundos dos produtos sensores.

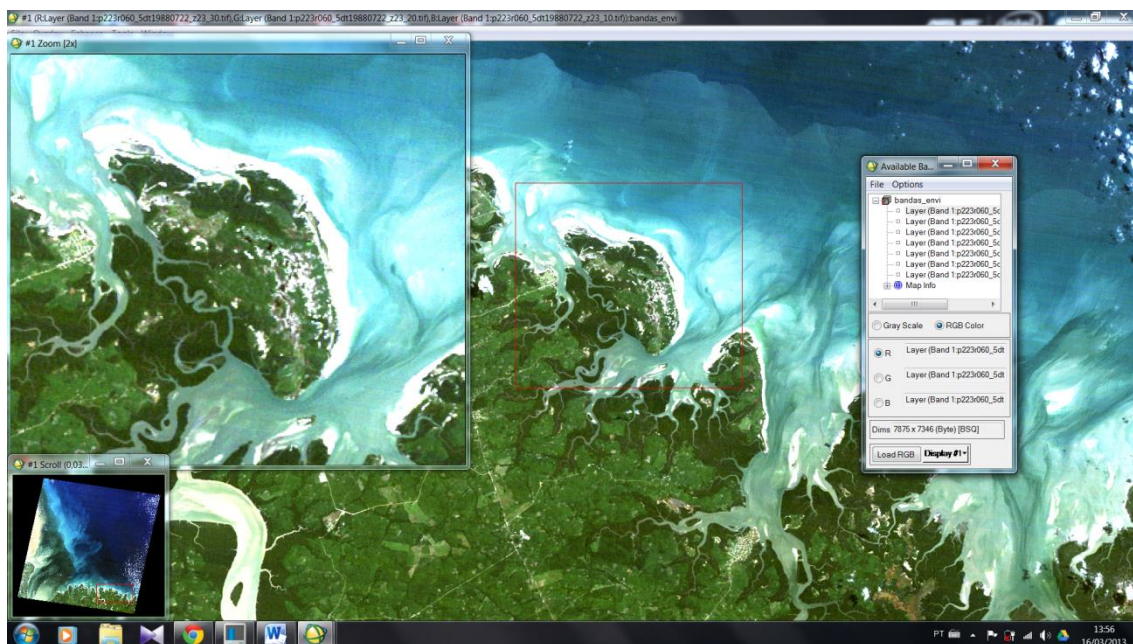
4.2.2. PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

Foi feito o levantamento bibliográfico a respeito da área estudada, visando um melhor embasamento teórico para que se fundamentasse o caso concreto. Foram consultadas dissertações de trabalhos de conclusão de curso e mestrado na biblioteca do Instituto de Geociências da UFPA, assim como trabalhos presentes no acervo nacional da CPRM.

4.2.3. LABORATÓRIO

Foi realizada a interpretação de produtos sensores, sendo estes imagens de satélite Landsat, SRTM e fotografias aéreas. As imagens Landsat foram processadas no software ENVI, onde técnicas de fusão RGB e realce foram aplicadas para a posterior digitalização dos resultados obtidos através do ArcGIS. Foi feita a composição das bandas R3 G2 B1, o que gerou imagens dentro do espectro visível, às quais foi aplicado o realce raiz quadrada (figura 2).

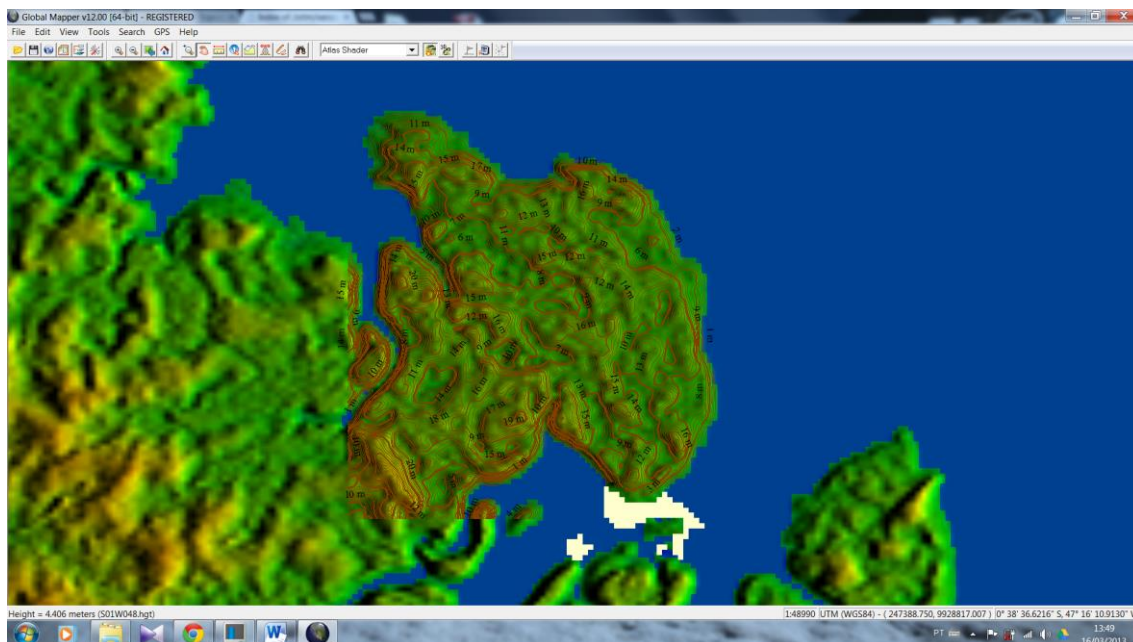
Figura 2: Interface do software ENVI 4.7, utilizado no processamento digital das imagens de satélite.



Fonte: do autor

Das imagens SRTM foi extraída a topografia da área de trabalho através de curvas de nível geradas no software GlobalMapper (figura 3).

Figura 3: Interface do software Global Mapper 12, utilizado na obtenção de feições de relevo.

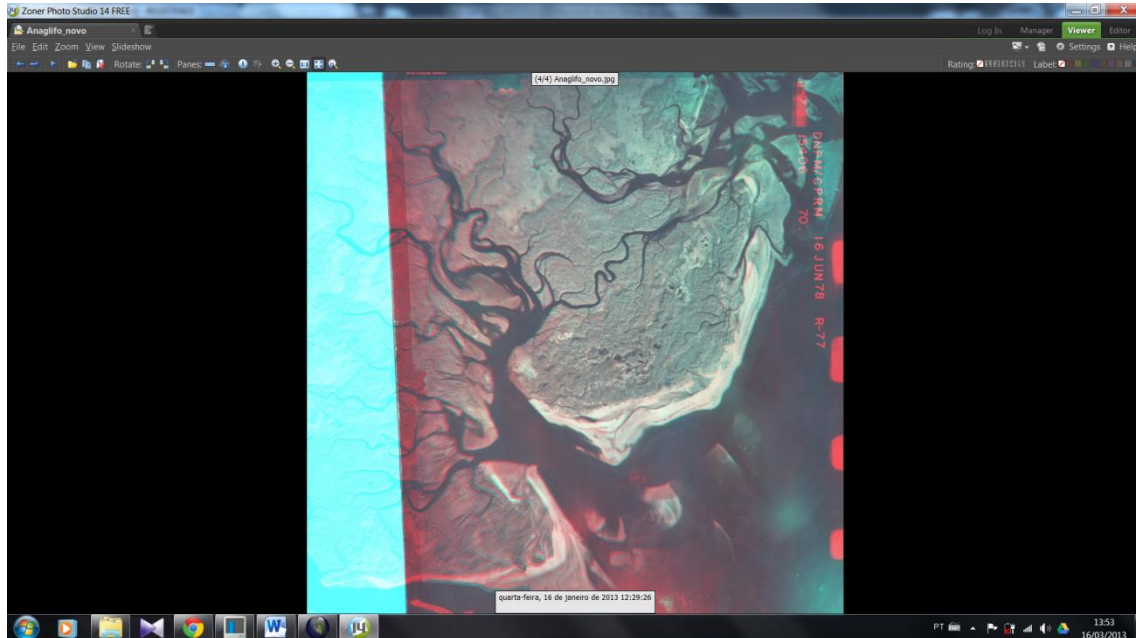


Fonte: do autor

As fotografias aéreas serviram de auxílio para o refinamento das feições de relevo, assim como uma das fontes de dados para análise multi temporal. Foi montado o par estereoscópico destas fotografias através da geração de anaglifos 3D no software

Zoner Photo Studio, este anaglifo foi georreferenciado e então foi feita a análise e digitalização das imagens por estereoscopia digital, diretamente no ArcGIS (figura 4).

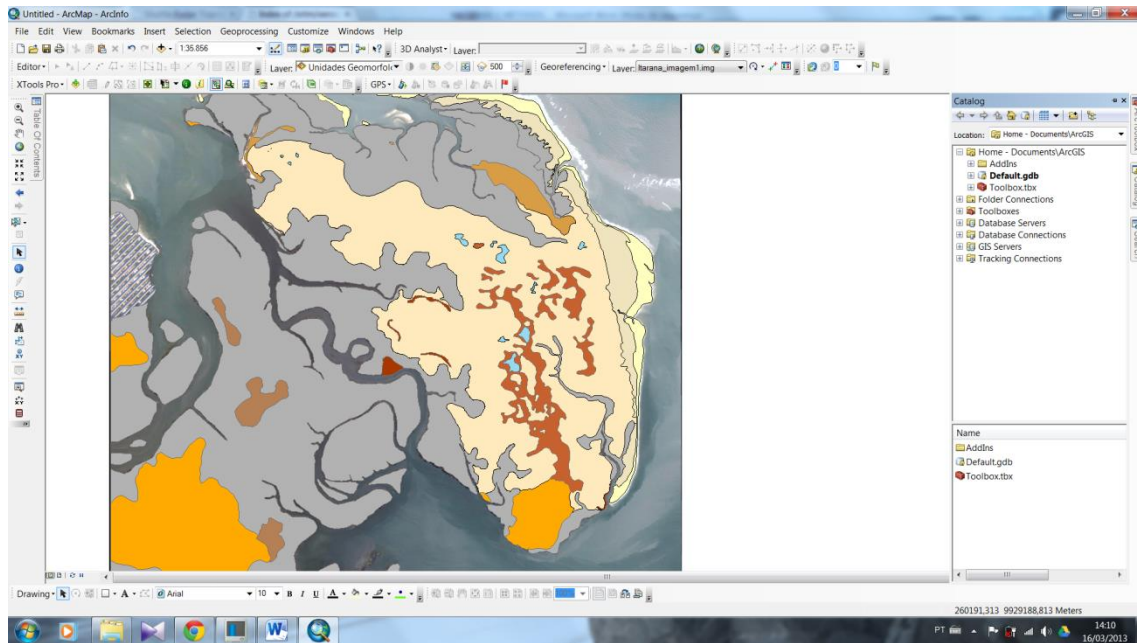
Figura 4: Anaglifo 3D gerado no software Zoner Photo Studio 14, utilizado no detalhamento das feições de relevo da área.



Fonte: do autor

Posteriormente à digitalização dos dados das imagens, deu-se início à confecção dos mapas preliminares, geológico e geomorfológico, da área de estudo. Neste constaram as informações obtidas durante os trabalhos de campo e de interpretação dos sensores remotos. O mapa foi gerado através do software ArcGIS, tendo sido elaborado um SIG para a área estudada (figura 5).

Figura 5: Interface do software ArcGIS 10, onde foram digitalizadas as imagens e criado o SIG da área de trabalho.



Fonte: do autor

Ao final foi produzida uma nota explicativa sobre o mapa geológico, a qual descreve todas as feições apresentadas pela cartografia, com base nos dados obtidos em campo, aliados às interpretações dos produtos sensores e trabalhos anteriores realizados na região, por diversos autores antecedentes.

5. CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

5.1. ARCABOUÇO ESTRUTURAL

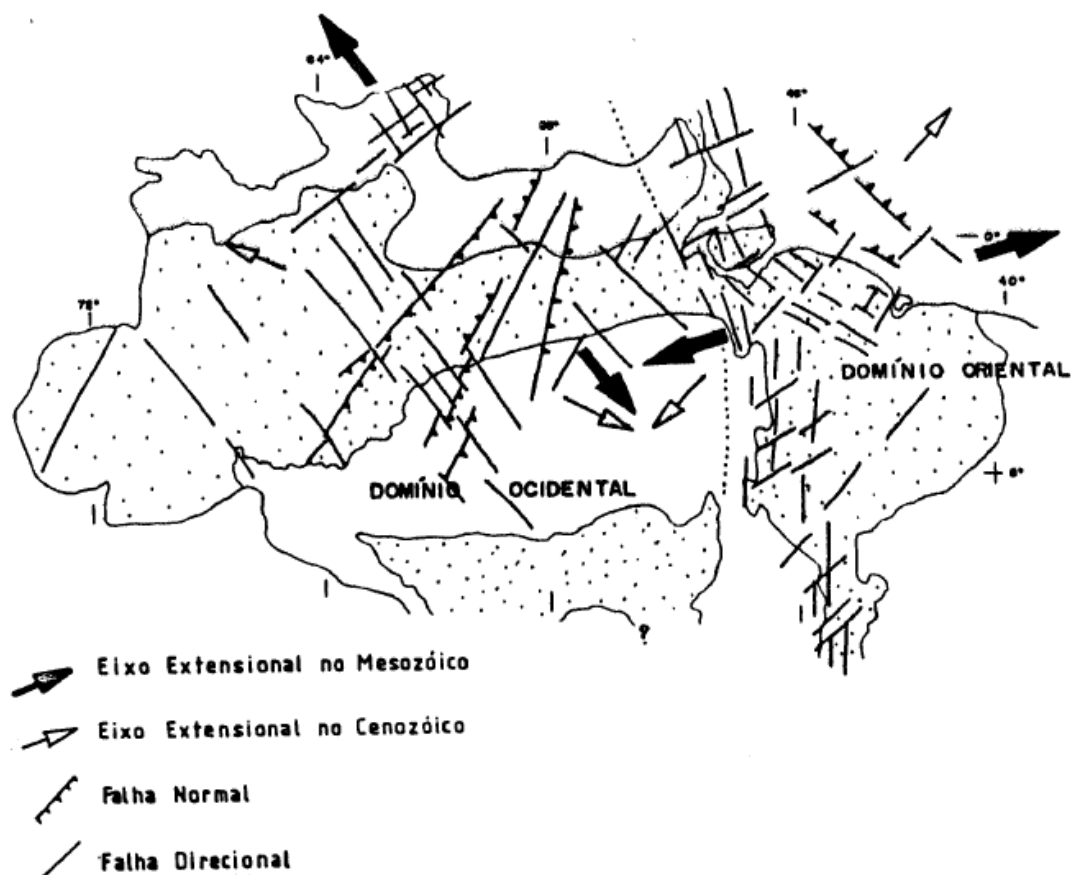
O arcabouço tectônico do nordeste do Pará originou-se com a formação do Atlântico Equatorial, a partir de movimentos extensionais durante o Mesozóico, possivelmente no Triássico ou Permiano. Tais movimentos geraram falhas normais N-S e NW-SE e falhas de transferência NE-SW e ENE-WSW (figura 6) (Costa et al., 1991b, Hasui, 1990). Estes movimentos seriam resultantes da Reativação Sul-Atlântica (antes Wealdeniana) que teve seu apogeu no Cretáceo (Hasui, 1990), gerando como produtos as bacias do Marajó, Bragança-Viseu e Pará-Maranhão, relacionadas diretamente à separação Brasil-África no início do Jurássico.

Ao final do Cretáceo e início do Paleógeno, eventos compressoriais interromperam a deriva da América do Sul em relação à África, o que resultou em estruturas compressivas E-W e na aceleração da erosão dos sedimentos já depositados (Françolin e Szatmari, 1985).

Segundo Hasui (1990), as estruturas Neotectônicas são fundamentalmente transcorrentes, originadas a partir de extensão NE-SW, induzida por um binário E-W dextral, o que ocasionou a reativação de várias falhas assim como a geração de novas. Devido a essa tectônica, no Mioceno inferior houve a implantação de uma plataforma em função de um evento transgressivo que possibilitou a deposição dos calcários da Formação Pirabas. Esse caráter transgressivo é evidenciado pela presença de sedimentos terrígenos costeiros intercalados aos carbonatos e também por evidências Paleontológicas (Fernandes 1984). Ainda no Mioceno, teriam ocorrido eventos tectono-isostáticos que propiciaram a elevação da borda continental, o que levou ao início da deposição dos sedimentos Barreiras, concomitantes ou juntamente aos depósitos Pirabas.

No Plioceno, os sedimentos Pirabas e Barreiras sofreram soerguimento, provavelmente associados a manifestações tectônicas como alçamentos de blocos, o que possibilitou, em alguns locais, a exposição dos calcários da Formação Pirabas, assim como a finalização da sedimentação do Grupo Barreiras.

Figura 6: Modelo dos domínios estruturais na região norte, Mesozóico e Cenozóico, destacando as falhas e eixos extensionais.



Fonte: compilado de Costa et al. 1991

5.2. ESTRATIGRAFIA

Existem diversas propostas estratigráficas para a região NE do Estado do Pará, englobando uma série de unidades litológicas e estruturais do Pré-Cambriano ao Recente.

Como representantes Pré-Cambrianos temos as unidades que compõem o Cinturão de Cisalhamento Gurupi e o Cráton São Luís, representados pelas seguintes unidades: Complexo Maracaçumé, constituído por gnaisses de vários tipos e migmatitos com rochas supracrustais associadas de idade arqueana (Moura, Almeida et al., Abreu et al., Hasui et al., apud Igreja, 1985); Grupo Gurupi, representado por filitos bandados, quartzitos e xistos, milonitizados, (Borges et al. 1988); Granito Cantão, representado por biotita monzogranito intrusivo nos filitos bandados do Grupo Gurupi (Borges et al. op cit.), e arcósios e sub-arcósios da Formação Piriá.

A área de estudo encontra-se na região litorânea do Estado, onde ocorrem principalmente unidades Cenozóicas, representadas pelos carbonatos da Formação Pirabas, Sedimentos do Grupo Barreiras e Pós-Barreiras.

5.2.1. FORMAÇÃO PIRABAS

A Formação Pirabas (MAURY, 1925) ocorre descontinuamente nos estados do Pará, Maranhão e Piauí, tendo sido inicialmente referida por Ferreira Penna (1876), que registrou os calcários fossilíferos da ilha de Fortaleza, litoral paraense.

No Pará ocorre em superfície e subsuperfície na região nordeste do Estado, nas zonas fisiográficas do Salgado e Bragantina. Suas principais ocorrências situam-se na Ilha de Fortaleza e nas jazidas da CIBRASA (Cimentos do Brasil S/A), nos municípios de São João de Pirabas e Capanema, respectivamente (COSTA *et al.*, 1993). A distribuição irregular dos registros da Formação Pirabas parece estar relacionada com a paleogeografia, evolução tectônica e como resultado de processos erosivos que assolaram a região provavelmente no Quaternário antigo (ALMARAZ; FORMOSO, 1971). Segundo Almaraz (1977), ocupa uma área de 12.000 km², e têm como limites aproximados, desde o rio Guamá ao sul, até localidades correspondentes ao curso inferior do rio Gurupi (leste) e baía do Marajó (oeste). Ferreira e Francisco (1988) admitiram que esta área poderá ser ampliada, caso seja considerado o seu prolongamento ao longo da costa do Amapá, e mergulhando cerca de 200 km para dentro da plataforma do Pará e além do rio Guamá no km 48 da rodovia BR-010, município de Irituia. Litologicamente é constituída por calcários cinza de composição variável (coquinas, biohermitos, micritos, dolomicritos, margas e bioclastos) intercalados com calcarenitos e folhelhos negros, depositados em ambiente marinho de águas rasas e quentes (FERREIRA, 1982).

Desde sua formalização como unidade estratigráfica por Maury (1925), os depósitos da Formação Pirabas têm sido considerados como miocênicos. Entretanto, (Ferreira, *op. cit.*) estendeu sua deposição ao intervalo Neo-Oligoceno - Eomioceno, baseado na correlação com pacotes sedimentares da Bacia da Foz do Rio Amazonas (Membro Araguari da Formação Marajó e seqüências Tambaqui e Tamoatá da Formação Amapá), assim como pela presença do gastrópode *Orthaulax pugnax* e foraminífero planctônico *Globorotalia opima* na sondagem em Vila Mãe do Rio, município de Irituia (FERREIRA *et al.*, 1981), fósseis cuja distribuição estratigráfica estende-se do Neo-Oligoceno ao Eomioceno. Com base em foraminíferos planctônicos (espécies dos gêneros *Globorotalia* e principalmente *Globigerinoides*), admitiu-se que a seqüência marinha mais antiga em território paraense data da base do Eomioceno

(FERNANDES, 1988; FERNANDES; TÁVORA, 1990; TÁVORA; FERNANDES, 1999).

Sob o ponto de vista estratigráfico, são pouco conhecidos tanto o seu limite inferior quanto a sua espessura. Supõe-se, todavia, que sua maior parte sobreponha-se diretamente sobre o embasamento cristalino (ALMARAZ, 1977) o que parece se configurar para parte da região do salgado, a exemplo do município de Primavera (PA). Os depósitos terciários (Mioceno - Pleistoceno) do Grupo Barreiras repousam discordantemente sobre a Formação Pirabas (FRANCISCO *et al.*, 1971) e, segundo Ferreira e Francisco (1988), não ocorre interdigitação entre estas unidades, como mencionado por outros autores. Góes *et al.* (1990) reportaram que o contato entre a Formação Pirabas e o Grupo Barreiras é interdigitado e gradual, baseados em estruturas sedimentares e palinomorfos.

O contato lateral da Formação Pirabas se dá de maneira gradual para depósitos carbonáticos da Formação Amapá e para os clásticos da Formação Marajó, em direção à plataforma continental e ilha do Marajó, respectivamente (SCHALLER *et al.*, 1971).

Devido ao abundante e variado conteúdo fossilífero, a Formação Pirabas está bem caracterizada sob o ponto de vista paleoambiental. Uma das primeiras referências ao ambiente deposicional desta formação foi realizada por Ferreira e Cunha (1957), como marinho de águas límpidas, rasas, nerítico, próximo ao litoral de mar aberto, onde o clima deveria ter sido quente e a costa baixa.

O registro das formas fósseis típicas de determinados subambientes marinhos, possibilitou maior detalhamento deste ambiente deposicional. Assim, diversos autores dividiram a Formação Pirabas em ecofácies. Além de proporem a divisão faciológica, estes autores também teceram considerações sobre a extensão e litologia das mesmas. Petri (1957) dividiu a Formação Pirabas nas fácies ecológicas Castelo, Canecos e Baunilha Grande, delimitando os afloramentos do litoral, Zona Bragantina e furo Baunilha Grande, respectivamente. Ackermann (1964, 1969 e 1976) dividiu, da base para o topo, em Olaria, Capanema e Fortaleza, enquanto Almaraz (1977) considerou a fácies Baunilha Grande sotoposta às fácies Capanema e Castelo. Ferreira (1966, 1980 e 1982), Ferreira e Cassab (1985) e Ferreira e Francisco (1988) reconheceram as fácies Castelo, Baunilha Grande e Capanema, admitindo que esta última localiza-se espacialmente acima da fácies Castelo, enquanto a fácies Baunilha Grande é descontínua, estando em posição intermediária entre as outras duas.

A ecofácies Castelo representa um ambiente marinho de águas neríticas, quentes e rasas, com salinidade normal ou acima (PETRI, *op. cit.*; FERREIRA, *op. cit.*; FERREIRA; CASSAB, *op. cit.*; FERREIRA; FRANCISCO, *op. cit.*), sendo constituída litologicamente por coquinas, biohermitos, micritos e dolomicritos, mergulhando para a plataforma continental do Pará, e se afunilando em direção ao sul do estado (Ferreira, *op. cit.*). Para essa fácies foi definida a biozona *Orthaulax pugnax*, que compreende uma paleofauna típica de ambientes recifais (estenobiônica), tais como corais hermatípicos, algas coralíneas, briozoários e alguns moluscos, como o gastrópode *Orthaulax pugnax*, que deu nome à biozona. A fácies Fortaleza especifica calcários altamente fossilíferos e com elevado teor de MgO, aflorantes na ilha de Fortaleza (ACKERMANN, *op. cit.*), correspondendo também à ecofácies Castelo.

A ecofácies Capanema, mencionada como Canecos por Petri, *op. cit.*, foi depositada num ambiente lagunar, de borda de bacia, com salinidade abaixo da normal (ACKERMANN, *op. cit.*; ALMARAZ, 1977; FERREIRA, *op. cit.*; FERREIRA; CASSAB, *op. cit.*; FERREIRA; FRANCISCO, *op. cit.*). Litologicamente caracteriza-se por margas, micritos, bioclastos, folhelhos rítmicos e arenitos calcíferos. A fácies Olaria, corresponde à atual ecofácies Capanema, refere-se a um calcário muito fino, com baixo teor de MgO, observado na localidade Olaria (município de Capanema), que possui abundantes impressões de folhas (ACKERMANN, *op. cit.*; DUARTE, 1967, 2004).

A ecofácies Baunilha Grande (PETRI, 1957; FERREIRA, 1980, 1982; FERREIRA e CASSAB, 1985; FERREIRA; FRANCISCO, 1988) representa um ambiente redutor tipicamente de mangue, sendo constituída por calcários cinza escuros finamente estratificados e argilas negras com nódulos de calcário escuro contendo crustáceos braquiúres (carcinólitos) e vegetais piritizados.

Góes *et al.* (1990), com base em análise litofaciológica, identificaram sete fácies descritas: biocalcirruditos (com grande variedade faunística), calcarenitos não estratificados (ou com estratificação cruzada incipiente e fósseis esparsos), calcarenito estratificado (fósseis fragmentados), margas (restos vegetais e peixes), folhelhos verdes (restos vegetais), biohermitos (corais) e calcilutitos (raros fósseis).

O modelo deposicional proposto por Góes *et al.* (1990), considerando o conteúdo e análise paleontológica, é similar aos propostos anteriormente, citando evidências de ondas de tempestade na plataforma continental, onde os subambientes de plataforma carbonática marinha rasa (ecofácies Castelo), laguna (ecofácies Capanema) e

mangue (ecofácies Baunilha Grande) acham-se dispostos de forma interdigitada com sedimentação cíclica, sugerindo freqüentes oscilações do nível do mar, e litoral intensamente recortado. Subseqüente a este evento deposicional, predominantemente transgressivo e oscilatório, predominou a sedimentação de outra seqüência, regressiva e siliciclástica (Grupo Barreiras), cujas estruturas sedimentares e conteúdo palinológico típico do Mesomioceno indicam certa contemporaneidade e gradação entre a seqüência Pirabas e Barreiras.

Segundo Costa *et al.* (1993) os depósitos do Terciário Superior na região de Salinópolis, nordeste do Pará, são produtos de um ciclo transgressivo-regressivo, estando depositados em uma bacia assimétrica e alongada de direção NW-SE. O preenchimento desta bacia se processou pela instalação de depósitos marinhos carbonáticos de águas rasas e quentes (Formação Pirabas), os quais dão lugar gradativamente a depósitos regressivos de natureza siliciclástica (Grupo Barreiras), indicando forte soerguimento da borda da bacia e inibição de depósitos de carbonatos em subambientes de planície de maré, estuário e plataforma interna. As estruturas que controlam o desenvolvimento da Formação Pirabas e do Grupo Barreiras são falhas normais NW-SE e inclinadas para NE, e falhas transcorrentes NE-SW que funcionaram como zonas de transferência. Essa evolução é entendida como decorrente do último episódio de manifestação extensional na margem equatorial brasileira, relacionado ao evento de separação América do Sul - África.

Na área de estudo, Silva Jr (1998) descreve a ocorrência da Formação Pirabas como restrita a porção SE da Ilha de Itarana e na Baía de Inajá, observados somente durante a maré baixa.

5.2.2. GRUPO BARREIRAS

No NE do Estado do Pará, as ocorrências dos sedimentos do Grupo Barreiras encontram-se principalmente nas regiões do Salgado e Bragantina, bem como em áreas próximas a Cidade de Belém, destacando-se em registros da Ilha de Outeiro como as melhores exposições. Constituem-se geralmente por argilas, silte e areia fina, podendo apresentar leitos de areias e conglomerados de cores variegadas, com nódulos e concreções de ferro formadas *in situ*, que apresentam um aspecto mosqueado típico. Apresentam seleção variando de pobre a moderada e baixo grau de compactação. Ocorrem ainda arenitos ferruginizados e níveis de seixos quartzosos. Localmente, são observadas estruturas com acamamento horizontal em argilas, bem como estratificações cruzada e horizontal em arenito.

Ackermann (1964, 1969), em estudos na região Bragantina, sugeriu que a deposição do Grupo Barreiras corresponde ao final do Terciário (Neógeno) e início do Quaternário, e utiliza o termo “Série Barreiras” para designar as camadas de argilas claras e vermelhas que ocorrem na região.

De acordo com Góes e Truckenbrodt (1980) e Góes (1981), os sedimentos Barreiras da região Bragantina podem ser subdivididos em três litofácies, da base para o topo: conglomerática, argilo-arenosa e arenosa. O material foi depositado em ambiente subaéreo, a partir de fluxos gravitacionais de lama e areia, e restritamente em ambiente lacustre com clima tendendo a semi-aridez. As principais áreas fontes são provavelmente os xistos da Formação Santa Luzia (Pré-Cambriano) e sedimentos pré-existent.

Arai et al. (1988), através de análise palinológica, estudaram o material coletado por Rosseti et al. (1989) obtendo idade miocênica média para parte da sequência Barreiras, além de considerar certa contribuição marinha na deposição desses sedimentos.

Rosseti et al. (op cit.) caracterizaram, para os sedimentos Barreiras ocorrentes no NE do Estado do Pará, treze fácies litológicas distintas, definidas principalmente pela presença ou não de estruturas sedimentares e aspectos texturais.

Igreja et al. (1990), em estudos realizados nas ilhas de Mosqueiro, Outeiro e arredores da cidade de Belém, caracterizaram três camadas principais com propriedades estruturais, sedimentológicas e geoquímicas peculiares. Tais camadas correspondem, da base para o topo, em: camada argilo-arenosa, interpretada como depósitos de planícies de maré, caracterizando um ambiente transicional estuarino, camada areno-argilosa e areno-conglomerática; e camada arenosa que corresponde ao Pós-Barreiras de Sá (1969). De acordo com Borges & Angélica (1986), as camadas basal e intermediária correspondem à litofácies argilo-arenosa de Góes (1981) e a camada arenosa à litofácies arenosa de Sá.

Rosseti et al. (1990), em estudos realizados a partir de estruturas sedimentares e do arranjo faciológico verificados na porção distal do sistema deposicional Barreiras, caracterizam a presença de um ambiente de planície de maré que, de acordo com dados palinológicos, está associado a manges, possivelmente relacionados a um sistema estuarino. Sugeriam ainda, que a influência marinha nos sedimentos Barreiras pode ter sido mais ampla do que se acredita. Tal suposição foi comprovada por Fernandes et al. (1991), que registraram a presença de icnofóssil *Ophiomorpha* no Grupo Barreiras em

arenitos finos a médios e estratificados na localidade de Apeú e ferruginizados em Macapazinho, município de Castanhal, que dista aproximadamente 200 km do litoral.

Na área de estudo, o Grupo Barreiras sustenta o Planalto Costeiro que ocorre margeando a Planície Costeira ou de forma restrita como relevo colinoso na Ilha de Itarana.

5.2.3. SEDIMENTOS PÓS-BARREIRAS

Silva & Lowenstein apud Sá (1969) introduziram a denominação de Pós-Barreiras para designar os sedimentos amarelos, imediatamente sobrepostos ao Grupo Barreiras e que corresponde ao Quaternário Antigo de Katzer (1933) e Ackermann (1964).

Oliveira & Leonardos (1943) designaram como Formação Pará os sedimentos arenosos e argilo-arenosos, contendo nódulos e blocos soltos de arenito ferruginoso, que se distribuem desde Belém até Salinópolis.

Ackermann (1964) propôs que para o Quaternário recente devem ser considerados os baixios dos atuais rios que são parcialmente alagados pelas marés altas ou na época das chuvas, e para o Quaternário antigo as faixas fora das inundações, constituídas essencialmente de areias mal selecionadas, de misturas com argilas e uma rocha vulgarmente chamada de grés-do-Pará.

Os sedimentos Pós-Barreiras encontram-se em discordância erosiva sobre os sedimentos Barreiras, ocorrendo por vezes, na região do contato, seixos rolados de arenito ferruginoso, ou ainda fragmentos dos sedimentos Barreiras envolvidos pelos que lhe sobrepõem. De maneira geral, constituem-se de sedimentos areno-argilosos com tons amarelados e avermelhados, inconsolidados, facilmente desagregáveis ao manuseio e sem nenhuma evidência de acamamento (Sá op. cit.). Rosseti et al. (1989) relacionam a deposição dessa unidade, pelo menos em sua porção litorânea à processos de dissipação de dunas eólicas.

5.3. GEOMORFOLOGIA

O relevo da região costeira do NE do Estado do Pará encontra-se representado por duas unidades geomorfológicas distintas, a primeira caracteriza-se por relevo continental, correlacionável à Unidade Morfoestrutural Planalto Rebaixado da Amazônia de Barbosa & Pinto (1973) e à Unidade Geomorfológica Baixo Planalto Costeiro de Sena et al. (1992); a segunda, representada por sedimentos quaternários que compõem as planícies arenosas, as praias, os cordões de dunas e os manguezais, correlaciona-se às Unidades Morfoestruturais Litoral de Rias de Barbora & Pinto (op.

cit.), à Planície Flúvio-Marinha de Bomerguy et al. (1992), e às Unidades Geomorfológicas Planície Costeira Baixa e Planície Arenosa de Sena et al. (op. cit.).

O relevo continental apresenta-se sustentado por uma superfície tabular erosiva com altitude média variando de 50 a 74 m, apresentando declividade baixa, definindo tabuleiros extensos e alongados na direção NW-SE, dissecados em vales com planícies aluvionares restritas. Essas feições, ao perderem amplitude, exibem interflúvios arredondados em coalescência com as planícies de maré, ou formam costões sob a forma de falésias ativas, extensas e altas no Grupo Barreiras e nos sedimentos Pós-Barreiras (Bomerguy et al., 1992).

Os sedimentos quaternários associados à porção litorânea integram uma costa irregular, recortada por “rias” e vales aplainados, invadidos pelas marés que estendem-se na direção NW-SE e incluem ainda, várias baías, nas quais deságuam estuários de fozes amplas que, por suas características hidrodinâmicas, assemelham-se a canais de maré. Nessa região da costa paraense, as evidências morfológicas e sedimentológicas, assim como as considerações sobre sua origem e evolução, apoiam o estado atual de submersão do litoral paraense (Barbosa & Pinto, 1973; Franzinelli, 1982, 1990 e 1991; Costa et al., 1991 e 1992).

6. GEOLOGIA DA ÁREA DE ESTUDO

6.1. GEOMORFOLOGIA

6.1.1. INTRODUÇÃO

O litoral NE do Estado do Pará estende-se por aproximadamente 600 km, desde a foz do Rio Amazonas, a oeste, até a foz do Rio Gurupi, a leste. Com direção geral NW-SE, esta região costeira é de característica transgressiva e dominada por maré. Apresenta também características flúvio-estuarinas, podendo ser dividida em dois tipos fisiográficos distintos. O primeiro é marcado por características de emersão, situado a oeste da Baía do Marajó, tratando-se de litoral reto, desenvolvido em depósitos holocênicos, formando a costa norte da Ilha do Marajó. O segundo caracteriza-se por feições submersivas, formadas por terraços de erosão, manguezais, planícies de maré e campos de dunas, localizando-se a leste da Baía do Marajó, no qual se insere a área de pesquisa. (FRANZINELLI, 1982, 1990 apud SILVA JUNIOR 1998).

A costa de submersão é caracterizada como uma costa baixa, de tipo estuarino, recortado por baías que penetram o continente, modelada em sedimentos recentes (terciário-quaternário), definindo assim uma planície flúvio-marinha (BEMERGUY et al., 1992). Nesta região, é possível reconhecer duas feições morfológicas distintas. A primeira consiste de uma costa recortada, com falésias esculpidas nos sedimentos do Grupo Barreiras e Pós-Barreiras, e manguezais desenvolvidos ao longo dos vales afogados. A segunda caracteriza-se por uma costa baixa, também recortada, com extensas planícies de marés e manguezais muito desenvolvidos, onde os terraços que compõem as falésias recuam em direção sul, por vezes formando falésias baixas próximo ao continente (FRANZINELLI, 1982, 1990 op. cit.).

Com base nisto, foram identificadas na área de estudo, duas unidades morfológicas diferentes, Planalto Costeiro e Planície Costeira. As quais serão destacadas e descritas a seguir. Foi gerado um mapa geomorfológico da área (Apêndice 1).

6.1.2. PLANALTO COSTEIRO

É representado na forma de uma superfície tabular e erosiva, suavemente ondulada e pouco dissecada, com cotas baixas, em torno de 30 m, e com cotas máximas não ultrapassando os 45 m. (COSTA et al., 1977; SENA et al., 1992, apud SILVA JUNIOR 1998). É sustentado pelos sedimentos areno-argilosos do Grupo Barreiras e Pós-Barreiras, onde a cobertura vegetal é de Floresta Secundária (Capoeira). Ocorre de

forma restrita na porção SE da área de estudo, de forma restrita, caracterizando-se por um relevo colinoso com cotas em torno de 25 m (SILVA JUNIOR 1998).

Seu contato com a planície costeira, a norte, ocorre de forma gradual, formando rampamentos suaves, devido a diminuição das cotas topográficas, ou de forma mais abrupta, o que se evidencia através de mudanças morfológicas (falésias ativas) e/ou vegetacional, através do contato Floresta Secundária – Mangue (SILVA JUNIOR 1998)

6.1.3. PLANÍCIE COSTEIRA

É a unidade morfológica de maior ocorrência, despontando em toda extensão da ilha, exceto na porção SE, onde se encontra o Planalto Costeiro. Silva Junior (1998) subdividiu esta unidade em 12 subunidades, sendo estas: Planície Lamosa, Sistema de Terraços, Cheniers, Baías, Paleodunas, Interdunas, Lagos, Dunas Costeiras, Praia, Pós-Praia, Estirâncio e Barras arenosas. Neste trabalho foram reconhecidas algumas destas subunidades.

6.1.3.1. PLANÍCIE LAMOSA

Esta subunidade cobre grande parte da ilha e se caracteriza por terrenos baixos, praticamente horizontais, formados por sedimentos lamosos, intensamente bioturbados e ricos em matéria orgânica. Apresenta cobertura vegetal característica, composta por *Rhizophora mangle*, *Avicenia germinas* e *Laguncularia racenosa*, estas com porte arbóreo. Ocorre também vegetação herbácea, tipo *Spartina sp.*(gramínea) (figura 7), (SILVA JUNIOR, 1998).

A instalação de manguezais está relacionada a costas de baixa energia ou a ambientes estuarinos, lagunares, baías e enseadas que forneçam a proteção necessária para sua instalação e desenvolvimento, caracterizando-se como zona de transição entre os ambientes oceânico e terrestre (SHAEFFER-NOVELLIM, 1989 apud. SILVA JUNIOR, 1998).

A dinâmica costeira da região dá a esta unidade características morfológicas bem particulares. Os processos erosivos atuantes, em resposta a ação das correntes de marés e ondas, acabam por gerar feições retrogradacionais, representadas por terraços erosivos. Tais feições encontram-se total ou parcialmente recobertas por areias provenientes de barras arenosas, bastante evidenciados nas porções NW e NE da ilha (figura 7).

Nas áreas mais protegidas, os processos deposicionais são dominantes, formando feições progradacionais, marcadas por frentes de colonização de mangue jovem.

Figura 7: Planície lamosa, com destaque para sua vegetação característica.



Fonte: do autor

6.1.3.2. SISTEMA DE TERRAÇOS

As oscilações do nível do mar bem como, a movimentações tectônicas (neotectônicas), ocasionaram importantes registros morfológicos na área, destacando-se o sistema de terraços, que foi primeiramente descrito por Carvalho (1926), na localidade de Pilões, extremo SE da ilha. Outras ocorrências deste terraço também são observadas em trechos do Furo Grande, ficando expostos apenas na maré baixa.

O registro mais expressivo dessas formas situa-se na localidade de Pilões, às margens da Baía de Inajá (figura 8). Descrito por Silva Junior (1998) e Carvalho (1926), ocorre na forma de “uma falésia com aproximadamente 300 m de comprimento e altura variável, atingindo os 6 m de altura. Sua largura máxima não ultrapassa muito os 15 m, estreitando em direção ao norte, atingindo aproximadamente 4 m de largura” (CARVALHO, 1926). Estes terraços apresentam uma suave inclinação em direção ao interior da ilha e são recobertos por sedimentos Pós-Barreiras, formados por areias muito finas correspondentes as paleodunas, apresentando contato com os terraços na forma da uma superfície levemente ondulada. Na porção superior da falésia ocorrem formas de erosão muito marcantes, as quais originaram o nome da localidade Pilões, são

formas erosivas arredondadas e elípticas, por vezes formando pequenas cavernas, apresentando bordas escuras e endurecidas por hidróxidos de ferro (Goethita?). Tais feições, provavelmente, foram produzidas por erosão diferencial que atuou nesses terraços eólicos/marinhos em zonas cimentadas por hidróxidos de ferro. Estas depressões podem ter sua gênese relacionada a regiões interdunas, que apresentam variações no nível freático, por vezes formando lagos, que poderiam ser a razão da cimentação, ou ainda poderiam estar relacionadas ao horizonte de *hardpan* em um processo de podsolização. Esta falésia encontra-se atualmente ativa, sendo atacada constantemente por ondas e correntes de maré.

Figura 8: Arenito Pilões (sistema de terraços), destaque para suas feições erosivas características.



Fonte: do autor

Diferentemente do afloramento na localidade de Pilões, as ocorrências observadas no Furo Grande apresentam dimensões bem menores e localizam-se mais baixas na topografia, atingindo no máximo 4 m, sendo observáveis apenas na maré baixa (figura 9). Silva Junior (1998) ressaltou o aparecimento desta unidade em testemunhos de sondagem, abaixo da linha d'água, sob camadas de até 1,5 m de lama de mangue, na porção NW da Ilha de Itarana. Observou ainda em outro testemunho, feito

em um lago na região interdunas, ocorrência destes terraços, com cimentação de óxidos de ferro, sob 50 cm de cobertura de matéria orgânica e areia no fundo do lago.

Figura 9: Afloramento do arenito pilões no Furo Grande (maré baixa).



Fonte: do autor

6.1.3.3. BAÍAS

Essa unidade ocorre margeando as planícies lamosas de manguezais, sendo recortadas por diversos furos, córregos e canais de maré (SILVA JUNIOR 1998). Na área de trabalho está representada pelas baías do Arapepó, a Oeste, e do Inajá, a Leste, conectadas através do Furo Grande, limitando assim entre eles e o Oceano Atlântico a Ilha do Itarana. A Baía do Arapepó (figura 10), situada no extremo NW do município de São João de Pirabas forma, juntamente com o rio homônimo, o limite oeste do município supracitado com o município de Salinópolis.

Estas baías apresentam características bem semelhantes. Possuem orientação geral NW-SE, onde durante a maré baixa são observadas extensas planícies arenosas, nas quais se desenvolvem deltas de maré vazante, associados a barras longitudinais, em cujos tipos ocorrem ondulações, marcas onduladas e mega marcas onduladas (SILVA JUNIOR 1998).

Figura 10: Baía do Arapepó.



Fonte: do autor

6.1.3.4. PALEODUNAS

Localizam-se espalhadas por toda parte central da ilha. Foram observadas na porção SE e na porção W da ilha, com alturas que variam de 2 até em torno de 15 m de altura (figura 11). É limitada a W por manguezais, por interdunas a E, e pelo Planalto Costeiro na porção S. Apresenta vegetação exuberante e diversificada, com espécies arbustivas e árvores de grande porte (SILVA JUNIOR 1998).

Figura 11: Vista das paleodunas, atualmente fixas pela vegetação.



Fonte: do autor

6.1.3.5. INTERDUNAS

Distribui-se pela região central da ilha, associada às paleodunas. Ocorre na forma de campos, com vegetação herbácea e arbustiva (figura 12). Observam-se porções alagadas, que se vinculam à subunidade Lagos, e outras porções passíveis de inundação durante o período chuvoso (SILVA JUNIOR 1998).

Figura 12: Vista da região interdunas.



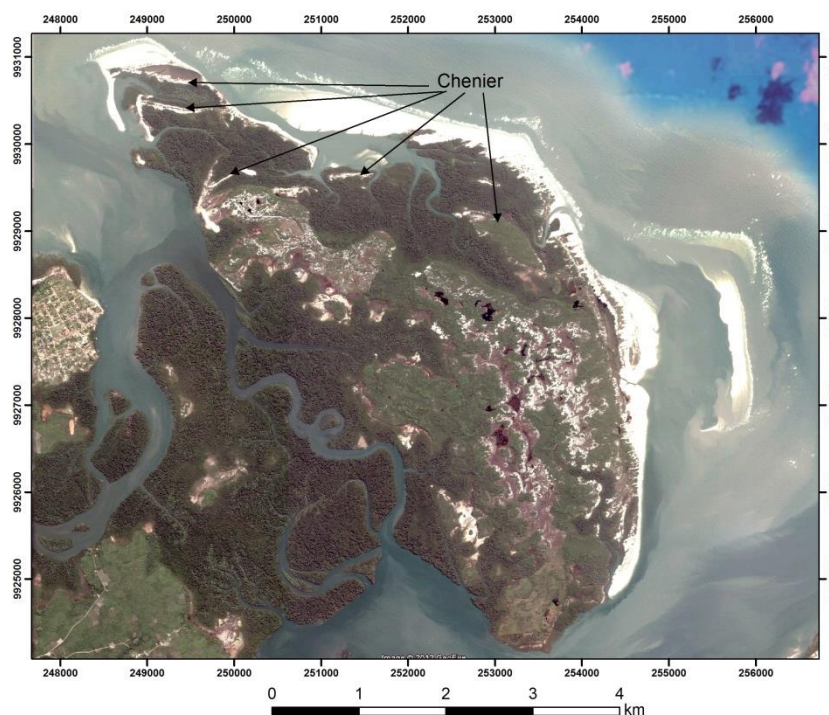
Fonte: do autor

6.1.3.6. CHENIERS

Os cheniers são corpos arenosos (cordões de praia e de dunas-praia) que repousam sobre depósitos lamosos e que estão isolados dos processos costeiros por uma planície lamosa posterior, implicando que, geneticamente, a progradação da planície lamosa foi interrompida, em determinado momento, pela formação do chenier (AUGUSTINUS 1989).

Na área de estudo, Silva Junior (1998) descreveu a ocorrência de *cheniers*, e neste trabalho elas foram identificadas utilizando as imagens em alta resolução do Google Earth (figura 13).

Figura 13: Imagem do Google Earth indicando a localização dos *cheniers*.

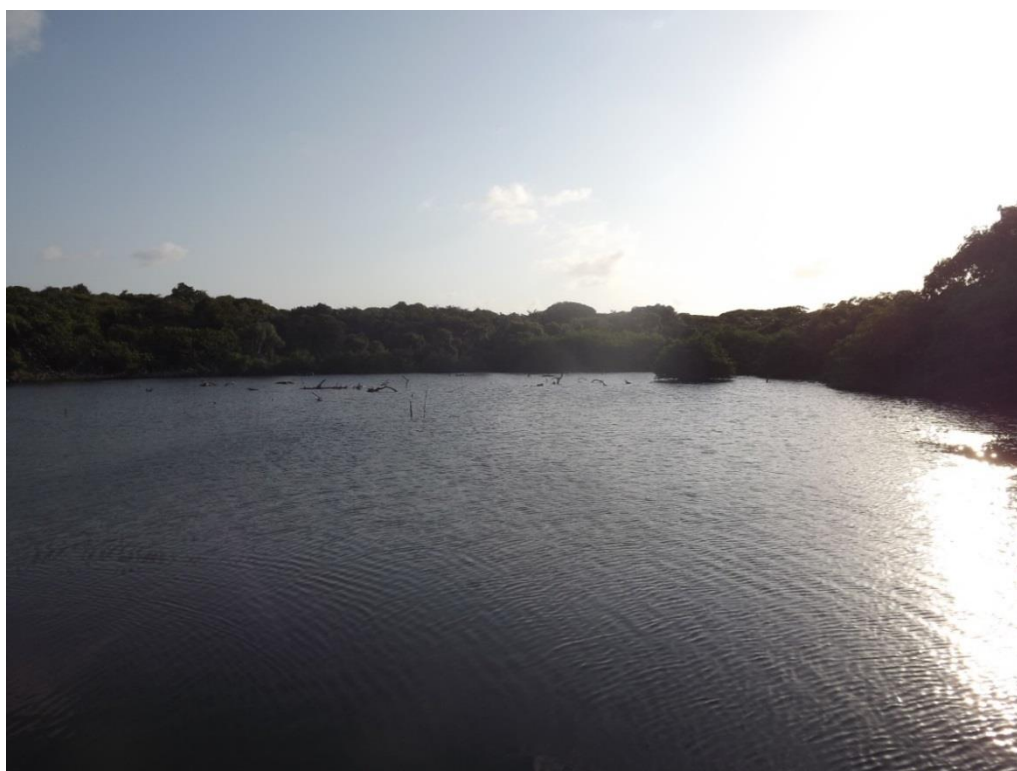


Fonte: do autor

6.1.3.7. LAGOS

Estão associados aos campos de paleodunas e campos de dunas costeiras. Alimentados por águas pluviais e secando total ou parcialmente durante o período menos chuvoso na região, durante os meses de Junho a Novembro (SILVA JUNIOR 1998) (figura 14).

Figura 14: Vista de um dos lagos existentes na ilha.



Fonte: do autor

6.1.3.8. DUNAS COSTEIRAS

Esta unidade estende-se por toda costa da ilha, ocorrendo desde a porção NW, limitada pela Baía do Arapepó, até a porção SE, na localidade Pilões. Estão situadas logo após o pós-praia e possuem direção preferencial E-W, apresentando localmente inflexão para N-S. Predominam dunas longitudinais, paralelas a linha de costa, fixas por vegetação arbustiva e com alturas variando dos 3 até 15 m (SILVA JUNIOR 1998) (figura 15).

Figura 15: Vista do campo de dunas costeiras.



Fonte: do autor

6.1.3.9. PRAIA

Compreendem toda porção costeira da ilha, apresentando a morfologia basicamente plana, com ligeira inclinação em direção ao mar. Dispõem-se concordantemente à linha de costa, assim como às baías do Arapepó e Inajá, apresentando terminações recurvadas (figura 16) (SILVA JUNIOR 1998).

Figura 16: Vista da praia na localidade Pilões.



Fonte: do autor

6.1.3.10. PÓS-PRAIA

Estende-se entre os campos de dunas costeiras e o nível de maré alta. Desenvolvendo uma escarpa de praia que alcança até 15 cm de altura. É representada por uma faixa plana com largura máxima de 15 m (figura 17) (SILVA JUNIOR 1998).

Figura 17: Foto ilustrando o pós-praia, com destaque para a leve inclinação da escarpa de praia.



Fonte: do autor

6.1.3.11. ESTIRÂNCIO

Localiza-se entre os níveis de maré alta e maré baixa, correspondendo assim à zona intermaré (figura 18). Apresenta uma suave inclinação em direção ao mar e extensão variável, podendo ultrapassar 800 m. Nesta subunidade observam-se feições originadas por processos marinhos, caracterizadas, principalmente, por sistemas de cristas e calhas (SILVA JUNIOR 1998). Silva Junior (op. cit.) também observou nesta subunidade, na porção SE da ilha, afloramento de carbonatos da Formação Pirabas, porém estes se encontravam encobertos durante a realização deste trabalho.

Figura 18: Vista do estirâncio, zona de intermaré.



Fonte: do autor

6.1.3.12. BARRAS ARENOSAS

Essa subunidade é representada por barras pré-litoral e barras de baía, que formam, durante a maré baixa, uma extensa planície arenosa. Ocorrem como corpos alongados, podendo ser tanto paralelos quanto perpendiculares a linha de costa, onde desenvolvem-se ondulações, marcas onduladas, sistemas de cristas e calhas e mega marcas onduladas. Em alguns locais observa-se sua migração sobre manguezais ocasionando seu soterramento (figura 19) (SILVA JUNIOR 1998).

Figura 19: Barras arenosas migrando sobre o manguezal.



Fonte: do autor

6.2. ESTRATIGRAFIA

O empilhamento estratigráfico dos diferentes litotipos que ocorrem na área de estudo foi feito com intuito de compreender sua relação espacial assim como os processos que atuaram para gerar a atual configuração geológica da área de estudo (Apêndice 2).

6.2.1. FORMAÇÃO PIRABAS

Os carbonatos da Formação Pirabas foram descritos por Silva Junior (1998). Ocorrendo na forma de lajedo na zona de intermaré, exposto apenas na maré baixa. Neste trabalho não foram localizados afloramentos da Formação Pirabas na área de estudo, isso se deve, provavelmente, aos intensos processos e à dinâmica costeira da região, os quais estão constantemente expondo e recobrimdo afloramentos nas praias.

6.2.2. GRUPO BARREIRAS

É caracterizado por rochas de cores variegadas, apresentando nódulos e concreções ferrosas, oriundas do processo de lateritização. Em alguns locais observa-se sua morfologia mosqueada característica.

Os registros do Grupo Barreiras ocorrem de duas maneiras na área estudada. A primeira sustentando o relevo do Planalto Costeiro, e a segunda ocorre na forma de acumulações de blocos desagregados, localizados em alguns pontos da ilha, observáveis sobretudo na maré baixa.

Figura 20: Afloramento do Grupo Barreiras às margens da Baía do Inajá.



Fonte: do autor

6.2.3. ARENITO PILÕES

Seu afloramento tipo ocorre na forma de uma falésia (figura 21), na localidade homônima, na porção SE da Ilha de Itarana, às margens da Baía do Inajá. Trata-se de um arenito fino, de coloração branca, tendendo para tons amarelo-amarronzados próximo a superfície, bem selecionado, com grãos bem arredondados e com alta esfericidade. Por suas características, foi classificado como de origem eólica/praias. Apresenta porções cimentadas com hidróxidos de Fe (goethita?), as quais, por erosão diferencial, geraram feições erosivas em forma de marmitas, circulares ou elípticas, além de pequenas cavernas (figuras 22 e 23).

O processo de formação de tais feições, pode estar associado ao próprio ambiente deposicional da rocha, que no ato de sua deposição, nas porções interdunas, sofreram variações de nível freático, o que pode ter mobilizado os hidróxidos através da circulação de fluidos nesses sedimentos. Estas feições podem ainda ser relacionadas ao processo de podisolização, apesar de mais frequentemente descrito em climas temperados este processo apresenta diversas ocorrências no Brasil, tendo inclusive sua ocorrência relacionada a solos de restinga. O processo de podzolização ocorre devido ao transporte de matéria orgânica em solução, provocando aumento da acidez e causando a lixiviação do solo, remobilizando os metais existentes, neste caso o Fe.

Figura 21: Ilha de Itarana, com destaque para a falésia de ocorrência do arenito Pilões.

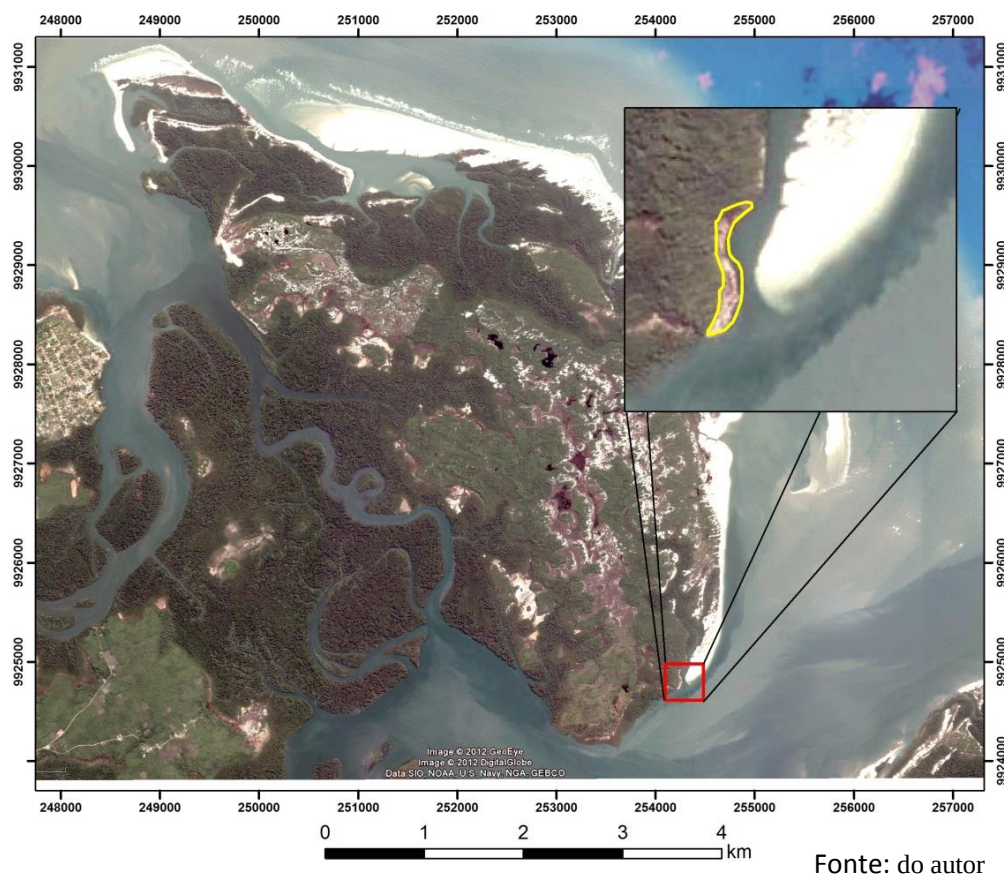


Figura 22: Falésia, ocorrência do arenito Pilões.



Figura 23: Afloramento do arenito Pilões, com destaque para as suas feições características ricas em ferro.



Fonte: do autor

Foram observados afloramentos menores deste arenito em outros pontos da ilha, no Furo Grande, apenas na maré baixa. Nestes afloramentos é possível identificar algumas estruturas onduladas na camada de arenito (figura 24).

Figura 24: Afloramento do arenito Pilões no Furo Grande.



Fonte: do autor

Assim, interpreta-se que o relevo da ilha estaria sustentado sobre o arenito Pilões (Unidade Geomorfológica de Terraços). Com base em análises de fotografias aéreas e de imagens de satélite de alta resolução, aliadas às observações de campo, foram traçados os locais, e possíveis ocorrências, do referido arenito (mapa google).

As relações dos contatos inferiores desta unidade não são observadas. Seu contato superior é com os sedimentos holocênicos (Unidade Geomorfológica de Paleodunas), apresentando uma superfície de contato levemente irregular.

6.2.4. SEDIMENTOS HOLOCÊNICOS

Constituem a unidade mais expressiva na área de estudo, englobando toda a cobertura atual da ilha. É composta basicamente por areias e argila.

As areias são finas, brancas, com grãos bem selecionados, bem arredondados e com alta esfericidade, típicas de ambientes eólicos, por vezes apresentando estratificações centimétricas. Apresentam níveis escurecidos, ricos em minerais pesados, ocorrendo tanto nos cordões praias quanto nos campos de dunas no interior da ilha. Nestas areias foram observadas estruturas neotectônicas, sendo estas, falhas normais e inversas e algumas estruturas de fluidificação, indicando a incidência de

sismos, conferindo a tais registros pelo menos em parte a característica de sismitos, assim como estruturas sedimentares, laminações planoparalelas e estruturas de erosão de barra arenosa (swash). (figuras 25 e 26).

Figura 25: Estrutura de *swash* representada em corte de duna.



Fonte: do autor

Figura 26: Falhas centimétricas, normais e inversas, estruturas dobradas e de fluidificação, representadas em corte de duna.



Fonte: do autor

As argilas são de coloração cinza, com um elevado conteúdo de matéria orgânica. Sua ocorrência está relacionada aos manguezais, formando o substrato de fixação para o mangue. Ocorre nos locais de menor energia, onde não há influência direta das correntes. Em determinados pontos da Baía de Inajá foram observadas laminações de até 1 cm, levemente inclinadas em direção a massa de água (figura 27).

Figura 27: Argilas ocorrentes na planície lamosa, com destaque para as laminações centimétricas levemente inclinadas.



Fonte: do autor

6.3. GEOLOGIA ESTRUTURAL/NEOTECTÔNICA

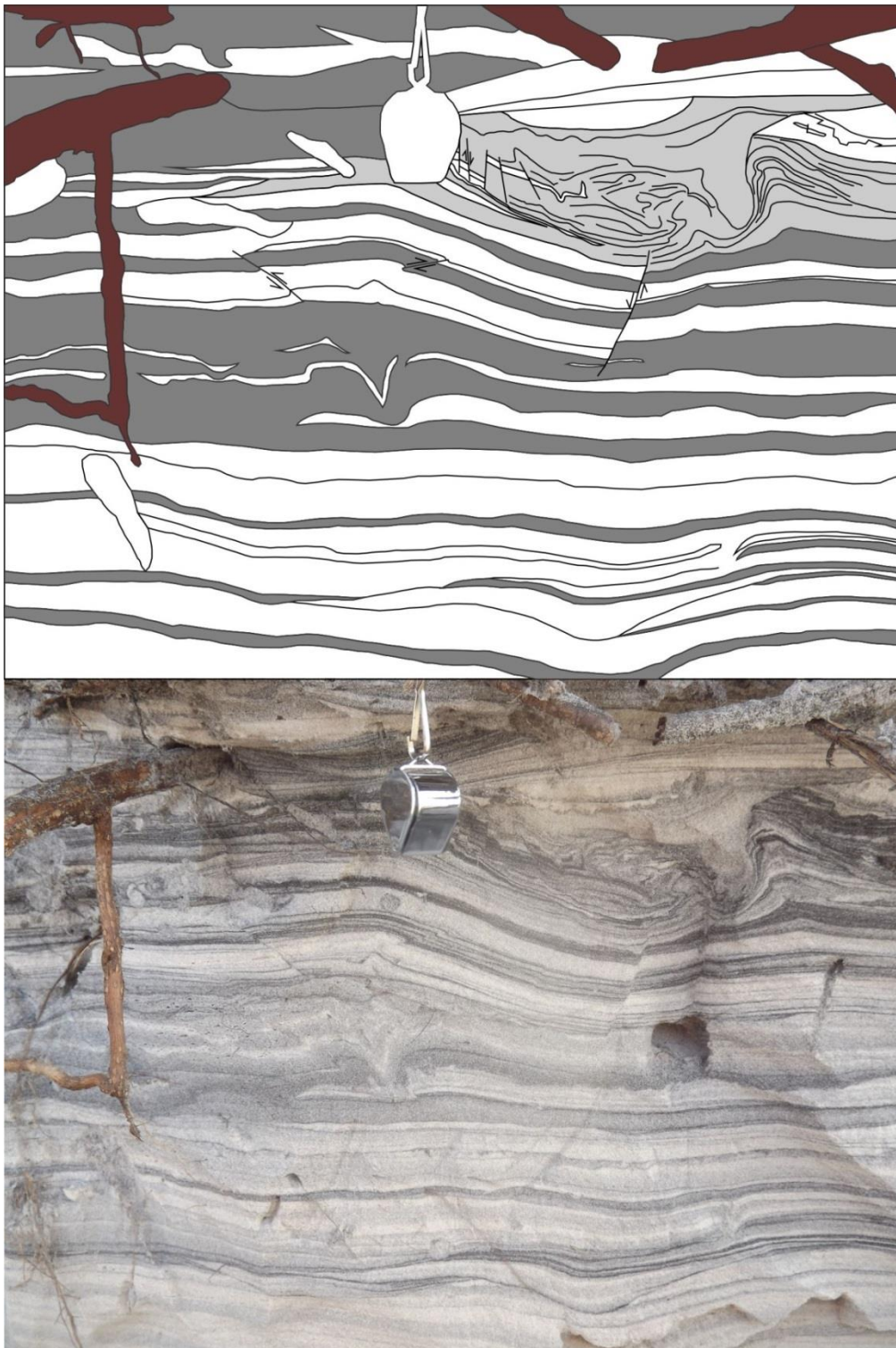
O quadro neotectônico, no qual o nordeste do Estado do Pará está inserido, possui registros nos sedimentos da Formação Pirabas, Grupo Barreiras e Pós-Barreiras de uma movimentação que vem ocorrendo desde o Mioceno. Tal movimentação estaria vinculada ao deslocamento da Placa Sul-Americana para W em decorrência de seu movimento rotacional-horário em torno de um eixo imaginário perpendicular ao Sul da Groelândia, com efeitos epirogenéticos positivos e eventualmente negativos, onde as tensões existentes são induzidas pelos deslocamentos das bordas da placa, em essência, envolvendo compressão horizontal NW-SE (COSTA et al., 1991b, HASUI, 1990).

Na área de estudo, através de imagens aéreas e de satélite, foram identificados grandes alinhamentos, orientados concordantemente às direções preferenciais (NW-SE e NE-SW), além de evidências de alçamentos e abatimentos de blocos, com base nas diferenças de altitude que afloram as rochas, principalmente o arenito Pilões, que aparece com desníveis de mais de 2 m (também observado por SILVA JUNIOR 1998).

Foram identificadas estruturas neotectônicas nos sedimentos holocênicos, falhas normais e inversas, feições de fluidificação e diques de areia (figura 28). No pacote sedimentar visualizam-se camadas muito perturbadas que chegam a ficar sem nenhuma estrutura, praticamente maciças, limitadas por camadas sem nenhuma perturbação desta natureza, onde o registro sedimentar apresenta-se estruturado em lâminas plano-paralelas centimétricas, camadas deformadas situadas entre camadas não deformadas geralmente são associadas a abalos sísmicos e designadas de sismitos (RICCOMINI, 2004).

Estes abalos sísmicos são de conhecimento geral da comunidade científica, podendo atingir magnitudes de até 6°. Na região amazônica, estes são apontados como uma das causas dos eventos de terras caídas (IGREJA et al., 1990; RICCOMINI, 2004).

Figura 28: Detalhamento das estruturas encontradas nos sedimentos holocênicos.



Fonte: do autor

Estudos posteriores que deem ênfase e detalhamento maiores ao arcabouço estrutural da região são necessários para uma melhor caracterização e entendimento da cinemática e dinâmica atuante na área.

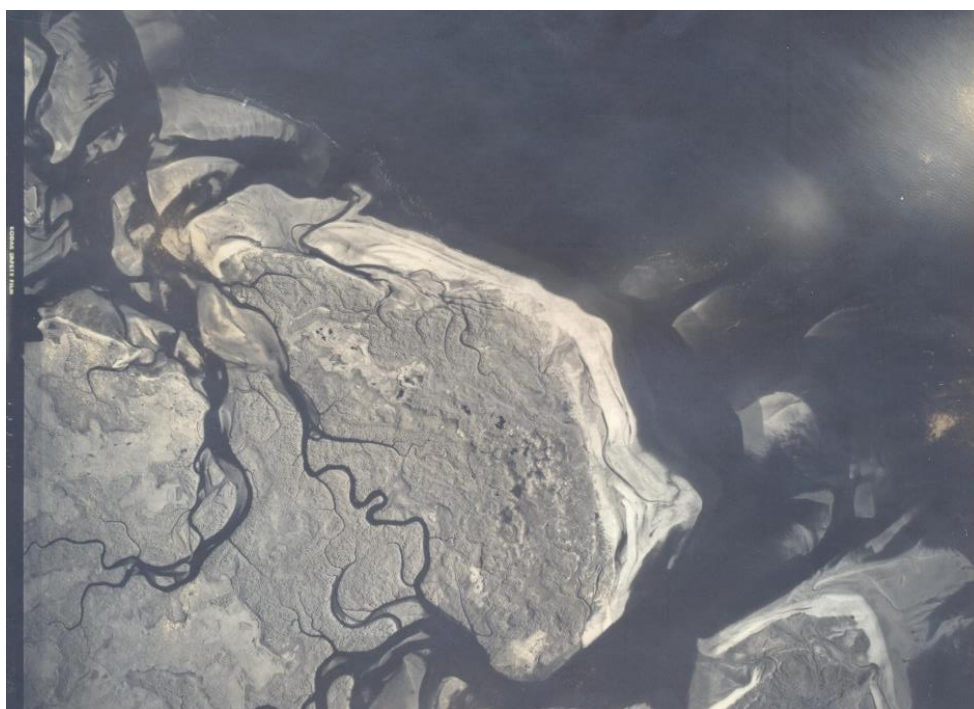
6.4. ANÁLISE MULTI TEMPORAL

Com a intenção de proporcionar um entendimento acerca dos processos atuantes na modificação da paisagem da área de estudo, foi realizada uma análise multi temporal com base em fotografias aéreas na escala 1:70.000, imagens de satélite LANDSAT das décadas de 1970, 1980, com resolução de 27m, aliadas a imagens de satélite de alta resolução, obtidas gratuitamente através do software Google Earth. Estas imagens foram tratadas nos softwares de PDI (Processamento Digital de Imagens) Envi e PCI Geomática e posteriormente digitalizadas no ArcGIS, gerando imagens de qualidade que foram utilizadas na identificação das mudanças morfológicas ocorridas na área de estudo.

6.4.1. ANÁLISE DA MIGRAÇÃO DE CANAIS E LINHA DE COSTA

Ao confrontarmos as imagens atuais da ilha com as imagens mais antigas evidenciam-se algumas mudanças relevantes, dentre estas se destacam a migração de canais e da linha de costa insular. Entre os elementos que sofreram alterações ao longo do tempo foram destacados o abandono de um meandro no furo que conecta as baías do Arapepó e Inajá, a migração de canais de maré presentes na costa da ilha, modificações no recorte da sua linha de costa, apresentando locais que sofreram erosão e outros que sofreram aggradação, além da migração e crescimento de barras arenosas (figuras 29, 30 e 31).

Figura 29: Fotografia aérea da região estudada.

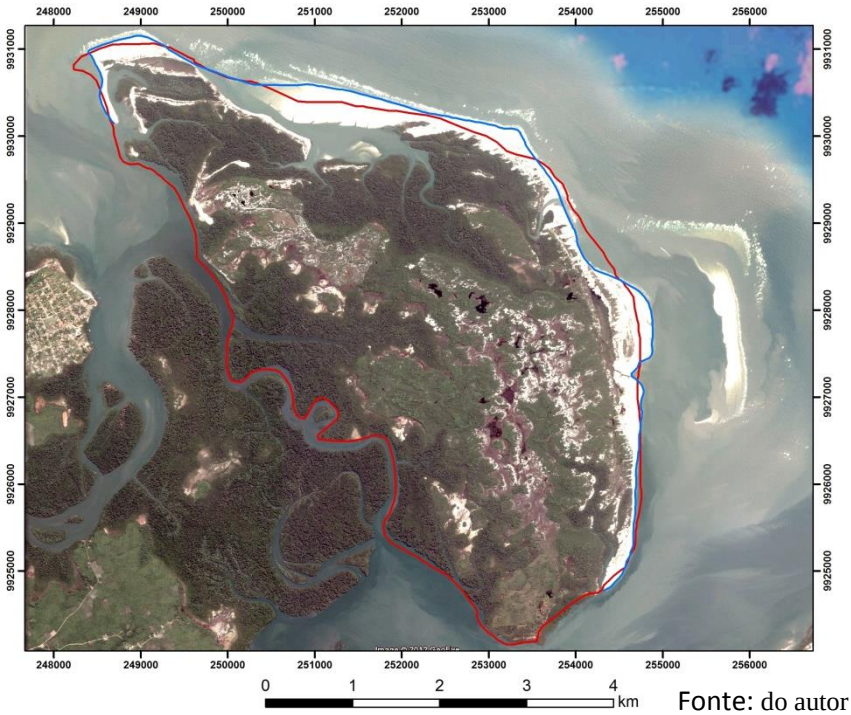


Fonte: do autor

Figura 30: Imagem Landsat de 1988, composição R3 G2 B1, com realce de raiz quadrada, em vermelho o limite da área estudada na época da obtenção da imagem.



Figura 31: Imagem do Google Earth de 2011, em vermelho o contorno da área de estudo em 1988, em azul a as modificações da linha de costa da ilha.



Observa-se também o afogamento de regiões de mangue pela areia, tanto próximo ao campo de dunas costeiras (mais recente), quanto em porções onde o mangue já foi completamente afogado pelos sedimentos, deixando como registro apenas alguns troncos secos e camadas de lama aflorando em meio aos cordões praiais (figura 32).

Figura 32: Intercalação entre os cordões praiais e planície lamosa, mostrando camadas de lama aflorando em meio à areia da praia.



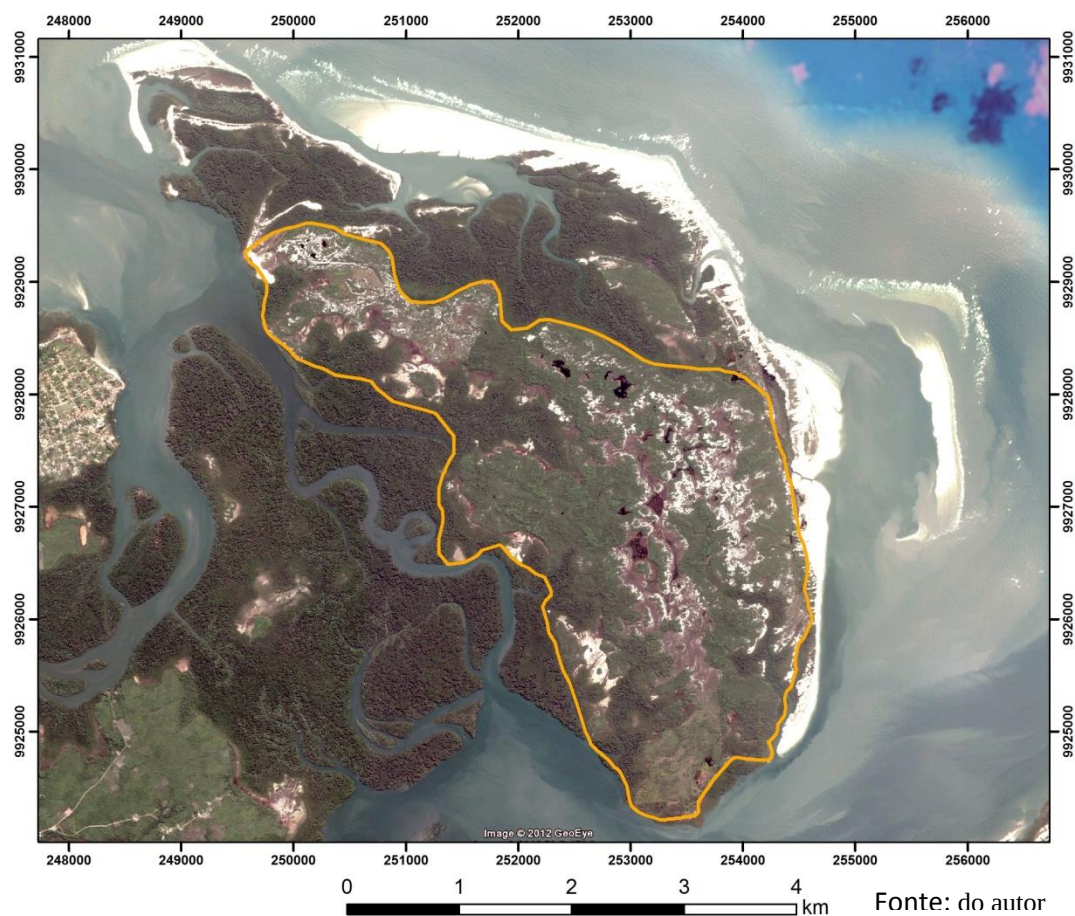
Fonte: do autor

6.4.2. INTERPRETAÇÃO PALEOGEOGRÁFICA

Com base em interpretações de fotografias aéreas e imagens de satélite, aliados aos dados de testemunhos de sondagem de Silva Junior (1998) observam-se sucessões indicativas de variações isostáticas, onde se encontra areia de cordões praiais intercalada com camadas de lama rica em matéria orgânica, típica de mangue. Essas variações são observadas também em macro escala, ao observar imagens da ilha identificam-se frentes de praia antigas no interior da ilha, separadas por faixas de mangue (Figura 33). Com base nestas imagens, e levando em consideração o trabalho de Simões (1981), que descreveu a ocorrência de sambaquis na região do município de São João de Pirabas e em todo nordeste do Pará, interpretou-se que o nível do mar no litoral, nos últimos 10 mil anos pelo menos, esteve em posições topográficas diferentes, ora mais ao norte (nível baixo) e ora a sul (nível alto).

Com base no sentido das correntes marítimas, que na região segue de E para W, e na forma geral das barrar arenosas, foi feita a identificação do que seria a porção inicial da Ilha de Itarana. Considerando-se os cordões praias (*cheniers*) mais antigos observados no interior da ilha, foi gerado o modelo representativo do relevo inicial desta ilha, em um período onde o nível isostático estaria situado alguns metros acima do atual.

Figura 33: Em laranja a interpretação do que seria o relevo inicial da ilha, com base nas ocorrências de *cheniers*.



6.5. ASPECTOS SOCIOAMBIENTAIS

A Ilha de Itarana conta com uma população regular de aproximadamente 50 pessoas. A maioria dos moradores da ilha também mantem residência nos municípios de São João de Pirabas ou Salinópolis. As famílias domiciliadas na ilha vivem da pesca e coleta de frutos e mariscos. A pesca não pode ser caracterizada como de subsistência, pois os moradores utilizam métodos de pesca extrativista através de “currais”.

Os currais são construídos dentro dos canais, com sua abertura voltada contra o sentido da corrente. O curral consiste de duas partes, a gaiola e o funil, é confeccionado com estacas de madeira e uma rede, esta localizada na gaiola. O funil consiste de

estacas dispostas de maneira a formar um afunilamento que conduz os cardumes em direção à pequena abertura da gaiola. A gaiola é revestida por uma rede que impede que os peixes fujam. No intuito de maximizar a quantidade de peixes capturados os pescadores muitas vezes utilizam redes com malhas muito fechadas, que além de peixes também acabam segurando o material em suspensão na água, como galhos e folhas. Esse material que fica preso nos currais forma uma barreira dentro do canal, favorecendo o acúmulo de sedimentos, ocasionando o assoreamento de seu entorno e acelerando a migração lateral do canal. Após um curral não ser mais considerado útil, o que ocorre quando o assoreamento é tão intenso que o local onde o curral foi instalado se torna muito raso, ele é abandonado e outro curral é instalado no canal que migrou, e assim sucessivamente (Figura 34). Essa atividade pode estar acelerando o processo de migração e assoreamento dos canais, estando passiva de ser estudada mais a fundo.

Figura 34: Currais de pesca utilizados na região, ao fundo vê-se a primeira geração, onde o assoreamento do canal é mais intenso e diminui em direção a frente, onde está a geração mais nova de currais.



(Fonte: Carlos Macapuna)

Em relação ao saneamento não existe nenhuma estrutura básica na ilha, os próprios moradores constroem poços, do tipo amazônico, assim como fossas sépticas, que não possuem a estrutura nem a impermeabilização necessárias. A distância entre os poços e fossas é de dezenas de metros apenas, a distância aliada ao solo arenoso da ilha favorece a contaminação da água destes poços. O lixo produzido por essas famílias é

incinerado na própria ilha ao ar livre, sem nenhum controle de emissão de poluentes. Mesmo assim ainda se encontram resíduos próximos às habitações, geralmente de produtos descartáveis. Projetos sociais de conscientização da população se fazem necessários para reduzir ou até mesmo evitar a degradação da região.

As habitações existentes na ilha são chamadas de “ranchos”, construídos com madeira e palha, são palafitas erguidas sobre estacas que são enterradas na areia da praia, ficando assim livres da influência de marés mais altas que o normal, sendo de fácil montagem os ranchos podem ser desmontados e transportados para outro local (figura 35).

Figura 35: “Ranchos”, habitações típicas na região.



Fonte: do autor

A ilha apresenta também um enorme potencial geoturístico, possuindo áreas ideais para realização de diversas atividades esportivas e ecológicas. A região central da ilha apresenta áreas ideais para a realização de trilhas ecológicas e suas praias são bastante procuradas por praticantes de *kite surf*. Existe uma pousada na região sudoeste da ilha, que atualmente encontra-se desativada, porém suas instalações ainda encontram-se na ilha, e também um restaurante, localizado na região sudeste da ilha, na localidade Pilões, este encontra-se em funcionamento possuindo inclusive serviço de deslocamento, através de barco, para os clientes.

7. CONCLUSÕES

Como visto neste estudo, a Ilha de Itarana apresenta uma extensa gama de informações a serem detalhadas, sejam estas de caráter geológico ou social. Este trabalho buscou demonstrar de maneira geral tais informações.

Do ponto de vista geológico, temos as relações entre os diferentes litotipos encontrados na ilha, a ocorrência do arenito Pilões, de idade Pleistocênica, nos sugere um processo de litificação acelerado, talvez ocasionado pelo mesmo processo que gerou suas feições características, onde o processo de percolação por soluções ácidas pode ter remobilizado parte da sílica presente no sistema na forma de cimento acelerando assim a litificação desta rocha.

Além das relações entre os litotipos, é visível a influência da Neotectônica na área, tendo em vista os registros de perturbações sísmicas presentes tanto nas rochas quanto nos sedimentos. Nas rochas esse controle se faz mais evidente por ser responsável pelo deslocamento, abatimento ou soerguimento, de blocos na região, evidenciado pela diferença no registro estratigráfico das rochas da área, como o próprio arenito Pilões e os sedimentos do Grupo Barreiras. Os quais são observados aflorando com significativas variações topográficas.

Em seguida foi feita uma análise da multitemporal da evolução da paisagem da área estudada, onde se constatarem mudanças muito expressivas. A região apresenta uma dinâmica forte e atuante, onde em um período de aproximadamente 30 anos foi possível observar uma série de modificações. Entre elas destacam-se a migração dos canais e de barras arenosas, assim como dos próprios limites da Ilha de Itarana, que teve sua linha de costa modificada em vários pontos, em alguns locais sendo erodida e em outros sofrendo agradação. Além disso, foi verificada uma alternância entre os cordões de praia mais antigos, *cheniers*, e as frentes de mangue, gerando uma sucessão que indica o padrão de crescimento da ilha, nos permitindo ainda propor uma interpretação acerca de sua paleogeografia.

A breve caracterização socioambiental da área estudada aponta para o fato de que os métodos de pesca utilizados pelos moradores da região podem estar acelerando o processo de assoreamento dos canais, e interferindo na migração natural das barras arenosas. A questão ambiental é importante, pois os habitantes locais, por falta de informação acabam por gerar vários impactos na região, seja pelo destino dado ao lixo gerado por eles, ou pelos métodos utilizados na pesca.

Por fim, esta área demonstrou-se de grande interesse, acadêmico e socioambiental, de forma que se fazem necessários estudos mais detalhados para melhores caracterização e entendimento geológicos desta região, além da implantação de projetos sociais de educação e conscientização da população local quanto aos impactos que vem sendo causados na área.

REFERÊNCIAS

- ACKERMANN, F. L. *Geologia e fisiologia da região Bragantina (Estado do Pará)*., Manaus: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, 1964. 2 v, p. 1-90. (Cadernos da Amazônia).
- ACKERMANN, F.L. *Esboço para a geologia entre a cidade de Belém – Rio Gurupi – Rio Guamá*. Belém, Imprensa Universitária do Pará, 1969. 90p.
- ACKERMANN, F. L. *A Formação Pirabas, sua evolução e interpretação*. Belém, Imprensa Universitária do Pará, 1976. 83p.
- ALMARAZ, J. S. U. *Aspectos geoquímicos e ambientais dos calcários da Formação Pirabas, Estado do Pará. Porto Alegre*. 1977. 198f. Tese. (Doutorado em Geociências) - Curso de pós-graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1977.
- ALMARAZ, J. S. U.; FORMOSO, M. L. F. Contribuição ao ambiente da Formação Pirabas - mineralogia das argilas. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 25., 1971. São Paulo. *Anais...* São Paulo: Sociedade Brasileira de Geologia, 1971. 2 v, p. 247-265.
- CARVALHO, P. F. Estudos geológicos nos arredores de Belém do Pará, reconhecimentos geológicos entre a costa atlântica de Maracanã e Pirabas e a estação experimental na e.f. de Braganca. *Boletim Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil*, Rio de Janeiro, n. 14, p. 115-24, 1926.
- BORGES, M. S.; COSTA, J. B. S.; BERMEGUY, R. L.; FERNANDES, J. M. G.; COSTA JR., P. S. *A evolução cenozóica da região de Salinópolis, nordeste do Estado do Pará*. Geociências (Universidade Estadual de São Paulo), 1993. 12 v, p. 373-396.
- FERNANDES, J. M. G. Bioestratigrafia da Formação Pirabas, Estado do Pará. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 35, Rio de Janeiro, *Anais*, Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Geologia, 1988. 6 v, p. 2376-2382.
- FERREIRA, C. S. Características litopaleontológicas da Formação Pirabas, Estado do Pará. *In: CONFERÊNCIA GEOLÓGICA DAS GUIANAS*, 6v, Belém, *Anais* (Avulsos da Divisão de Geologia e Mineralogia do Departamento Nacional de Produção Mineral), Rio de Janeiro, 1966. 41 v, p. 101-111.
- FERREIRA, C. S.; CASSAB, R. C. T. *Implicações faciológicas da família Pectinidae (Mollusca-Bivalvia) da Formação Pirabas, Oligo-Mioceno do norte e nordeste do Brasil*. Ministério de Minas e Energia - DNPM, Série Geologia, Seção Paleontologia e Estratigrafia, Rio de Janeiro, 1985. p. 205-209. (Coletânea de Trabalhos Paleontológicos, 27 v).
- FERREIRA, C. S.; FRANCISCO, B. H. R. As relações da Formação Pirabas (Oligoceno-Mioceno) com as formações continentais terciárias no NE do Pará. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 35, Belém, *Anais*, Belém: Sociedade Brasileira de Geologia, 1988. 2 v, p. 761-764.

FERREIRA PENNA, D. S. *Breve notícia sobre os sambaquis do Pará*. Rio de Janeiro, 1876. p. 85-89. (Arquivos do Museu Nacional, 1 v)

FRANCISCO, B. H.; LOEWENSTEIN, P.; SILVA, A. I.; SILVA, G. G. Contribuição à Geologia da Folha de São Luís (SA-23), no Estado do Pará. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi*, Nova Série, Geologia, 1971. 17 v., Belém, p. 1-40.

FRANZINELLI, E. Contrinuição a geologia da costa do Estado do Pará (entre a baía de Curuçá e Maiaú). : in (ver notas) Rio de Janeiro, Sociedade Brasileira de Geologia, 1982. 482P.P.305-322, 1982.

GÓES, A. M.; ROSSETTI D. F.; NOGUEIRA, A. C. R.; TOLEDO, P. M. Modelo deposicional preliminar da Formação Pirabas no nordeste do Pará. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi*, Série Ciências da Terra, 1990. 2 v. Belém, p. 3-15.

MAURY, C. J. *Fósseis terciários do Brasil com descrição de novas formas cretáceas*. Monografia do Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil, Rio de Janeiro, 4 v., 1925. 665 p.

RICCOMINI, C. Sismitos holocênico sem baixos terraços do rio Solimões, Amazonas. In: XLII Congresso Brasileiro de Geologia, 2004, Araxá, MG. Anais do 42 Congresso Brasileiro de Geologia - Recursos Minerais e Desenvolvimento Socioeconômico. Araxá, MG: Sociedade Brasileira de Geologia, Núcleo Minas Gerais, 2004. p. S03-320-S03-320.

SILVA JUNIOR, O. G. *Morfoestratigrafia da planície costeira do município de São João de Pirabas (porção NW) – NE do Estado do Pará*. Belém. 1998. 89 p. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Programa de Pós-graduação em Geologia e Geoquímica, Universidade Federal do Pará. 1998.

SIMÕES, M. F. Coletores-pescadores ceramistas do litoral do salgado (Pará). Belém: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, 1981. 26 p. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi (nova série)*

TÁVORA, V. A.; FERNANDES, J.M.G. Estudio de los foraminíferos de la Formación Pirabas (Mioceno Inferior), Estado do Pará, Brasil y su correlación com faunas del Caribe. *Revista Geológica de América Central*. 22 v., São José, p. 59-70. 1999.

Apêndices