

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA  
DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS**

**WESLEY RAMOS NÓBREGA**

**CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA E MORFOTECTÔNICA DO GRÁBEN DO  
RIO MAMANGUAPE E ADJACÊNCIAS, BORDA ORIENTAL DO ESTADO DA  
PARAÍBA**

**JOÃO PESSOA  
2013**

**WESLEY RAMOS NÓBREGA**

**CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA E MORFOTECTÔNICA DO GRÁBEN DO  
RIO MAMANGUAPE E ADJACÊNCIAS, BORDA ORIENTAL DO ESTADO DA  
PARAÍBA**

Monografia apresentada ao Departamento de Geociências da Universidade Federal da Paraíba – CCEN Campus I, em cumprimento às exigências para obtenção do grau de Bacharel em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Max Furrier

**JOÃO PESSOA  
2013**

N754c Nóbrega, Wesley Ramos.

Caracterização morfológica e morfotectônica do gráben do Rio Mamaguape e adjacências, borda oriental do estado da Paraíba / Wesley Ramos Nóbrega. – João Pessoa, 2013.

60p. : il. –

Monografia (Bacharelado em Geografia) Universidade Federal da Paraíba.

Orientador: Prof. Dr. Max Furrier.

1. Topografia. 2. Rio Mamaguape (PB) - Morfologia. 3. Tabuleiros litorâneos. 4. Deformações tectônicas. I. Título.

**WESLEY RAMOS NÓBREGA**

**CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA E MORFOTECTÔNICA DO GRÁBEN DO  
RIO MAMANGUAPE E ADJACÊNCIAS, BORDA ORIENTAL DO ESTADO DA  
PARAÍBA**

Monografia apresentada ao Departamento de Geociências da Universidade Federal da Paraíba – CCEN Campus I, em cumprimento às exigências para obtenção do grau de Bacharel em Geografia.

Aprovada em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_

---

Prof. Dr. Max Furrier  
Universidade Federal da Paraíba (Orientador)

---

Prof. Dr. Werner Maximilian Topitsch  
Universidade Federal da Paraíba

---

Prof. Dr. Richarde Marques da Silva  
Universidade Federal da Paraíba

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer aos meus pais, Manoel Lucena da Nóbrega e Maria Ramos Leite, os quais sempre estiveram presentes em todos os momentos da minha vida.

Agradeço a todos os amigos que fizeram parte da minha graduação em Geografia pela Universidade Federal da Paraíba.

Em especial, a todos do LEGAM e principalmente aos que eu tive a oportunidade de conviver desde o primeiro período, como uma “grande” amiga, desconsiderando-se o sentido literal da palavra, Maria Emanuella, tendo sido fundamental na minha formação. Agradeço aos amigos Diego N. Valadares e Diego Albuquerque, com os quais compartilhei umas das melhores viagens e aulas de campo que já tive na vida. E por fim, ao grande companheiro e amigo Alexandre dos Santos Souza, que além de ser uma das pessoas mais esforçadas e competentes que já conheci, é um exemplo de ser humano.

Agradeço ao Prof. Dr. Werner Maximilian Topitsch, com o qual eu tive a oportunidade de aprender muito em seus famosos trabalhos de campo, em suas aulas, bem como, nas várias vezes em que fui na sua sala.

Agradeço ao professor Paulo Rosa (*in memoriam*), pelos diversos conhecimentos proporcionados através de suas longas conversas, e principalmente, por me fazer despertar logo cedo para a profissionalização, enquanto Geógrafo. Fato que me possibilitou perceber a situação caótica e criminosa no qual o curso de Geografia da UFPB está submetido.

Por fim, agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Max Furrier, que esteve presente em toda a minha graduação, sendo no primeiro período como professor, e a partir do segundo, como orientador. Muito obrigado pelos conhecimentos fornecidos, inúmeros conselhos, e também, pelas críticas, com as quais me permitiram evoluir profissionalmente.

Dedico ao meu primo (*in memoriam*),  
Aluilson da Costa Ramos

## RESUMO

O presente trabalho está fundamentado na utilização de três cartas topográficas na escala de 1:25.000, que estão localizadas na borda oriental do Estado da Paraíba, nordeste do Brasil. Através da digitalização das cartas topográficas que perfazem todo o gráben e adjacências do rio Mamanguape em seu médio e baixo curso, foi possível realizar a aplicação de parâmetros geomórficos com o intuito de identificar possíveis deformações tectônicas e estruturais perceptíveis nas adjacências do gráben. Os respectivos parâmetros utilizados foram: Relação declividade-Extensão (RDE), perfis longitudinais e latitudinais, fator assimetria de bacia de drenagem (FABD), Fator de Simetria Topográfica Transversal (FSTT), carta hipsométrica e clinográfica. Desta forma, as correlações dos dados destes parâmetros possibilitaram um entendimento das condições morfotectônicas nas quais a área de estudo encontra-se submetida. Os resultados desta pesquisa permitiram uma compreensão com alto nível de detalhamento morfológico e morfotectônico do setor compreendido pelo gráben do rio Mamanguape. Esta área apresenta diversas peculiaridades oriundas de possíveis reativações neotectônicas pós-cretácicas, tais como: *shoulders*, facetas triangulares e escarpa de falhas normais, padrões assimétricos das redes de drenagem, inflexão de rios e riachos, recuo acentuado de cabeceiras com possibilidade de captura, presença de basculamentos, retineidades em diversos cursos d'água, orientação de cursos d'água anômalas, com sentido NE-SW.

**Palavras-chave:** Gráben do Rio Mamanguape, Formação Barreiras, Parâmetros Morfométricos

## ABSTRACT

This work is based on three topographic maps in the scale 1:25.000, of an area located in the eastern part of Paraíba state, in north eastern Brazil. The interpretation of the geomorphological parameters aiming in was made with digitalized maps of the whole graben and its adjacencies Mamanguape river with its middle and lower course, to identify possible neotectonic and structural deformations noticeable in the gráben adjacencies. The used parameters were: Slope - Extension Relation (SER), latitudinal and longitudinal profiles, Asymmetry Factor Watershed (AFW), Hypsometric and Slope Chart (HSC). Thus, the correlations of the data will provide a good understanding of the morphotectonics conditions in which the focused area is inserted. The results of the current work, provided a high level understanding of morphologic and morphotectonic details of the gráben of Mamanguape river. This area presents several peculiarities deriving from neotectonic reactivations after-Cretaceous, such as: shoulders, triangular facets and scarps of normal faults, asymmetrical patterns of the drainage network, inflections of rivers and streams, sharp retreat from the headwaters with possibilities of catch drainage, presence of tipping, straightness in several water courses, anomalous rivers orientation heading from NE to SW.

**Key words:** Mamanguape river gráben, Barreiras Formation, Morphometric parameters

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Propriedades da rede de drenagem, e critério para classificação da rede de drenagem .....	22
Figura 2 - Parâmetros utilizados no cálculo do índice RDE.....	24
Figura 3 - Esquema de aplicação do fator de assimetria de bacia de drenagem (FABD) .....	25
Figura 4 - Esquema de aplicação do Fator de Simetria topográfica transversal (FSTT) .....	26
Figura 5 - Localização da área de estudo .....	31
Figura 6 - Localização da Bacia da Paraíba, e da sub-bacia Miriri, na qual está inserida a área de estudo .....	32
Figura 7 - Recorte extraído do mapa geológico do estado da Paraíba .....	34
Figura 8 - 8a: Recorte extraído do esboço geológico apresentado por Brito Neves (2008), apresentando as linhas de falhas que condicionam o gráben. 8b Recorte da seção geológica esquemática.....	36
Figura 9 - a) Modelo de um sistema de falhas proposto pelo autor citado. b/c) Perfis topográficos revelando situação atual do gráben, que apresenta-se relevantemente semelhante à Figura 9a .....	39
Figura 10 - Apresentação da disposição hidrográfica das sub-bacias I e II, apresentando os trechos nas quais o RDE foi aplicado .....	40
Figura 11 - Escala de intensidade para o FSTT .....	41
Figura 12 - Delimitação das sub-bacias utilizadas neste trabalho.....	42
Figura 13 - Situação hidrográfica presente na área de estudo, demarcando áreas com anomalias na drenagem e orientação dos cursos d'água, recuo acentuado de cabeceiras, inflexão de rio .....	43
Figura 14 - a) Imagem SRTM. b) Carta hipsométrica. c) Carta clinográfica.....	47
Figura 15 - MDE (Modelo digital de Elevação) da área de estudo. ....	48

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Classes de Declividades

28

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultados obtidos através da aplicação do FSTT	41
Tabela 2 – Resultados obtidos através da aplicação do FABD	42

## LISTA DE ABREVIATURAS

Ar	Área Da Bacia à Direita da Bacia de Drenagem
At	Área Total da Bacia de Drenagem
Da	Distância entre o Eixo da Bacia de Drenagem e o Curso D'água
Dd	Distância entre o Eixo Até o Divisor da Bacia de Drenagem
Dh	Diferença Altimétrica Entre Dois Pontos
DI	Projeção Horizontal da Extensão do Segmento
Enb	Formação Barreiras
FA	Fator de Assimetria
FABD	Fator de Assimetria de Bacia de Drenagem
FSTT	Fator de Simetria Topográfica Transversal
Ki	Rocha Vulcânica Félsica Itapororoca
L	Comprimento Total do Curso D'água
MDE	Modelo Digital de Elevação
Ny1a	Suíte Granítica Calcicalcalina
Nyi	Granitóide de Quimismo Indiscriminado
Pgm/Py	Rochas do Complexo Gnássico-Migmatito
Qa	Aluviões
Qe	Coberturas Eluvio-Coluviais
RDE	Relação Declividade-Extensão
SPRING	Sistema de Processamento de Informações Georreferenciada
SRTM	<i>Shuttle Radar Topography Mission</i>
T	Valor da Assimetria da Bacia de Drenagem
TAP	Terreno Alto Pajeú

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	14
1.1 JUSTIFICATIVA .....	15
1.2 OBJETIVOS .....	16
1.2.1 Objetivo geral .....	16
1.2.2 Objetivos específicos.....	16
<b>2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS-METODOLÓGICOS</b> .....	17
2.1 GEOMORFOLOGIA .....	17
2.2 Análise Qualitativa.....	19
2.2.1 Drenagem.....	19
2.3 Análise Quantitativa .....	22
2.3.1 Índice RDE .....	23
2.3.2 Fator de Assimetria de Bacia de Drenagem (FABD) .....	24
2.3.3 Fator de Simetria Topográfica Transversal (FSTT) .....	25
2.3.4 Hipsométrica .....	26
2.3.5 Clinográfica .....	26
2.4 Procedimentos técnicos operacionais .....	28
<b>3. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO</b> .....	31
<b>4 CONTEXTO GEOLÓGICO E GEOMORFOLÓGICO</b> .....	32
4.1 Geologia .....	32
4.1.2 Tectônica e o Gráben do Rio Mamanguape .....	35
4.2 Geomorfologia.....	36
4.2.1 Baixos Planaltos Costeiros.....	37
4.2.2 Baixada Litorânea.....	37
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	38
5.1 Resultados obtidos com a aplicação dos parâmetros geomórficos .....	38
5.1.1 Índice RDE e perfis topográficos .....	38
5.1.2 Fator de Simetria Topográfica Transversal (FSTT) .....	40

5.1.3 Fator de Assimetria de Bacia de Drenagem (FABD).....	41
<b>6 CARACTERIZAÇÃO MORFOTECTÔNICA E MORFOLÓGICA.....</b>	<b>43</b>
6.1 Panorama geral das anomalias de drenagem.....	43
6.2 Morfotectônica e morfologia do gráben do rio Mamanguape .....	44
6.2.1 Setor compreendido pela Carta de Itapororoca.....	44
6.2.2 Setor compreendido pela Carta de Rio Tinto .....	45
6.2.3 Setor compreendido pela Carta de Barra de Mamanguape .....	46
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>49</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>52</b>
<b>ANEXO .....</b>	<b>57</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho tem como objetivo, apresentar as características morfométricas e morfotectônicas presentes num recorte de parte da borda oriental do Estado da Paraíba, nordeste do Brasil, na região correspondente às cartas topográficas de: Itapororoca (SB.25-Y-A-V-4-NO), Rio Tinto (SB.25-Y-C-III-3-NE) e Barra de Mamanguape (SB.25-Y-A-VI-3-NO), que seguem o sentido W-E em direção ao Oceano Atlântico, formando um complexo geomorfológico de estruturas distintas no relevo, na composição do terreno, na hidrografia e nos efeitos provocados pela ação neotectônica sucedida local.

No período em que estas perturbações ocorreram, conforme (Freitas, 1951; Asmus e Ponte, 1973; Ponte e Asmus, 1975; Almeida, 1967; Hasui e Ponçano, 1978; Brito Neves et al., 2004; Araújo, 1993; Furrier et al., 2006), são atribuídas há tensões ocorridas durante o Cenozóico. Embora este terreno tenha sido condicionado por severas alterações, os sedimentos dos baixos estruturais deste sistema encontram-se muito dissecados atualmente pelo ciclo erosivo predominante (Brito Neves et al., 2004). Este fato, bem como a intensa ação intempérica dificulta o entendimento morfotectônico da área de estudo. Por este motivo, a utilização de procedimentos computacionais, dentre os quais, a utilização de índices geomórficos, se fazem de grande importância no entendimento minucioso do cenário morfotectônico e morfométrico desse sistema.

Em razão destas características, faz-se necessário aplicação de parâmetros geomórficos que possam elucidar de maneira detalhada as particularidades da área de estudo. Nesta perspectiva, foram selecionados os seguintes índices geomórficos: hipsometria, clinográfica (De Biase, 1989), Fator de Assimetria de Bacia de Drenagem (FABD) Hare e Gardner (1985 apud Rubin, 2002) e Fator de Simetria Topográfica Transversal (FSTT) (Cox 1994).

O resultado obtido nesta pesquisa possibilitou um elevado nível de detalhamento da área de estudo, apresentando um mapeamento inédito das feições geomorfológicas de um complexo estrutural que abrange a Formação Barreiras. Além de apresentar diversas evidências neotectônicas a partir dos parâmetros geomórficos aplicados.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

Em virtude da complexidade natural e do nível de intervenção humana na organização do espaço geográfico do ambiente costeiro, esse segmento do relevo vem merecendo atenção cada vez maior quanto à manutenção do seu equilíbrio, o que acaba levando à necessidade de um conhecimento detalhado de suas estruturas e das forças que intervêm no ajustamento de suas formas (Feitosa, 1996).

Os Tabuleiros Litorâneos, a Zona Costeira, como todo ambiente natural quando livre de intervenções humanas, apresentam-se, sob o ponto de vista geomorfológico, como ambientes de instabilidade potencial (Ross, 1994). Assim, a criação e evolução das formas de relevo são dependentes das características geológicas, climáticas, pedológicas, hidrológicas, biológicas, topográficas e altimétricas. A complexidade destes estudos aumenta conforme o nível de relação humana com as formas de relevo aumenta (Guerra, 2007).

Nesta perspectiva, busca-se não simplesmente identificar padrões de formas ou tipos de vertentes e vales, ou descrever o comportamento geométrico das formas, mas identificá-los e correlacioná-los com os processos atuais e pretéritos, responsáveis por tais nuances no relevo (Ross, 1992). Portanto, fica evidente a importância da compreensão da dinâmica das unidades de paisagens onde as formas do relevo se inserem, tornando-se necessário entender o significado da aplicação dos conhecimentos geomorfológicos ao se implantar qualquer atividade antrópica na superfície terrestre.

Este trabalho busca apresentar evidências de possíveis alterações provocadas na configuração geomorfológica da área de estudo, motivados por influências endógenas. Deste modo, justifica-se a importância desta pesquisa, uma vez que, o entendimento dos fatores responsáveis pela gênese das formas de relevo visualizadas atualmente na área de estudo, são de relevante importância.

Embora o relevo, numa rápida observação, pareça ser um componente estático do meio, este apresenta-se em constante processo de evolução, com velocidades variegadas, interagindo, a todo instante, com os demais componentes. Desta maneira, o entendimento da dinâmica do relevo interessa diretamente ao homem como ser social, que passa a ser parte integrante da geografia. Negar que o entendimento do relevo não é fundamental para os problemas da expansão urbana

dos sítios urbanos, instalação de núcelos de colonização, implantação de pólos industriais entre outros, é negar a própria geografia (Ross, 1992). Sendo assim, para um entendimento pormenorizado, a geomorfologia necessita de uma avaliação que englobe diversos conhecimentos, dentre os quais, situam-se os fatores provenientes de forças endógenas.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo geral

O objetivo do presente trabalho é apresentar evidências de atividades neotectônicas na área de estudo, a partir da aplicação de parâmetros geomórficos, fornecendo informações de análises quantitativas e qualitativas relativas à configuração geomorfológica da área de estudo.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- Aplicar os parâmetros geomórficos selecionados para esta pesquisa, com intuito de se buscar evidências de atividade neotectônica na área de estudo
- Realizar caracterização geológica e geomorfológica da área de estudo.
- Apresentar uma caracterização morfotectônica e morfológica da área de estudo.

## 2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS-METODOLÓGICOS

Com a preocupação em dar-se ao presente trabalho, uma estruturação rigorosa em que sejam estabelecidos sistematicamente um começo, um meio e um fim – foi incorporada a proposta metodológica elaborada por Libault (1971), que é genérica e aplicável aos diferentes temas de uma pesquisa. O referido autor descreveu quatro níveis de pesquisa: nível compilatório, nível correlativo, nível semântico e nível normativo, denominados de clássicos, com a ressalva de que não há limites nítidos entre um e outro.

- a) **Nível compilatório:** é característico do início da pesquisa e refere-se à coleta e compilação dos dados. Os dados coletados devem ser fidedignos e representativos, devendo-se pensar, durante sua coleta, também em parâmetros que influem em sua análise posterior.
- b) **Nível correlativo:** ocorrem as comparações para, posteriormente, estabelecer-se a interpretação. É importante verificar se os dados ou resultados das comparações são significativos ou não.
- c) **Nível semântico:** faz-se a interpretação dos dados selecionados e correlacionados nas etapas anteriores. É a fase marcada pela transformação das constatações elaboradas anteriormente. Nessa etapa, tomam-se decisões lógicas. Aqui, se efetua a generalização: inclusão, restrição ou exclusão.
- d) **Nível normativo:** os resultados fatoriais são traduzidos em normas aproveitáveis. Refere-se à construção de um modelo. O modelo pode ser da realidade, prospectivo, de simulação, de planejamento, de ambientação, entre outros.

### 2.1 GEOMORFOLOGIA

A geomorfologia trata do estudo das características físicas da superfície da Terra e suas formas, como rios, montanhas, planícies, praias e dunas. De maneira geral, é uma área que trata do entendimento e avaliação das formas do relevo e da paisagem (Goerl et al., 2012). Quanto a geomorfologia clássica, como a moderna

preocupam-se com a descrição e classificação das formas do relevo, os processos e dinâmicas que caracterizam sua gênese e evolução, além dos fatores endógenos e exógenos nos quais o relevo é submetido (op.cit).

De acordo com Goudie (2004 apud GOERL et al., 2012) para melhor compreensão das formas e processos, a geomorfologia moderna se dividiu em linhas e domínios especializados:

- Geomorfologia Fluvial: trata das águas correntes, com ênfase em rios, córregos e canais, ou seja, com a parte terrestre do ciclo hidrológico, evolução da bacia hidrográfica e seus processos fluviais correlatos;
- Geomorfologia de Encosta: trata das propriedades geotécnicas do solo e das rochas, os mecanismos de ocorrência de deslizamentos e do movimento da água no solo;
- Geomorfologia Tectônica: estuda a neotectônica, bacias sedimentares em escala continental, bordas continentais ativas/passivas;
- Geomorfologia Glacial/Periglacial: trata das formas e processos resultantes da ação da neve, gelo/geleiras e *frost*.
- Geomorfologia Cárstica: estuda as rochas solúveis/ carbonáticas e os processos químicos de dissolução;
- Geomorfologia Costeira: estuda a linha de costa; os sistemas lacustres e marinhos;
- Geomorfologia Eólica: estuda o transporte de areia e demais partículas sólidas pelo vento, principalmente em ambientes áridos e semi-áridos.

As novas proposições teóricas, abrindo outras perspectivas, permitem rearranjos dos fatos conhecidos e estruturas inéditas. Elas fazem com que muitos elementos, antes ignorados, passem a ser levados em consideração, possibilitando outra percepção espacial e novo comportamento (Christofolletti, 1980). Desta maneira, novos métodos utilizados no estudo geomorfológico permitem uma compreensão mais detalhada, baseada em dados quantitativos, obtidos a partir de técnicas computacionais. No entanto, o conhecimento dos eventos naturais sempre é imperfeito porque se expressa através dos recursos de determinada linguagem (Christofolletti, 1980). Desta maneira, a escolha de qual método ou instrumento será

utilizado no estudo geomorfológico, é de suma importância, uma vez que, deve-se levar em consideração diversos fatores, tais como: área de estudo, nível de detalhe necessário e peculiaridades pertinentes.

O conhecimento humano relativo à ciência geomorfológica, não se restringiu, apenas a procurar conhecer tipos de relevo e os processos a eles relacionados, mas buscar explicar, como os processos se articulam e evoluem (Guerra e Cunha, 2007). Portanto, embora a Geomorfologia seja uma ciência autônoma, o entendimento de maneira ampla requer o apoio de várias outras ciências. Deste modo, as nuances morfológicas transmitem uma falsa idéia de que são componentes independentes da paisagem, quando na verdade, estão condicionados dos mais variados fatores, dentre os quais pode-se elencar: geologia, clima, pedologia, hidrologia, fatores biológicos, topográficos e altimétricos (Guerra e Cunha, 2007).

O relevo representa para a humanidade o elemento presente em todas as suas atividades realizadas cotidianamente (Guerra e Cunha, 2007; Ross, 1992). Para tanto, o entendimento da dinâmica do relevo, interessa diretamente ao homem como ser social, de forma que, este conhecimento incide como parte integrante da ciência geográfica. Assim, negar que o entendimento do relevo não é fundamental para problemas da expansão dos sítios urbanos, instalação de núcleos de colonização, implantação de pólos industriais entre outros, é negar a própria geografia (Ross, 1992).

A partir destes fatos, compreende-se a importância e aplicação que a geomorfologia possui enquanto ciência. Desta forma, o pesquisador deve rechaçar todas as alegações de que está alcançando a verdade absoluta e se contentar com o esforço mais modesto para desenvolver um sistema de interpretação que será aprovado na prática num futuro próximo Chamberlin (1904 apud. VITTE, 2004).

## 2.2 Análise Qualitativa

### 2.2.1 Drenagem

O estudo das drenagens fluviais sempre possuiu função relevante na Geomorfologia, uma vez que sua análise pode aclarar inúmeras questões de natureza geomorfológica (Christofolletti, 1980). A sensibilidade que os cursos d'água

possuem à qualquer deformação no terreno (Maciel, 2009; Santos et al., 2011; Guedes, 2009; Etchebehere et al., 2006), representa uma particularidade que os coloca como um elemento indispensável para qualquer análise de cunho morfológico e morfotectônico.

Para Etchebehere et al. (2004) tais características tornam os cursos d'água elementos apropriados para o levantamento de informações de importância neotectônica, considerando que são sempre sensíveis a qualquer processo deformativo de seus cursos, alterando suas características morfométricas, buscando atingir sua condição de equilíbrio. Nesse sentido, características morfométricas e morfológicas de drenagens são informações valiosas na interpretação de imagens em geologia e geomorfologia, a partir de seus diferentes padrões, zonas homólogas e análogas entre si (Soares e Fiori, 1976).

De acordo com o referido autor, a rede de drenagem pode fornecer variadas informações do terreno apenas com uma interpretação adequada. Desta maneira, as propriedades mais importantes a serem analisadas são:

**1º-densidade de textura de drenagem** (Figura 1a);

**2º-sinuosidade dos elementos texturais de drenagem;** podemos classificar visualmente em predominantemente curvos; predominantemente retilíneos; e curvos e retilíneos (mistos) (Figura 1b). Os elementos retilíneos são considerados lineações de drenagem, enquanto a disposição em linha reta das lineações de drenagem constitui um alinhamento de drenagem.

**3º- angularidade:** refere-se ao ângulo de confluência dos elementos de drenagem. Podemos classificar zonas homólogas de drenagem em função desta propriedade: baixa (ângulos agudos -  $< 600$ ) média (ângulos retos -  $> 600 < 1200$ ) alta ( $> 1200$ ) (Figura 1c).

**4º- tropia:** é a propriedade dos elementos de drenagem se desenvolverem segundo uma direção preferencial. Quanto a esta propriedade, podemos considerar a estrutura da drenagem tendo em vista a presença de uma ou mais direções de linhas de drenagem francamente dominantes (Figura 1d).

- unidirecional
- bidirecional
- tridirecional
- multidirecional(isótropa): estruturada ou não estruturada.

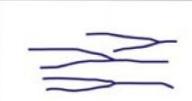
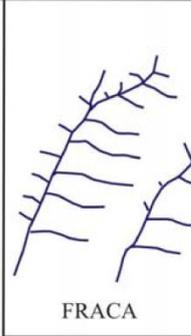
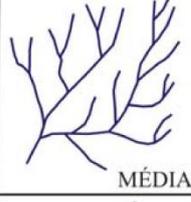
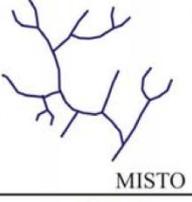
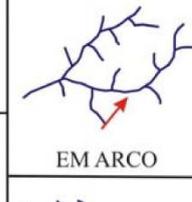
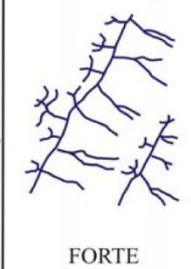
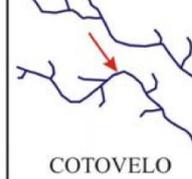
**5º- assimetria:** A assimetria da rede de drenagem é caracterizada pela presença de elementos com tamanho ou estrutura sistematicamente diferentes, de um lado e de outro, do elemento maior. A assimetria fraca é caracterizada apenas por diferença no tamanho dos elementos e a forte é caracterizada por tamanho e forma (Figura 1e).

**6º - lineações de drenagem:** são elementos de drenagem fortemente estruturados, retilíneos ou em arco.

As anomalias que podem surgir numa rede de drenagem são diversificadas, no entanto, analisadas segundo estas propriedades, pode-se descrever e definir diferentes zonas homólogas de drenagem e caracterizar a interpretação (Soares e Fiori, 1976).

O estudo dos padrões de drenagens, como aplicação para o entendimento sobre a evolução de uma paisagem, definição de substrato geológico, delineamento de feições morfoestruturais e, mais recentemente, para detecções de deformações neotectônica Etchebehere et al. (2004), demonstra a importância e interdependência deste elemento para com a Geociências. Sua interpretação permite uma possível definição de geometria e de cinemática das estruturas que estão representadas por sistemas de fraturas e juntas associadas à distintas ações tectônicas, como estruturas relacionadas ao movimento vertical e associadas à movimentação direcional (Bezerra, 2003).

**Figura 1 - Propriedades da rede de drenagem, e critério para classificação da rede de drenagem**

A- Densidade	B-Sinuosidade	C-Angularidade	D-Tropia	E-Assimetria	F-Formas Anômalas
 ALTA	 CURVO	 ALTA	 UNIDIRECIONAL	 FRACA	 MEANDROS ISOLADOS
 MÉDIA	 MISTO	 MÉDIA	 BIDIRECIONAL		 EM ARCO
 BAIXA	 RETILÍNEO	 BAIXA	 TRIDIRECIONAL	 FORTE	 COTOVELO
			 MULTIDIRECIONAL		
			 ORDENADA		

Fonte: Soares e Fiori (1976).

### 2.3 Análise quantitativa

O emprego de técnicas computacionais, realizadas através do Geoprocessamento, tem permitido uma mudança relevante no que consiste à análises de cunho geomorfológico. Estas ferramentas permitem uma produção de dados de maneira rápida, e de baixo custo. A construção de análises temáticas sobre variáveis ambientais é indispensável para ciências que trabalham com estudos que necessitam de uma espacialização dos fenômenos, tal como a Geomorfologia (Fonseca, 2010).

Em razão de a área de estudo apresentar uma intensa ação intempérica, diversas evidências de intervenções morfotectônicas são maquiadas por distintos fatores. Por este motivo, a aplicação de ferramentas que permitam uma quantificação morfológica detalhada possibilita uma análise consistente com a realidade geomorfológica presente. Além disso, o fato da área pertencer a um terreno de interior continental, onde o registro sísmico seja pouco conhecido, ou as deformações sejam assísmicas, a utilização de técnicas de alta competência de mensuração do relevo, se torna obrigatória (Santos et al., 2011).

Desta forma, tomando estas prerrogativas, se julga imprescindível à aplicação de parâmetros geomórficos, dentre os quais, os flúvio-morfométricos, pois estes se adequam à necessidade da pesquisa, permitindo uma elucidação das características morfométricas e morfológicas de drenagem, somente possíveis a partir de uma mensuração minuciosa.

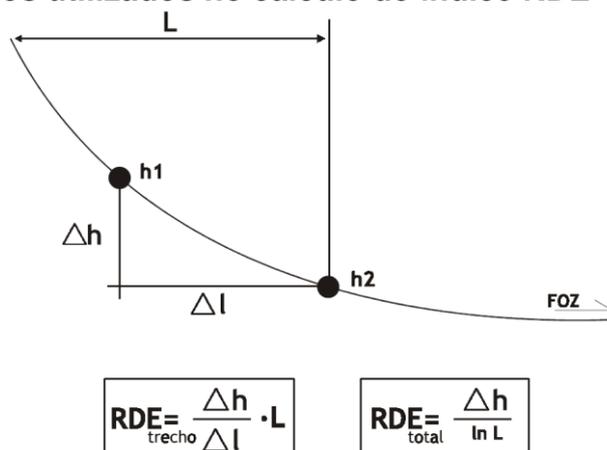
### 2.3.1 Índice RDE

O índice proposto por Hack (1973), Relação Declividade-Extensão (RDE) define a inclinação do canal em relação ao comprimento. Inicialmente, o parâmetro foi bastante utilizado na literatura por oferecer base comparativa entre rios de diferentes extensões e características fisiográficas, além de possibilitar inferências acerca da história e do desenvolvimento geológico e geomorfológico (Fonseca, 2010).

Para apresentar a alteração do gradiente do perfil longitudinal de um fluxo, o parâmetro morfométrico identifica mudanças na declividade presente no curso, nas quais podem ter sido originadas sob alterações causadas pela desembocadura de tributários com caudal expressivo, a diferentes resistências à erosão hidráulica do substrato litológico ou influência tectônica (Etchebere et al., 2006). Tomando como referência uma perspectiva tectônica, o parâmetro foi amplamente utilizado em trabalhos cuja área de estudo localiza-se na borda oriental do Estado da Paraíba (Andrades Filho, 2010, Barbosa et al., 2011; Barbosa, 2012; Lima e Furrier, 2013; Silva e Furrier, 2013)

De acordo com Etchebere et al. (2004), o índice pode ser calculado baseando-se na Figura 2, sendo  $D_h$  a diferença altimétrica entre dois pontos,  $D_l$  a projeção horizontal da extensão do segmento, e  $L$  o comprimento total do curso d'água à montante do ponto para o qual o índice RDE está sendo calculado. O índice RDE pode ser calculado para toda extensão de um rio (RDE<sub>total</sub>) ou para um segmento (RDE<sub>trecho</sub>) (Hack, 1973). Para tanto, o RDE é utilizado para destacar mudanças de gradiente do perfil longitudinal de um fluxo, que segundo Etchebere et al. (2006) podem estar relacionadas a reativações neotectônicas.

**Figura 2 - Parâmetros utilizados no cálculo do índice RDE**



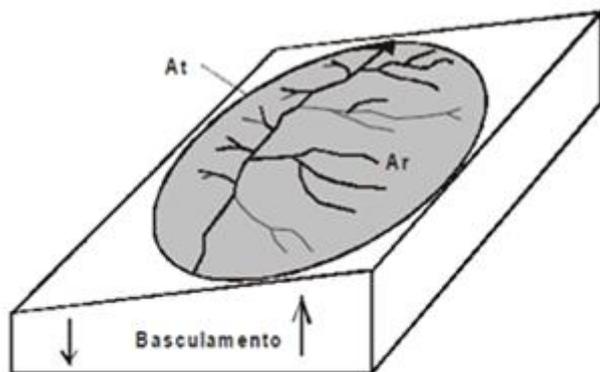
**Fonte:** adaptado de Etchebehere (2000 apud MARTINEZ, 2005).

Desta maneira, a partir dos resultados obtidos, foi adotado os critérios estabelecidos por Seeber e Gornitz (1983), onde os resultados encontrados de cada curso d'água são classificados como canais de 1ª ordem quando a efetuação dos cálculos propostos resultarem em valores iguais ou superiores a 10, e como canais de 2ª ordem, quando apresentarem resultados que sejam  $> 2$  ou  $< 10$ .

### 2.3.2 Fator de Assimetria de Bacia de Drenagem (FABD)

Índice morfométrico proposto por Hare e Garner (1985 apud Rubin, 2002) (Figura 3), tem como fundamento básico o fato da assimetria das bacias ser resultantes da migração ortogonal ao seu eixo, fato no qual, é decorrente da atuação tectônica e/ou processos. A aplicação deste parâmetro é realizado a partir da obtenção do  $A_r$  (área da bacia à direita do rio, olhando para jusante) e do  $A_t$  (área total da bacia de drenagem). Após obtenção dos respectivos valores, é aplicada a fórmula  $FA=100*(A_r/A_t)$ . O fator de assimetria de bacia de drenagem (FABD) correspondente a pouco ou nenhum tectonismo, produz um valor numérico próximo a 50, ao passo que valores menores que 50 correspondem a um basculamento da margem direita do curso d'água, enquanto que, valores maiores que 50, correspondem a um basculamento da margem esquerda do curso d'água (Salamuni, 1998).

**Figura 3 - Esquema de aplicação do fator de assimetria de bacia de drenagem (FABD)**



$$Af = 100 (Ar/At)$$

**Exemplo numérico:**

$$Af = 100 (3.2 \text{ km}^2/4.9 \text{ km}^2) = 65$$

**Af > 50 => bacia basculada para a esquerda (olhando a jusante)**

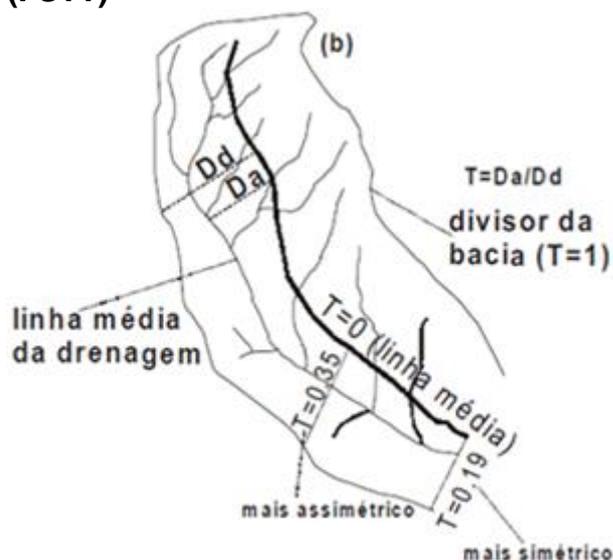
Fonte: Hare e Gardner (1985 apud Salamuni et al. 2004).

### 2.3.3 Fator de Simetria Topográfica Transversal (FSTT)

Parâmetro desenvolvido por Cox (1994) baseia-se na assimetria do perfil transversal do canal fluvial, oriundo das migrações do canal. Nesta abordagem, os valores de fator de simetria topográfico transversal podem variar entre zero e 1, marcado pela coincidência entre talvegue/canal e a linha média da bacia, indicando uma drenagem simétrica em que o canal encontra-se próximo à linha divisória da bacia de drenagem, indicando uma drenagem assimétrica.

Vale ressaltar, no entanto, que segundo Etchebehere (2000) apud Rubin (2002), a identificação de anomalias a partir do FSTT não representa necessariamente a indicação direta de um basculamento neotectônico, mas sim, identificar rapidamente possíveis mergulhos de blocos. A obtenção dos valores deste fator é obtido através da relação  $T=Da/Dd$ , desta forma,  $Da$  é a distância do eixo da bacia de drenagem até a linha média do meandro ativo e  $Dd$  é a distância da linha média da bacia até o seu respectivo divisor. Quando não há alteração do perfil topográfico, o  $T$  é próximo de 0, em contrapartida, a assimetria cresce a medida em que os valores de  $T$  obtidos se aproximam de 1 (Salamuni et al., 2004).

**Figura 4 - Esquema de aplicação do Fator de Simetria topográfica transversal (FSTT)**



**Fonte:** Hare e Gardner (1985 apud Salamuni et al., 2004).

#### 2.3.4 Hipsométrica

A hipsometria busca relações entre dada unidade horizontal de espaço (zona) e sua variabilidade altimétrica, evidenciando a proporção ocupada por determinada área da superfície terrestre em relação às variações altimétricas (Christofolletti, 1980).

Desse modo, foram adotados intervalos específicos, sendo de 0 até 20 m, um intervalo de dez metros, e de 20 m até 200 m, um intervalo de vinte metros. Estes intervalos, possibilitaram a obtenção de uma espacialização dos níveis altimétricos através de uma representação por tons de cores. Por este motivo, se fez necessário a utilização de elementos cartográficos digitais, tais como, as curvas de níveis e os pontos cotados, oriundos da carta topográfica na escala de 1:25.000, para que se atingisse o nível de detalhamento desejado para este estudo.

#### 2.3.5 Clinográfica

A carta clinográfica seguiu a definição de classes proposta por Herz e De Biasi (1989) (Quadro 1), que apresentam para cada intervalo uma característica, que está apoiada em padrões cartográficos internacionais.

Portanto, as classes foram delimitadas da seguinte maneira:

- <12% - Faixa que define o limite máximo para o emprego de mecanização na agricultura Chiarini; Donzelli (1973 apud. Herz e De Biasi, 1989);
- 12 – 30% - A Lei Federal 6.766/79 limita em 30% de declividade a urbanização sem restrições;
- 30 – 47 % - A Lei Federal 6.771/65 (Código Florestal) limita em 47% de declividade o corte raso da vegetação;
- 47 – 100% - Nesse intervalo de declividade, o Código Florestal proíbe a derrubada de floresta sem um regime de utilização racional que vise a rendimentos permanentes;
- >100% - É considerada, pelo Código Florestal, área de conservação permanente, apenas sendo admitida a supressão total ou parcial da vegetação com prévia autorização do Poder Público Federal, quando for necessária a execução de obras, planos, atividades ou projetos de utilidade pública ou interesse social.

Embora as classes estejam representadas em classes de porcentagens, seus intervalos representam valores em graus, sendo da seguinte maneira:

**Quadro 1 – Classes de Declividade**

<b>CLASSES DE DECLIVIDADE</b>	
<b>EM PORCENTAGEM</b>	<b>EM GRAUS</b>
< 12%	< 7,25°
12-30%	7,25-17°
30-47%	17-25°
47-100%	25-45°
> 100%	> 45°

**Fonte:** Herz e De Biasi (1989).

#### 2.4 Procedimentos técnicos operacionais

O procedimento inicial deste trabalho partiu de uma revisão bibliográfica e levantamento de informações referentes ao setor norte e sul do gráben do rio Mamanguape. Portanto, foram levantados os seguintes materiais e dados:

- Cartas topográficas na escala de 1:25.000 (SUDENE, 1975);
- Mapa Geológico do Estado da Paraíba e texto explicativo (BRASIL, 2002);
- Imagem de radar do programa da NASA *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) com resolução de 90 m;
- Periódicos, Dissertações de Mestrado e Teses de Doutorado sobre o tema e a área de estudo;

O método utilizado neste trabalho apoiou-se na elaboração de produtos cartográficos digitais, desenvolvidos a partir da vetorização das cartas topográficas de Itapororoca (SB.25-Y-A-V-4-NO), Rio Tinto (SB.25-Y-C-III-3-NE) e Barra de Mamanguape (SB.25-Y-A-VI-3-NO), na escala de 1:25.000, com equidistância entre as curvas de nível de 10 m.

Inicialmente, as cartas topográficas mencionadas foram digitalizadas em formato JPEG, para serem importadas para o *software DraftSight*. Após esta primeira etapa, foi realizada a vetorização das curvas de níveis, dos pontos cotados e da hidrografia, para que pudessem ser processadas no Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas (SPRING), permitindo a

confeção de três produtos cartográficos: carta hipsométrica, carta clinográfica e Modelo Digital de Elevação (MDE) em 3D.

Os intervalos adotados para a carta hipsométrica foram definidos a cada 10 m, até o limite de 20 m. Deste valor em diante, foi concebido um intervalo de 20 m. No que confere a carta clinográfica, foi seguido estritamente os métodos de carta clinográfica tomado por Herz e De Biasi (1989).

Outro produto proveniente da utilização do SPRING, foi a aplicação do índice proposto por Hack (1973) (Relação Declividade vs Extensão) RDE, que utilizou dos vetores de drenagem e altimétrico provenientes das cartas topográficas, permitindo a obtenção das diferenças altimétricas, a projeção horizontal do segmento e o comprimento total do curso d'água.

Os procedimentos empregados seguiu a rotina a seguir:

1ª Etapa: com auxílio do *software* SPRING 5.1.7 foram selecionados os canais e subdivididos as sub-bacias. Com o intuito de precaver possíveis erros no processo aplicação dos cálculos, adotou-se a margem esquerda com valores ímpares e margem direita, como valores pares. A partir dos valores obtidos, foi aplicado o índice morfométrico, para então, extrair os valores altimétricos, comprimento do canal, e projeção horizontal do segmento.

2ª Etapa: as operações métricas efetuadas forneceram dados que foram exportados para planilha do *software* Excel, efetuando os cálculos de RDEtrecho e RDEtotal.

3ª Etapa: Após os cálculos, os dados levantados foram organizados na Tabela 2, apresentando os resultados obtidos no cálculo de RDEtrecho e RDEtotal, bem como o resultado da divisão RDEtrecho/RDEtotal, conforme sugerido por Seeber e Gornitz (1983).

4ª Etapa: por fim, seguindo os critérios do referido autor, o resultado da aplicação desta relação, foi caracterizado como 2ª ordem, quando o valor obtido foi  $> 2$  e  $< 10$ , e como de 1ª ordem quando os valores obtidos foram  $> 10$ . Após aplicação destes critérios, os resultados foram utilizados na sobreposição da rede de drenagem.

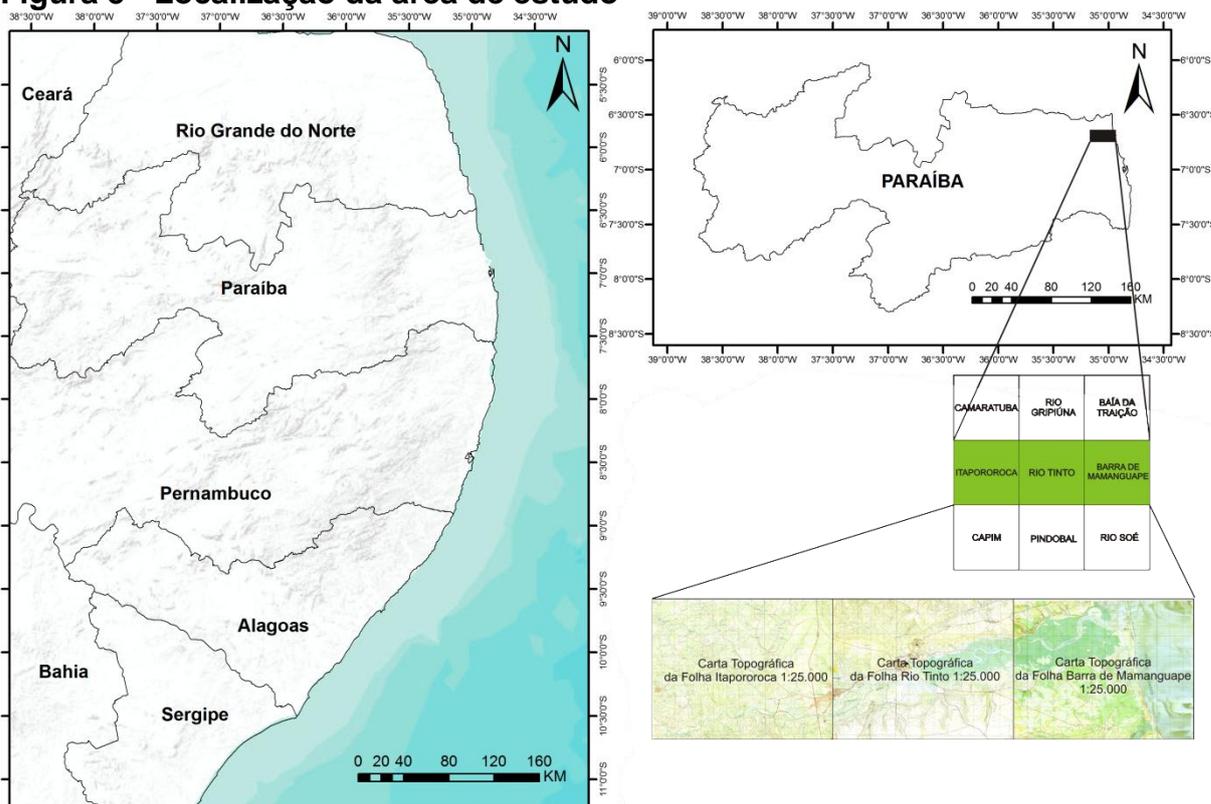
No que concerne ao emprego dos fatores de assimetria de bacia de drenagem (FABD) e simetria topográfica transversal (FSTT), seus procedimentos

foram distintos em relação à elaboração das cartas (hipsométrica e clinográfica) e da aplicação do RDE, todos aplicados apartir dos dados provenientes das cartas topográficas. Por outro lado, a aplicação dos fatores (FABD) e (FSTT) se deu através da utilização da imagem de radar do programa da NASA *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), disponíveis no site: [www.srtm.usgs.gov.br](http://www.srtm.usgs.gov.br) com resolução de 90 m. A utilização da SRTM foi necessária em razão da área das sub-bacias ultrapassarem os limites das cartas topográficas supracitadas. A partir da imagem de radar foi possível a extração semi-automática da rede de drenagem e delimitação das sub-bacias analisadas.

### 3. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo (Figura 5) está inserida no setor correspondente às cartas topográficas na escala de 1:25.000 de Itapororoca (SB.25-Y-A-V-4-NO), Rio Tinto (SB.25-Y-C-III-3-NE) e Barra de Mamanguape (SB.25-Y-A-VI-3-NO), pertencente à borda oriental do Estado da Paraíba, Nordeste do Brasil. Na abrangência das cartas topográficas em questão, encontram-se os municípios de Itapororoca, Rio Tinto e Mamanguape que são banhados pelo rio Mamanguape do tipo meandrante, que forma um extenso manguezal antes de desaguar no Oceano Atlântico. Grande parte da área de estudo é formada pelos Tabuleiros Litorâneos esculpidos sobre a Formação Barreiras e a leste têm-se o início da planície fluviomarinha, onde se encontra o extenso manguezal.

**Figura 5 - Localização da área de estudo**



## 4 CONTEXTO GEOLÓGICO E GEOMORFOLÓGICO

### 4.1 Geologia

A área de estudo encontra-se inserida na Bacia do Paraíba, mais especificamente na sub-bacia do Miriri de acordo com a subdivisão realizada por Barbosa (2004). De acordo com a Figura 6, verifica-se que o norte da sub-bacia Miriri se dá pela falha de Mamanguape, sendo uma das responsáveis pelo controle do gráben do rio Mamanguape.

**Figura 6 - Localização da Bacia da Paraíba, e da sub-bacia Miriri, na qual está inserida a área de estudo**



Fonte: Barbosa e Lima Filho (2006).

A bacia oriental Pernambuco-Paraíba foi descrita por Asmus e Ponte (1973) e Ponte e Asmus (1975). Estes autores relacionam essa bacia ao extensivo tectonismo tensional do Pré-Aptiano, que persistiu até tempos cenozóicos, mais especificamente ao (Cretáceo Inferior). Almeida (1967) chamou este evento de Reativação Wealdeniana da Plataforma Sul-Americana. O setor adjacente do gráben apresenta seu embasamento cristalino constituído pelo Terreno Alto Pajeú (TAP),

sustentando, portanto, a Formação Barreiras, conforme mapa geológico do Estado da Paraíba (Santos et al., 2002).

De acordo com o mapa geológico do Estado da Paraíba (Figura 7), são encontradas na região estudada, rochas do complexo gnássico-migmatito (Pgm/py - retrabalhados no Meso e Neoproterozóico); vulcânica félsica Itapororoca (Ki - Sem dados geocronológicos, sendo atribuída uma idade Cretácea por correlação com o vulcanismo da Bacia do Cabo); granitóide de quimismo indiscriminado (Nyi); suíte granítica calcialcalina (Ny<sub>1a</sub>); Formação Barreiras (ENb - apresentando estratificações tabulares/planares de forte ângulo, indicando alta descarga de um sistema fluvial em canais confinados que migram formando as barras); coberturas eluvio-coluviais (Qe); aluviões (Qa - representados pelos aluviões do rio Mamanguape.

A região que compreende a área de estudo é constituída por um compartimento litótopo composto por feições distintas que estão presentes no embasamento neoproterozóico do terreno Alto Pajeú (TAP), que engloba parte da província da Borborema e avança por baixo da Formação Barreiras e dos depósitos quaternários.

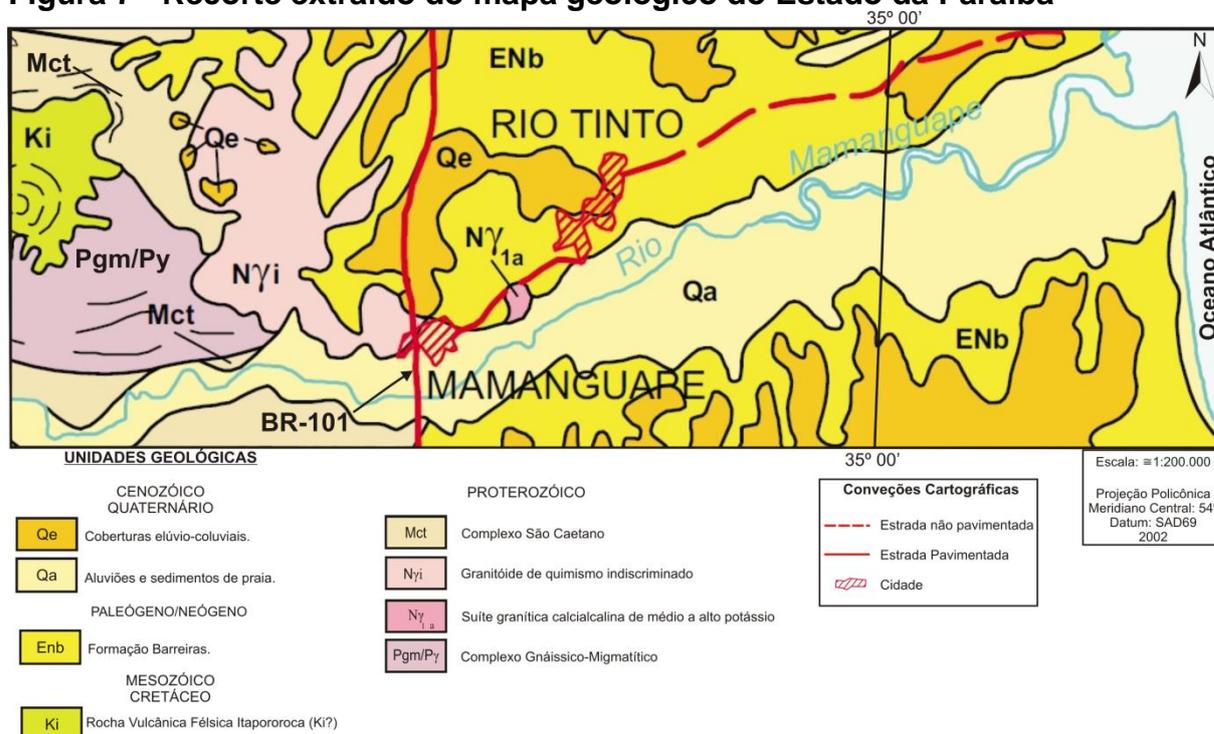
Conforme a Figura 7, visualiza-se com distinção a passagem do domínio da Formação Barreiras para o embasamento cristalino localizado a oeste no médio curso do rio Mamanguape, onde é cortado, perpendicularmente, pela BR-101 (Fig. 7), da qual se podem avistar exposições de rochas do embasamento cristalino face a face, em mesma cota, com os depósitos sedimentares da Formação Barreiras (Brito Neves et al., 2004). Este autor ainda afirma que no bloco alto da falha de Mamanguape, apresentam-se as raras exposições do embasamento pré-cambriano, estando aflorando em suas vertentes rochas de natureza metagrauváquicas do TAP e um conjunto de rochas graníticas (Brito Neves et al., 2008).

Toda região, está situada entre os lineamentos Patos e Pernambuco, na megaestrutura da Zona Transversal, onde se insere o TAP, cujo arcabouço é composto por unidades gnássicas paleoproterozóicas, metaplutônicas, metavulcanossedimentares e granitóides, que estão arranjadas entre zonas de cisalhamento transcorrentes associadas ao evento Brasileiro (Santos, 2004).

No que concerne a Formação Barreiras, existem várias teorias para explicar sua origem. Segundo Alheiros et al. (1988), ela origina-se a partir da deposição de

rios em sistema entrelaçado, Hasui (1990) afirma ter sido proveniente de um depósito ocorrido há cerca de 12 Ma no Nordeste, datando portanto do Mioceno Médio. Para Arai (2006) a origem desta formação possui influência marinha, enquanto Gopinath et al. (1993) afirma ser uma deposição proveniente de produtos resultantes da ação do intemperismo sobre o embasamento cristalino, localizado mais para o interior do continente que, no Estado da Paraíba, seriam as rochas cristalinas do Planalto da Borborema.

**Figura 7 - Recorte extraído do mapa geológico do Estado da Paraíba**



**Fonte:** Modificado de BRASIL (2002).

A Formação Barreiras é constituída por arenitos, siltitos, argilitos e conglomerados, frequentemente lenticulares, formando falésias, em grandes trechos, principalmente no litoral nordestino (Furrier, 2007). Segundo Arai (2006), a Formação Barreiras é uma unidade litoestratigráfica de idade miocênica, que se encontram localizadas em faixas que percorrem um trecho oriundo do Estado do Amapá até o norte do Rio de Janeiro, dispendo-se em camadas discordantes sobre embasamento cristalino e bacias sedimentares marginais. No entanto, vale ressaltar, que essa datação é questionada por muitos pesquisadores, uma vez que, de acordo com Furrier (2007), a dificuldade de se datar sedimentos por métodos de datação

absoluta se deve da quase ausência fossilífera, que gera incertezas em relação à precisão desta datação.

#### **4.1.2 Tectônica e o Gráben do Rio Mamanguape**

A placa sul americana apresenta uma movimentação de sentido W/NW, fator pelo qual provocou ocorrências tectônicas intraplacas no território brasileiro. Sabendo-se que seu embasamento cristalino apresenta uma grande quantidade de lineamentos afetados por reativações, sua configuração geomorfológica apresenta uma série de peculiaridades, que atribui-se à estas deformações. Dessa forma, é possível, por exemplo, que algumas regiões tenham sido submetidas a soerguimentos, enquanto noutras, a rebaixamentos (Lima, 2000). O referido autor ainda se refere à Formação Barreiras, que atribui a sua deposição e o seu modelado posterior, uma representação de alterações provenientes de neotectonismo.

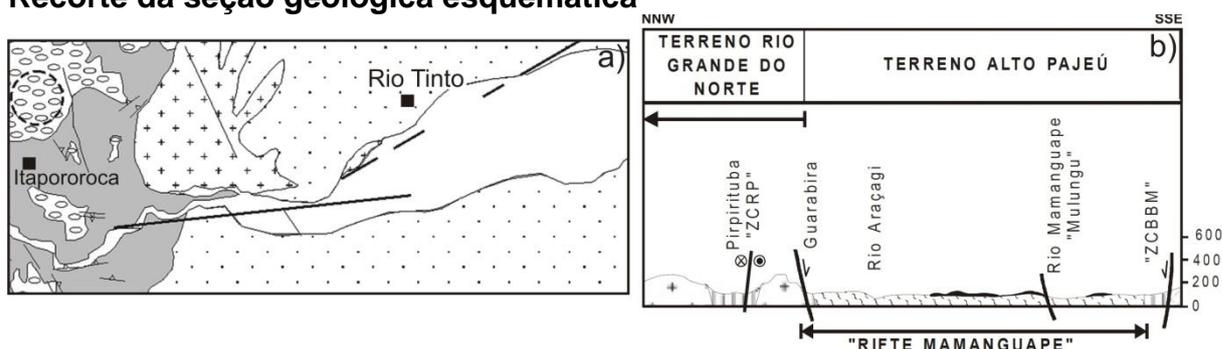
Nessa perspectiva, ao longo de toda área de exposição da Formação Barreiras, nos setores norte e sul do gráben do rio Mamanguape, constata-se um comportamento de um teclado de piano, com setores soerguidos e rebaixados, alternadamente, separados pelo principal rio perpendicular à linha da costa, o rio Mamanguape (Furrier et al., 2006). Conforme já citado, estudos realizados por diversos autores apontam que os resquícios tectônicos presentes nesta modelagem do relevo da área de estudo, ocorreu sobretudo no Cenozóico. Desta maneira, o entendimento dos eventos tectônicos ocorridos desde a Reativação Wealdeniana da Plataforma Sul-Americana (Almeida, 1967) até a modelagem do relevo exercidas pelos cursos de água atuais, sob a ação da gravidade, propiciam a esculturação morfológica presente (Etchebehere et al., 2006).

O gráben do rio Mamanguape encontra-se condicionado às zonas de cisalhamentos detalhadas nos trabalhos de Brito Neves et al. (2004 e 2008), conforme Figura 8. Dessas falhas, destaca-se a zona de caráter sinistral de Mulungu - Violeta (SW-NE), Mari Barro-Branco ou do rio Gurinhenzinho ao sul, e o trecho norte do lineamento Galante-Guarabira (Brito Neves, 2004). Segundo este autor, A tectônica distensional ocorrida na área após movimentos epirogenéticos ocorridos no pós-Cretáceo Superior, surgiu em razão das antigas zonas de falhas pré-cambrianas (Fig. 3), apresentadas como sendo de cisalhamento simples e de

transpressão, do final do Neoproterozóico ao início do Cambriano, que estiveram ativas durante a cratonização da Província Borborema. Sobre estas muitas destas zonas de fraqueza litosférica, presentes na área de estudo, foram retomadas no Terciário, condicionando "altos" e "baixos" tectônicos, com acumulação importante (ainda que rarefeitas) de sedimentos e magmatismo básico consorciado (Brito Neves et al., 1999).

O referido gráben, é caracterizado por Brito Neves et al. (2004) com uma disposição de preenchimento sedimentar descontínuo em razão da ação do ciclo erosivo recente, sendo constituído principalmente por depósitos rudáceos, conglomerados, lamitos seixosos a arenosos e arenitos relacionados provavelmente a sistemas de leques aluviais e planícies de rios entrelaçados.

**Figura 8 - 8a: Recorte extraído do esboço geológico apresentado por Brito Neves (2008), apresentando as linhas de falhas que condicionam o gráben. 8b Recorte da seção geológica esquemática**



Fonte: (Brito Neves et al., 2004).

O nível de cimeira associado ao horst, localizado ao norte do gráben, representa o alto estrutural de Mamanguape, que teria servido de barreira ao avanço da sedimentação clástica continental precedente do sul, sendo considerado, portanto, como limite norte da Formação Beberibe e dos carbonatos da Formação Gramame (Feitosa et al., 2002).

## 4.2 GEOMORFOLOGIA

A área de estudo é constituída, por dois domínios geomorfológicos. Estando estes dois domínios submetidos à denominações locais, tais como: Baixos Planaltos Costeiros e Baixada Litorânea (Furrier, 2007).

#### 4.2.1 Baixos Planaltos Costeiros

Os Baixos Planaltos Costeiros estão inseridos na macrocompartimentação dos Tabuleiros Litorâneos. Este compartimento geomorfológico é sustentado por sedimentos areno-argilosos mal consolidados da Formação Barreiras, caracterizados por unidades geomorfológicas de superfícies aplainadas e suavemente inclinadas para leste, com interrupções abruptas de entalhes fluviais e pelas falésias marinhas esculpidas pela abrasão marinha atual e/ou pretérita (Furrier, 2007).

Guerra e Guerra (1997) definem tabuleiro como uma forma topográfica de terreno que se assemelha a planaltos, terminando geralmente de forma abrupta. No nordeste brasileiro, os tabuleiros aparecem geralmente em toda a costa apresentando paisagem de topografia plana, sedimentar e de baixa altitude.

Na área de estudo, as cotas altimétricas dos tabuleiros litorâneos ao norte e ao sul do gráben do rio Mamanguape, não ultrapassam 200 m. Esta unidade morfológica apresenta-se sobre forte dissecação, com declividades bastante acentuadas.

O domínio dos Tabuleiros Litorâneos ao norte e ao sul do gráben apresenta as características estruturais relacionadas às reativações tectônicas pós-cretácicas. Segundo Furrier et al. (2006), essas áreas são caracterizadas por soerguimentos distintos e basculamentos nos diferentes níveis dos entalhes fluviais e no padrão assimétrico de muitas redes de drenagem. Além disso, o arcabouço estrutural do gráben também representa um forte fator que influenciou fortemente no padrão destas redes de drenagem local, e conseqüentemente, a disposição dos tabuleiros.

#### 4.2.2 Baixada Litorânea

São modelados relativamente planos de baixa altimetria, formados por sedimentos depositados no quaternário, possuindo altitudes modestas, geralmente inferiores a 10 m. A baixada litorânea é composta de formas variadas que resultam da acumulação de sedimentos marinhos, fluviais e flúvio-marinhos, nas quais suas feições geomorfológicas são sub-dividas em: praias, terraços marinhos, planícies marinhas, planícies flúvio-marinhas, planícies fluviais e terraços fluviais.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 Resultados obtidos com a aplicação dos parâmetros geomórficos

#### 5.1.1 Índice RDE e perfis topográficos

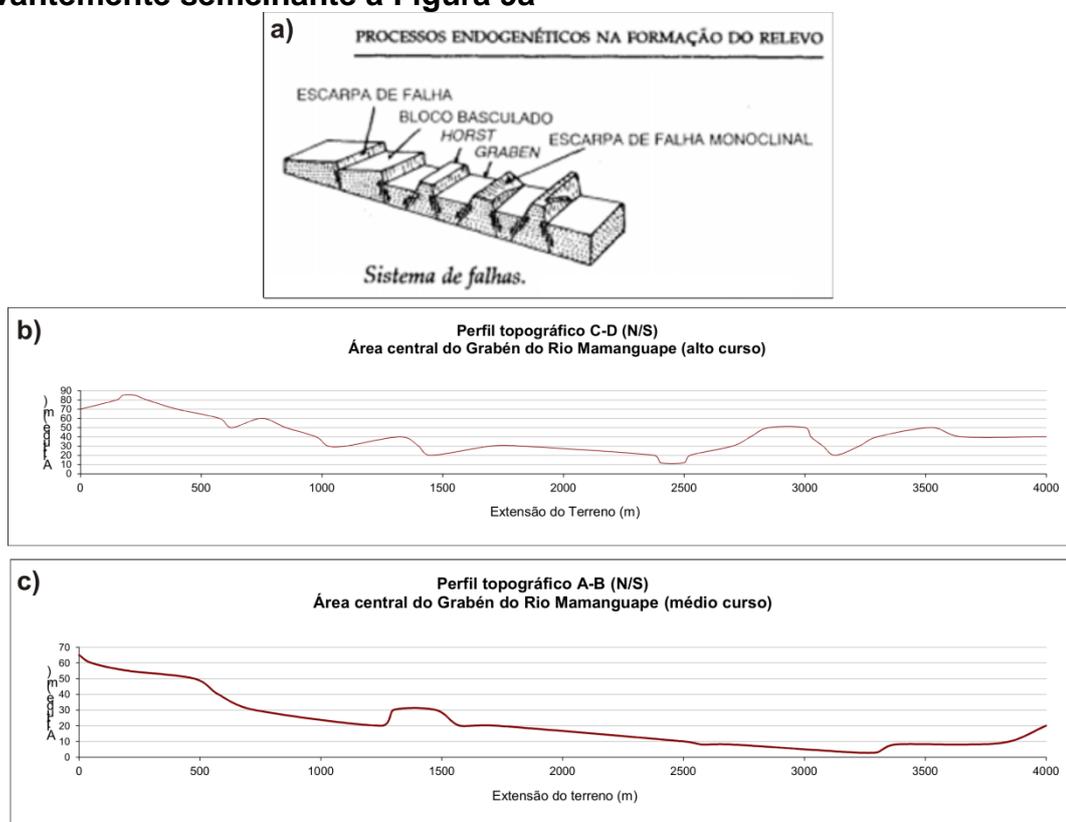
A aplicação do RDE permitiu identificar mudanças no gradiente do perfil, identificando áreas com anomalias, que segundo Etchebehere et al. (2006) podem estar relacionadas à reativações neotectônicas, conforme estudos recentes tem apontado na área de estudo (Brito Neves et al., (2004 e 2008); Furrier et al., 2006).

As anomalias identificadas foram classificadas conforme os critérios estabelecidos por Seeber e Gornitz (1983), no entanto, independente da eficiência que o índice RDE possua, para um melhor entendimento da forma como estes cursos d'água estão impressos no relevo, foi necessária a elaboração de perfis longitudinais de drenagem, que segundo os critérios de Carlston (1969), os trechos que apresentam inclinações suaves e constantes no perfil, são canais que estão em pleno equilíbrio, enquanto cursos que apresentam irregularidades ou mesmo deformações em seu traçado são definidos como trechos em desequilíbrio.

Nessa perspectiva, a utilização dos perfis longitudinais (Anexo 1) permite identificar outras características além do equilíbrio e desequilíbrio do curso, portanto, podem ser utilizados para identificação de anomalias presentes no curso, Santos et al. (2011) afirmam, que através da utilização da *best fit line* (curva de melhor ajuste), pode se determinar trechos em ascensão ou subsidência.

Através dos perfis topográficos (Figura 9), verificou-se ainda a constatação do rifteamento segundo definição de Suguio (1998). A aplicação de perfis latitudinais revelou uma série de feições típicas de um relevo afetado por reativações neotectônicas. Os vales em “v” escavados pelos rios, apresentam seus limites definidos pelo horst (muralha ou pilar), ombreiras, basculamentos, degraus e teclado de piano (Furrier et al., 2006; Penha et al., 2007).

**Figura 9 - a) Modelo de um sistema de falhas proposto por (Penha et al., 2007). b/c) Perfis topográficos revelando situação atual do gráben, que apresenta-se relevantemente semelhante à Figura 9a**

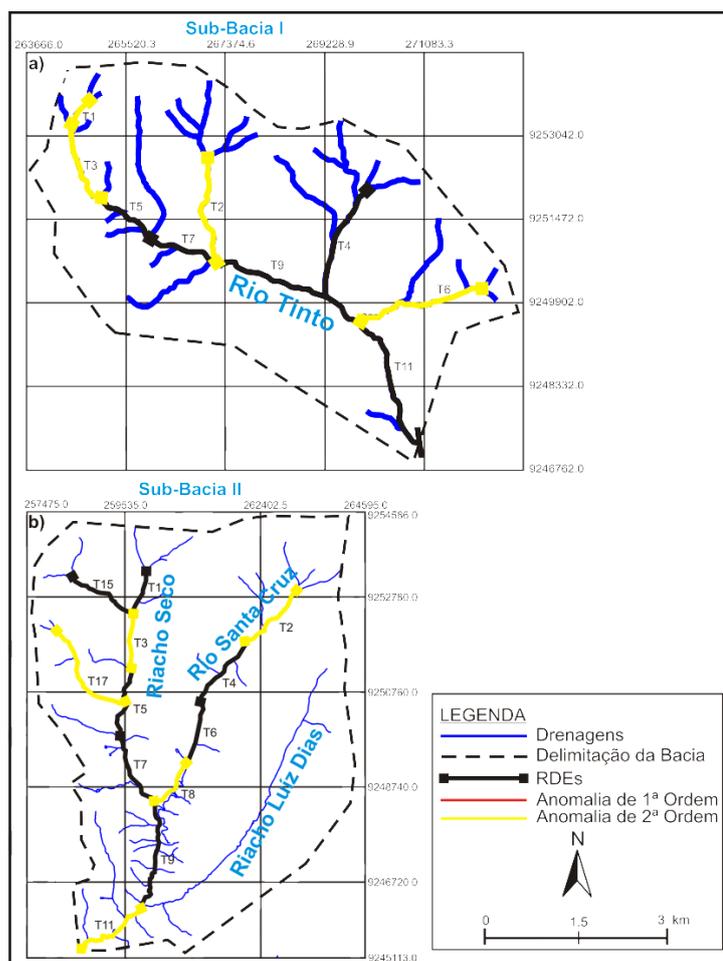


A aplicação do RDEs/RDEt permitiu a constatação de áreas que apresentam anomalias de 2ª ordem, fato este que pode estar atrelado tanto à fatores litológicos, bem como reativações pós-cretácicas, valendo salientar que as sub-bacias (Figura 10) selecionadas para a aplicação do índice morfométrico apresentam substratos litológicos divergentes, fato que portanto, perfazem a transição entre o ambiente litótopo e o embasamento cristalino, conforme apresentado no mapa geológico. Esta característica de passagem de dois substratos distintos justificou a escolha somente destas duas sub-bacias para aplicação do RDE na área de estudo, para que assim, se pudesse analisar os valores resultantes destas duas litologias distintas.

Iniciando-se pela sub-bacia I (Figura 10a) conforme os dados obtidos através da aplicação do RDE (Anexo 2), foram identificadas 4 anomalias de 2ª ordem, das quais, no rio principal da sub-bacia, o trecho 1 apresentou anomalia de 2,33, e o trecho 3 com 4,15, caracterizando-os com anomalias de 2ª ordem. Em seus tributários, identificou-se ainda anomalias no trecho 2 com anomalia de 2,77 e no trecho 6 4,77.

A sub-bacia II (Figura 10b) apresenta uma drenagem com cinco trechos anômalos de 2ª ordem, de tal forma que estas deformações podem estar associadas a influências tectônicas por estarem dispostas em litologias de caráter cristalino, apresentando resistências que não permitem escavações tais como as observadas em sua bacia limítrofe.

**Figura 10 - Apresentação da disposição hidrográfica das sub-bacias I e II, apresentando os trechos nas quais o RDE foi aplicado**



### 5.1.2 Fator de Simetria Topográfica Transversal (FSTT)

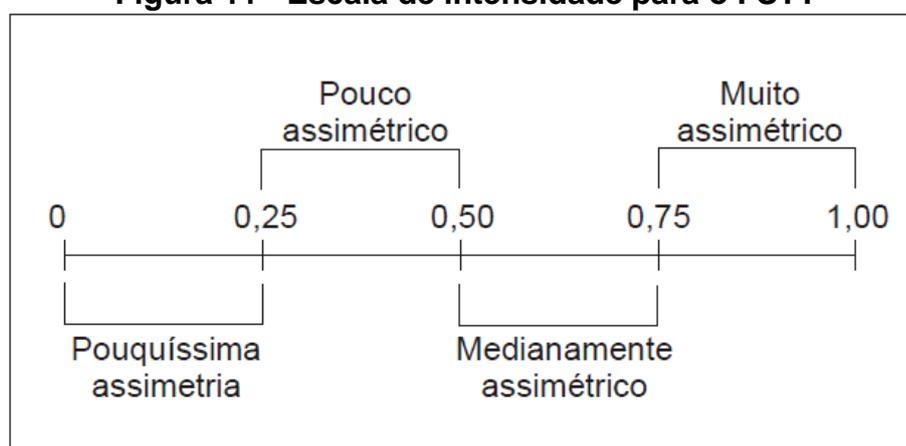
Os resultados obtidos com a aplicação do FSTT (Tabela 1), permitiu classificar as sub-bacias conforme a escala de intensidade (Figura 12). As sub-bacias apresentaram valores variados em duas situações, enquanto nos outros, foram bastante semelhantes, como foi verificado na sub-bacia de Santa Cruz e Rio Tinto. Na sub-bacia do rio Seco, é verificado um comportamento pouco simétrico,

tendo sido o menor valor identificado entre as sub-bacias analisadas. Nas sub-bacias de Rio Tinto, Gripiúna e Santa Cruz, conforme os valores encontrados, atribui-se característica de serem pouco assimétricas.

**Tabela 1 – Resultados obtidos através da aplicação do FSTT**

<b>Fator de Simetria Topográfica Transversal (FSTT)</b>	
<b>Sub-Bacia Calculada</b>	<b>FSTT</b>
Sub-Bacia Rio Seco	0,15
Sub-Bacia Rio Santa Cruz	0,28
Sub-Bacia Rio Tinto	0,33
Sub-Bacia Rio Gripiúna	0,37

**Figura 11 - Escala de intensidade para o FSTT**



Fonte: (Rubin, 2002).

### 5.1.3 Fator de Assimetria de Bacia de Drenagem (FABD)

A aplicação do FABD (Tabela 2) permitiu qualificar cada sub-bacia (Figura 12), segundo os valores obtidos através da mensuração deste parâmetro. Desta maneira, conforme os valores na sub-bacia do rio Seco, o valor obtido foi de 43.98, caracterizando-a segundo os critérios de Salamuni et al. (2004), como uma bacia que sofreu pouca ou nenhuma influência neotectônica. Esta característica foi também identificada na sub-bacia do rio Tinto, na qual, o valor alcançado foi de 33.13, revelando desta maneira, uma influência mínima ou inexistente de tectonismo.

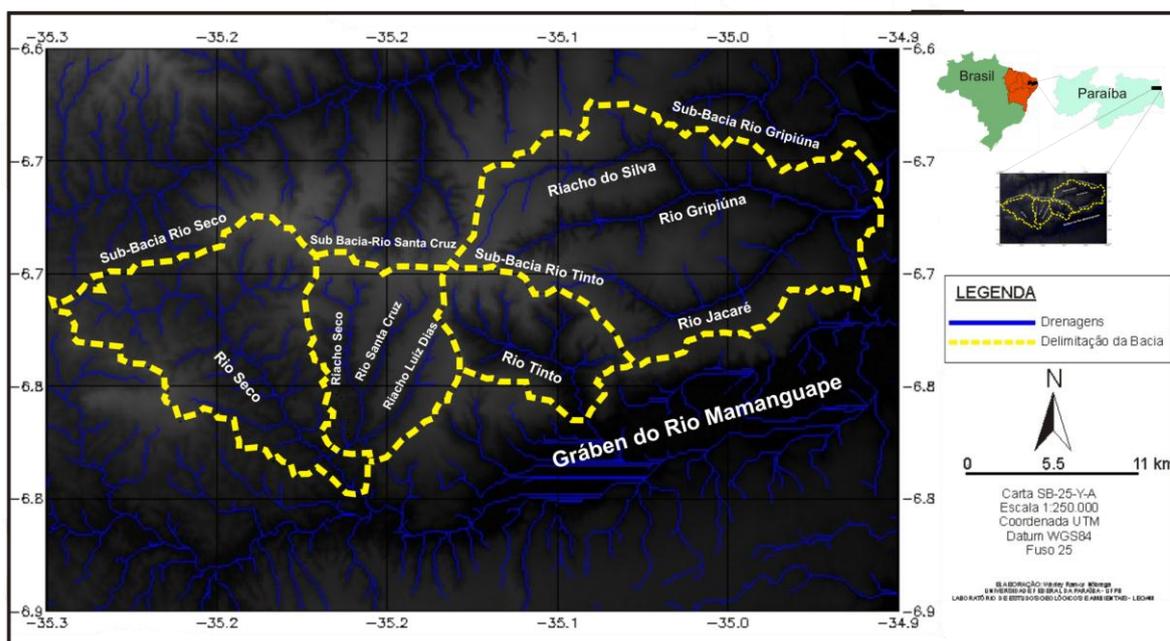
Por outro lado, nas sub-bacias do rio Santa Cruz e do rio Gripiúna os cálculos efetuados apresentaram valores que indicam um provável basculamento da margem

direita do rio, sendo encontrado na primeira e na segunda sub-bacia o valor de 55,66. Tomando como base os valores encontrados na aplicação dos dois índices geomórficos, fica evidente a necessidade de se realizar novos estudos acerca desta área de estudo, que demonstra a partir dos resultados encontrados, evidências de possíveis deformações neotectônicas.

**Tabela 2 – Resultados obtidos através da aplicação do FABD**

<b>Fator de Assimetria de Bacia Drenagem (FABD)</b>			
<b>Sub-Bacia Calculada</b>	<b>Área à Direita (Ar)</b>	<b>Área Total (At)</b>	<b>(FA)</b>
Sub-Bacia Rio Seco	41.3 km <sup>2</sup>	93.9 km <sup>2</sup>	43,98
Sub-Bacia Rio Santa Cruz	29.21 km <sup>2</sup>	52.47 km <sup>2</sup>	55,66
Sub-Bacia Rio Tinto	13.28 km <sup>2</sup>	40.08 km <sup>2</sup>	33,13
Sub-Bacia Rio Gripiúna	87.43 km <sup>2</sup>	157.07 km <sup>2</sup>	55,66

**Figura 12 - Delimitação das sub-bacias utilizadas neste trabalho**





## 6.2 Morfotectônica e morfologia do gráben do rio Mamanguape

### 6.2.1 Setor compreendido pela Carta de Itapororoca

A nordeste da carta de Itapororoca, o rio Santa Cruz, bem como os riachos Luis Dias e Seco são evidências de possíveis atividades tectônicas ocorrida no local, pois tanto o rio, como os dois riachos citados apresentam sentidos discordantes do padrão de drenagem regional. Neste trecho, delimitado pela sub-bacia II, o riacho Luis Dias segue paralelo ao rio Santa Cruz. Este riacho percorre um trajeto retilíneo, sem desvio significativo de sua trajetória normal em direção a foz. O riacho Luis Dias, mantém uma geometria similar do talvegue em todo seu curso, não possuindo número expressivo de tributários, fato que pode estar atrelado à composição do terreno onde ocorreu o falhamento representado exclusivamente pela rocha granitóide (Nyi).

Na região correspondente a carta topográfica de Itapororoca (porção oeste da área de estudo), foi observada altimetrias superiores a 170 m, tanto à NW do rio Seco quanto a NE do riacho Luís Dias, com presença de morros com superfícies levemente arredondadas, vales e desníveis característicos de uma zona afetada por esforços de compressão e tensão, criando uma modelagem típica de áreas onde o falhamento tectônico teve influência fundamental na configuração do relevo e na rede hidrográfica, conforme verificado no rifteamento que configura o vale do rio Mamanguape no seu médio curso (Fig. 14a e 14b).

No setor nordeste da carta de Itapororoca, o rio Santa Cruz, bem como os riachos Luís Dias e Seco são evidências de uma provável ação tectônica ocorrida no local, pois tanto o rio como os dois riachos citados, apresentam sentidos discordantes do padrão de drenagem regional (Fig. 14a e 14b). Dentre estas peculiaridades, Brito Neves et. al (2008) observa a forma como os tributários do rio Seco, estão bem encaixados em seus vales, nos quais os riachos Luís Dias e Seco estão inseridos.

No setor noroeste, a rede fluvial se projeta de maneira peculiar, com elevado gradiente hidráulico. A atuação deste gradiente nesta parte do terreno se estabeleceu principalmente no entorno do flanco erodido do episódio Itapororoca. Esta estrutura é representada por um alto topográfico de bordas suaves e contorno

ligeiramente alongado, com altimetria superior a 170 m em alguns pontos, e com extensão longitudinal de aproximadamente sete quilômetros (Fig. 14a e 14b).

Na parte do gráben, onde está delineado o médio curso do rio Mamanguape, o fluxo segue para leste num padrão meandrante de padrão irregular. A drenagem fluvial é constituída por uma malha de afluentes pouco entalhados na porção sul do rio Mamanguape, onde a altimetria não excede 80 m. Já na porção norte, os rios são mais volumosos e acentuados, ajustados por linhas de falhas na estrutura da rocha de granitóide (**Nyi**), formando um padrão centrípeto que converge em direção ao rio Mamanguape.

Os resultados verificados contribuem significativamente no levantamento de evidências de um possível controle estrutural e tectônico sucedido no local, conforme observado no padrão da rede de drenagem. Sendo assim, esta possível morfotectônica, associada aos fatores exógenos, corroboram para a modelagem morfológica da área, constituindo compartimentos de formas distintas, não apenas na carta de Itaporoca, mas também nas cartas adjacentes utilizadas nesta pesquisa.

#### 6.2.2 Setor compreendido pela Carta de Rio Tinto

No setor compreendido pela carta topográfica de rio Tinto (porção central da área de estudo), a imagem *Shuttle Radar Topographic Mission* (SRTM) e a carta hipsométrica (Figura 14a e 14b), possibilitaram um entendimento bastante detalhado da área, mostrando duas características peculiares principais: o acentuado desnível altimétrico com os tabuleiros localizados na porção norte do gráben, possuindo altitudes de até 200 m e os localizados na porção sul, possuindo altitudes máximas de 80 m, perfazendo, portanto, uma diferença altimétrica de 120 m entre os dois tabuleiros que confinam o gráben.

A carta clinográfica (Fig. 14c), mostra com grande nitidez os limites norte e sul do gráben, onde se observa declividades superiores na borda norte variando com maior frequência entre 47 – 100%, além de exibir elevados entalhamentos formados pelos rios Tinto e Jacaré (Fig. 14c e 16), cujas vertentes alcançam até 100% de declividade, sendo esses dois rios fortemente encaixados em seus respectivos vales apontando intenso recuo de suas respectivas cabeceiras de drenagem.

Estes rios vêm exercendo seu papel de modelador do relevo com extrema eficácia, pois estão entalhando, de maneira conspícua, as rochas sedimentares mal consolidadas da Formação Barreiras. Devido ao seu intenso recuo de cabeceira, atestado pelas declividades extremamente elevadas e por eles serem os principais rios do setor que esculpem a Formação Barreiras. Essas características fazem deles os grandes fornecedores de sedimentos para o interior do gráben do rio Mamanguape. Na foz do rio Tinto, os sedimentos carregados são depositados colmatando a planície fluvio-marinha e truncando, na direção NW-SE, o manguezal do rio Mamanguape (Fig. 14a, 14b e 14c).

O rio Jacaré, localizado na porção central da área de estudo, entalha fortemente o relevo, formando um vale encaixado com declividades superiores a 100% em alguns pontos de suas vertentes, principalmente nas proximidades de sua cabeceira, evidenciando um processo acelerado de recuo de cabeceira, que num futuro próximo poderá acarretar num processo de captura de drenagem junto à cabeceira do riacho Catolé que atualmente dista a apenas 270 m (Fig. 14b e 14c).

O rio Mamanguape, devido à diferença altimétrica entre os tabuleiros que o confinam, apresenta uma rede de drenagem extremamente assimétrica, com os rios oriundos dos tabuleiros localizados ao norte mais avantajados, entalhados e com recuos de cabeceiras bastante expressivos, formando vertentes com declividades muito mais superiores que os rios oriundos dos tabuleiros localizados ao sul do gráben.

Essa acentuada diferença entre os Tabuleiros Litorâneos que confinam o gráben do rio Mamanguape, corrobora a ideia de reativações pós-cretácicas na área, visto que, essa diferença altimétrica não pode ser explicada apenas pelo fator climático, pois toda a área se encontra sob o mesmo tipo de clima e pluviosidade similar, o que impossibilitaria a discrepância morfológica verificada.

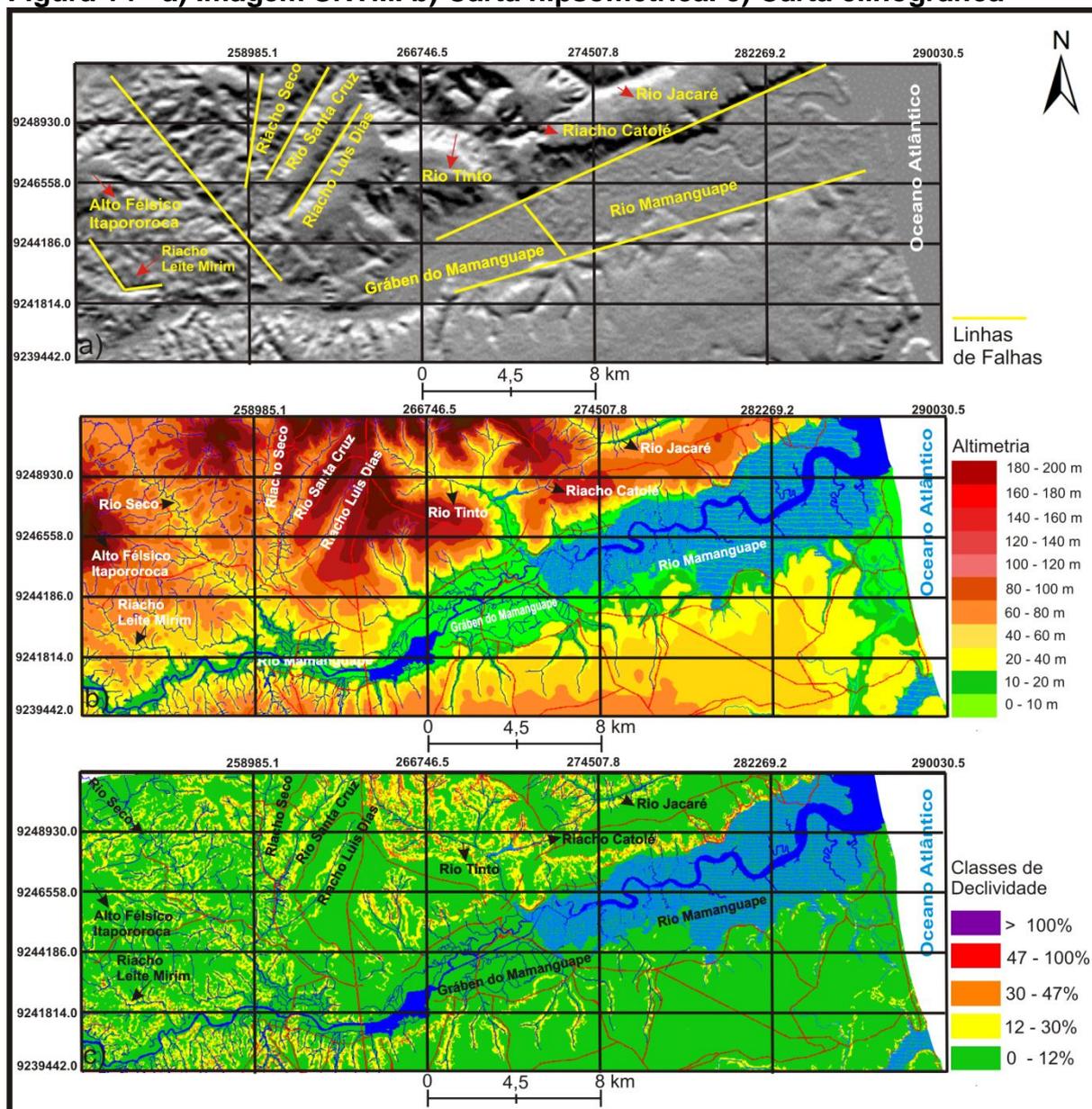
### 6.2.3 Setor compreendido pela Carta de Barra de Mamanguape

Na carta topográfica Barra de Mamanguape (porção leste da área de estudo), é verificada a maior largura do gráben, com aproximadamente 5,12 km de extensão latitudinal. Também nesta porção, são verificadas as discrepâncias altimétricas entre os tabuleiros localizados nas porções sul e norte, perfazendo uma diferença

de 43 m. Observa-se também, um maior entalhamento dos vales fluviais com declividades muito mais superiores que os vales encontrados no setor sul (Fig. 14c).

As declividades encontradas nas vertentes da porção norte do gráben, apresentam declividades superiores as das vertentes da porção sul, com a presença bastante nítida de *shoulders*, facetas triangulares e escarpa de falha normal, características morfológicas relevantes de prováveis atividades neotectônicas.

**Figura 14 - a) Imagem SRTM. b) Carta hipsométrica. c) Carta clinográfica**

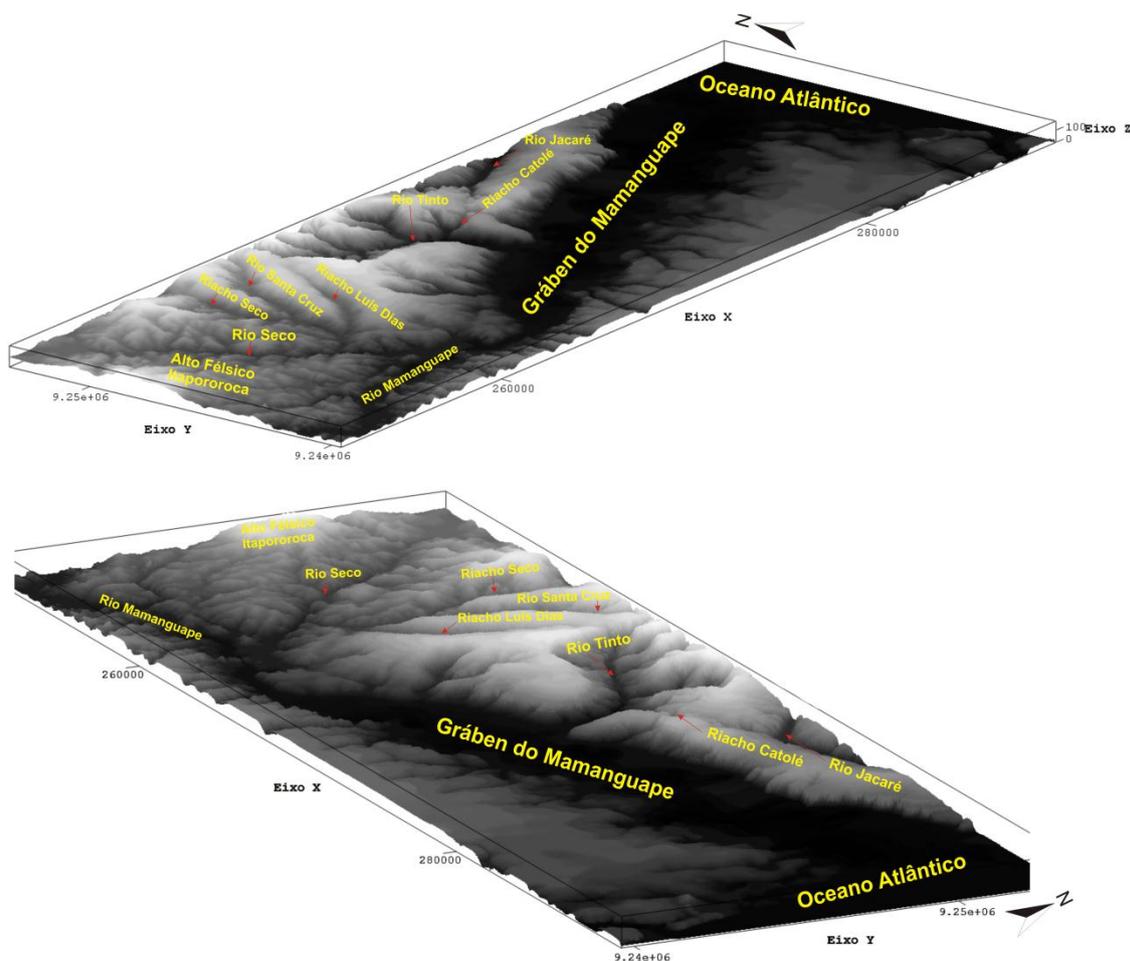


A elaboração do Modelo Digital de Elevação (MDE) em 3D, permitiu a visualização detalhada das várias nuances presentes no relevo da área sobre uma

representação gráfica, onde foi possível averiguar mais detalhadamente as discrepâncias altimétricas e peculiaridades morfológicas dos compartimentos (sedimentar e embasamento cristalino) onde se projetam sub-bacias hidrográficas distintas, a zona de rifteamento do rio Mamanguape (médio curso) e uma extensa área de mangue (no baixo curso), todos demonstrando estarem condicionados a uma linha de falha que controla o gráben do rio Mamanguape e suas imediações.

Outra situação morfológica que o MDE permitiu observar está no processo de dissecação ocorrido entre os principais afluentes do rio Mamanguape, sendo, portanto, as sub-bacias do rio Seco e do rio Tinto as mais expressivas. Esta dissecação característica de cada rio provém do substrato que compõe os seus cursos, uma vez que, o primeiro rio está inserido num ambiente composto pelo embasamento cristalino, e o segundo em terreno sedimentar.

**Figura 15 - MDE (Modelo digital de Elevação) da área de estudo.**



## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A interpretação das cartas temáticas possibilitou a constatação de inúmeras evidências de atividades neotectônicas na área de estudo, dentre elas as principais são:

Carta Itapororoca (porção oeste):

- O rio Santa Cruz e riachos Luís Dias e Seco apresentam sentidos discordantes do padrão de drenagem regional, ajustados por linhas de falhas nas rochas granitóides (**Nyi**).
- Presença de morros com superfícies levemente arredondadas a NW e vales encaixados a NE do rio Mamanguape com altitudes superiores a 170 m.
- Elevado gradiente hidráulico na porção NW da área, estabelecido principalmente no entorno do flanco erodido do episódio Itapororoca.
- Presença de rios e riachos centrípetos mais volumosos e acentuados ao norte (encaixados nas falhas) e menos avantajados ao sul, convergindo em direção ao rio Mamanguape.

Carta Rio Tinto (porção central):

- Acentuado desnível altimétrico com os tabuleiros localizados na porção norte do gráben, possuindo altitudes de até 200 m.
- Os rios Tinto e Jacaré, apresentam vertentes com declividade superior a 100%, sendo estes dois rios fortemente encaixados em seus respectivos vales.
- Processo acelerado de recuo de cabeceira do rio Jacaré com a possibilidade de num futuro próximo ocorrer uma captura de drenagem junto à cabeceira do riacho Catolé, que atualmente dista apenas 270 m.
- Rede de drenagem extremamente assimétrica. Os rios oriundos dos tabuleiros localizados ao norte são mais avantajados, entalhados, e com recuos de cabeceiras bastante expressivos, formando vertentes com declividades muito mais superiores que os rios oriundos dos tabuleiros localizados ao sul do gráben.

Carta Barra de Mamanguape (porção leste):

- Porção da área de estudo onde se projeta a maior largura do gráben com aproximadamente 5,12 km de extensão latitudinal.
- Discrepância altimétrica entre os tabuleiros localizados nas porções sul e norte, perfazendo uma diferença de 43 m.
- Presença de *shoulders*, facetas triangulares e escarpa de falha normal, na porção norte do gráben, evidenciando características morfológicas de atividades neotectônicas.
- Afluentes da margem esquerda com vales mais entalhados e encaixados.

Através da integração dos parâmetros morfométricos utilizados neste trabalho, foi possível realizar uma análise das diversas peculiaridades geomorfológicas que se apresentam na área de estudo, seja pelos cálculos específicos de interpolação efetuados pelo SPRING para a elaboração das carta clinográfica e hipsométrica, que revelou os desníveis altimétricos discrepantes em setores ao norte e ao sul do rio Mamanguape, caracterizando desta forma, o gráben e horst presentes na área de estudo. Seja pela geração do produto TIN, para a confecção da carta clinográfica, apresentando os setores com maiores porcentagens de declive acentuado, seja em razão do dissecamento do relevo provocado pela ação erosiva dos rios, ou por os mesmos estarem encaixados em falhas.

A implementação de parâmetros fluvio-morfométricos, tais como, perfis longitudinais de drenagem e Relação Declividade vs Extensão (RDE), FABD e FSTT foi de grande valia, visto a importância destes parâmetros para a obtenção de dados referentes aos cursos d'água que, uma vez que, estes cursos representam o caminho para o entendimento da evolução geomorfológica de dada área, visto a capacidade destes elementos acumularem as alterações que ocorreram no passado, e que continuam ocorrendo.

Por este motivo, os resultados encontrados nesta pesquisa corroboram com os apontamentos de trabalhos recentes que apresentam evidências da atuação neotectônica na borda oriental do Estado da Paraíba. As interpretações dos dados encontrados possuem grande importância, uma vez que servirão para estudos posteriores nesta área, permitindo a aplicação de novos parâmetros morfométricos, com o intuito de obter novos resultados.

Para tanto, com o mapeamento de detalhe da área de estudo, e os resultados alcançados através dos demais parâmetros geomórficos aplicados, a presente pesquisa apresenta evidências de que o setor compreendido pelo gráben do Mamanguape e adjacências. A morfologia apresenta-se características que as colocam estritamente atrelada a deformações de origem atreladas ao fator neotectônico, pois as discrepâncias verificadas entre as porções norte e sul e o encaixe do rio Mamanguape não podem ser explicadas apenas por agentes exógenos. Portanto, estudos realizados no passado sem a óptica do controle tectônico sobre o relevo no Brasil devem ser revistos, principalmente os trabalhos geomorfológicos realizados na borda oriental do Estado da Paraíba, cujo controle estrutural e morfotectônico é bastante conspícuo e relevante.

## REFERÊNCIAS

ALHEIROS MM, LIMA FILHO MF, MONTEIRO FAJ, OLIVEIRA FILHO JS. Sistemas deposicionais na Formação Barreiras no Nordeste Oriental. In: Congr. Bras. Geol., 35, 2: 753-760, 1988.

ALMEIDA, F. F. M. Origem e evolução da plataforma brasileira. **Boletim [da] Divisão de Geologia e Mineralogia**, Rio de Janeiro, n. 236, 1967.

ANDRADES FILHO, C. O. **Análise morfoestrutural da porção central da Bacia Paraíba (PB) a partir de dados MDE-SRTM e ALOS-PALSAR FBD**. 150f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, SP: INPE, 2010.

ARAI, M. A grande elevação eustática do Mioceno e sua influência na origem do Grupo Barreiras. **Geol. USP, Sér. Cient. [online]**, v. 6, n. 2, p. III-VI, 2006.

ARAÚJO, M. E. **Estudo geomorfológico do extremo sul do litoral da Paraíba**. 1993. 143f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 1993.

ASMUS, H. E. Controle estrutural da deposição mesozoica nas bacias da margem continental brasileira. **Revista Brasileira de Geociências**, v.5, n.3, p. 160-175, 1975.

ASMUS, H.E. e PONTE, F.C. The Brazilian Marginal Basins. In: NAIRN, A.E.M., STEHLI, F.G. (orgs.). The Ocean Basins and Margins. **The South Atlantic**, Nova York: Plenum Press, v.1, p. 87-133, 1973.

BARBOSA, J. A. (2004): **Evolução da Bacia Paraíba durante o Maastrichtiano-Paleoceno- formações Gramame e Maria Farinha**. (Dissertação). 219 p. Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Recife.

BARBOSA, J.A. & LIMA FILHO, M.F. 2006. Aspectos estruturais e estratigráficos da faixa costeira Recife - Natal: observações em dados de poços. **Boletim de Geociências da Petrobras**. 14(2): 287-306.

BARBOSA, M. E. F., FURRIER, M. Influência neotectônica identificada através de dados morfométricos e de produtos cartográficos na bacia hidrográfica do rio Gurujá (PB), Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 4, n. 1, p. 215-228, 2011.

BARBOSA, M. E. F.; VITAL, S. R. de O.; LIMA, J. C. F. de; FREITAS, G. M. A. de; SANTOS, M. da S.; FURRIER, M. Aplicação do índice Relação Declividade Extensão na bacia hidrográfica do rio Guruji para detecção de deformações neotectônicas sobre os sedimentos do Grupo Barreiras, litoral sul do estado da Paraíba, Brasil. *Geología Colombiana*, v. 36, n. 1, Edición Especial, 2011.

BARBOSA, T. S.; FURRIER, M. Avaliação morfológica e morfométrica da bacia hidrográfica do rio Marés – PB, para verificação de influência neotectônica. **Cadernos de Geociências**, v. 9, n. 2, p. 112-120, 2012.

BRITO NEVES, B. B.; MANTOVANI, M. S. M.; MORAES, C. F.; SIGOLO, J. B: As anomalias geológicas e geofísicas localizadas ao norte de Itapororoca (PB), folha Guarabira. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 38, n. 1, p. 1-23, 2008.

BRITO NEVES, B.B., RICCOMINI, C., FERNANDES, T.M.G. AND SANTANNA, L.G. O Sistema Tafrogênico terciário do Saliente Nordeste na Paraíba: um legado proterozóico. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 34, n. 1, p. 127-134, 2004.

CARLSTON, C.W., Longitudinal slope characteristics of rivers of the mid-continent and the Atlantic east gulf slopes. *Bulletin of the International Association of Scientific Hydrology*. XIV, 4, 1969.

CHRISTOFOLETTI, *Geomorfologia – 2ª ed.* – São Paulo: Editora Blucher, 1980.

COX R.T. 1994. Analysis of drainage and basin symmetry as a rapid technique to identify areas of possible Quaternary tilt-block tectonics: an example from the Mississippi Embayment. **Geol. Soc. Am. Bull.**, 106:571-581.

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Geologia e recursos minerais do Estado da Paraíba**. Recife: CPRM, 2002.

ETCHEBEHERE, M. L. C.; SAAD, A. R.; FULFARO, V. J.; PERINOTTO, J. A. J. Aplicação do índice “Relação Declividade - Extensão – RDE” na Bacia do Rio do Peixe (SP) para detecção de deformações neotectônicas. **Revista do Instituto de Geociências – USP**, v. 4, n. 2, p. 43-56, 2004.

ETCHEBEHERE, M. L. C.; SAAD, A. R.; SANTONI, G. C.; CASADO, F.; FULFARO, V. J. (2006). Detecção de prováveis deformações neotectônicas no vale do Rio do Peixe, região ocidental paulista, mediante aplicação de índices RDE (Relação Declividade - Extensão) em seguimentos de drenagem. **Revista de Geociências**, v. 25, n. 3, p. 271-287.

FEITOSA E. C., FEITOSA, F. A. C., LIRA, H M. P. (2002). Relações estratigráficas e estruturais entre a Bacia Potiguar e a Bacia Costeira PE/PB – uma hipótese de trabalho. XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Florianópolis, SC. Anais em CD-ROM.

FEITOSA, A. C. **Dinâmica dos processos geomorfológicos da área costeira a nordeste da ilha do Maranhão**. 1996. 249f. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP, Rio Claro, 1996.

FONSECA, B. M. **O uso do sistema de informações geográficas na análise morfométrica e morfológica de bacias de drenagem na Serra do Espinhaço Meridional – MG. 2009**. 94 f. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

FREITAS, Ruio Onorio de. Ensaio sobre a tectônica moderna do Brasil. **Boletim FFCL/USP**, v. 130, n. 6, p. 171 – 222, 1951.

FURRIER, M. Caracterização geomorfológica e do meio físico da folha João Pessoa – 1: 100.000. 2007. 213f. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo. São Paulo: USP, 2007.

FURRIER, M.; ARAUJO, M. E.; MENESES, L. F. Geomorfologia e tectônica da Formação Barreiras no estado da Paraíba. **Geologia USP – Série Científica**, v. 6, p. 61-70, 2006.

GOPINATH, T.R., COSTA, C. R. S.; JÚNIOR, M. A. S. Minerais pesados e processos deposicionais dos sedimentos da Formação Barreiras, Paraíba. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 15., 1993. Natal. **Atas...** Natal: SBG/Núcleo Nordeste, 1993. v.1., p. 47-48.

GUEDES, I.C.; ETCHEBEHERE, M.L.C.; MORALES, N.; STEVAUX, J.C.; SANTONI, G.C. Análise morfotectônica da bacia do rio Santo Anastácio, SP, através de parâmetros fluvio-morfométricos e de registros paleossismológicos. **Revista de Geociências**, v. 28, n. 4, p. 345-362, 2009.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 7. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1997.

HACK, J. T. Stream-profile analysis and stream-gradient index. **Journal of Research of the United States Geological Survey**, v. 1, n. 4, p. 421-429, 1973.

HASUI, Y. Neotectônica e Aspectos Fundamentais da Tectônica Ressurgente no Brasil. **SBG/MG**. Workshop sobre Neotectônica e Sedimentação Cenozóica Continental no Sudeste Brasileiro, Belo Horizonte, 1: pp. 1-31, 1990.

HASUI, Y; PONÇANO, W. L. Geossuturas e sismicidade no Brasil. **ABGE, Anais do Cong. Bras. Geol. Eng.**, São Paulo, v. 1, p. 331-338, 1978.

HERZ, R.; DE BIASI, M. Critérios e legendas para macrozoneamento costeiro. Brasília: Ministério da Marinha/Comissão Interministerial para Recursos do Mar, 1989.

LIBAULT, A. Os quatro níveis da pesquisa geográfica. **Métodos em questão**, São Paulo: IGEOG-USP, n. 1, p. 1-14, 1971.

LIMA, C.C.U. O Neotectonismo na costa do Sudeste e do Nordeste brasileiro. **Revista de Ciência e Tecnologia**. v. 15, p. 92 -102, 2000.

LIMA, V. F.; FURRIER, M. Avaliação morfológica e morfométrica da bacia hidrográfica do rio Mamuaba-PB, para detecção de deformações neotectônica. **Cadernos de Geociências**, v. 10, n. 1, p. 33-44, 2013.

MACIEL, D.L.P.; ETCHEBEHERE, M.L.C. **Aplicação de parâmetros morfométricos de elementos de drenagem para a caracterização da Soleira de Arujá (SP) e a análise de processos neotectônicos**. 2007. 192f. Dissertação (Mestrado em Análise Geoambiental) - Centro de Pós-graduação e Pesquisa, Universidade Guarulhos, 2009.

MARTINEZ, M. **Aplicação de parâmetros morfométricos de drenagem na bacia do rio Pirapó: o perfil longitudinal**. 2005. 96f Dissertação (Mestrado em Análise Regional e Ambiental) – Programa de Pós-graduação, Universidade Estadual de Maringá, 2005.

PENHA, H. M. Processos Endogenéticos na Formação do Relevo. In: **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos / Organização, Antonio José Teixeira Guerra e Sandra Baptista da Cunha**. – 7ª Ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, (2007), p.51-92.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia da FFLCH/USP**, São Paulo, n. 8, p. 63-74, 1994.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia, ambiente e planejamento**. São Paulo: Contexto, 1992.

RUBIN, J. C. **Sedimentação quaternária, contexto paleoambiental e interação antrópica nos depósitos aluviais do Alto rio Meia-Ponte – Goiás/GO**. 2002. 363. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista. São Paulo: UNESP, 2002.

SALAMUNI, E. **Tectônica da Bacia Sedimentar de Curitiba (PR)**. Rio Claro, 1998. Tese (Doutorado em Geologia Regional) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.

SANTOS, E. J.; NUTMAN, A. P.; BRITO NEVES, B, B. Idades SHRIMP U-Pb do Complexo Sertânia: implicações sobre a evolução tectônica da zona transversal, Província Borborema. **Geol. USP: Série Científica**. São Paulo, v. 4, n. 1, p. 1-12, abr. 2004.

SANTOS, L. F. F. DOS; GUEDES, I. C.; ETCHEBEHERE, M. L. DE C. Análise neotectônica do pontal do Paranapanema (SP) mediante aplicação de parâmetros fluvio-morfométricos. **Revista de Geociências**, v. 30, n. 4, pp. 491-507, 2011.

SILVA, I. C; FURRIER, M. Análise de parâmetros morfológicos e morfométricos para avaliação de influência neotectônica nas microbacias dos riachos Timbó e Marmelada, afluentes do rio Itapororoca – PB. **Cadernos de Geociências**, v. 10, n. 1, p. 23-33, 2013.

SOARES, P. C.; FIORI, A. P. Lógica e sistemática na análise e interpretação de fotografias aéreas em geologia. Campinas, v. 16, n. 32, p. 71-104, 1976.

SUDENE - SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE. **Folha Barra de Mamanguape SB.25-Y-A-VI-3-NO**, Recife: Sudene, 1974.

\_\_\_\_\_. Divisão de Recursos Naturais. Serviço de Cartografia. **Folha Itapororoca (SB.25-Y-A-V-4-NO)**, Recife: Sudene, 1974.

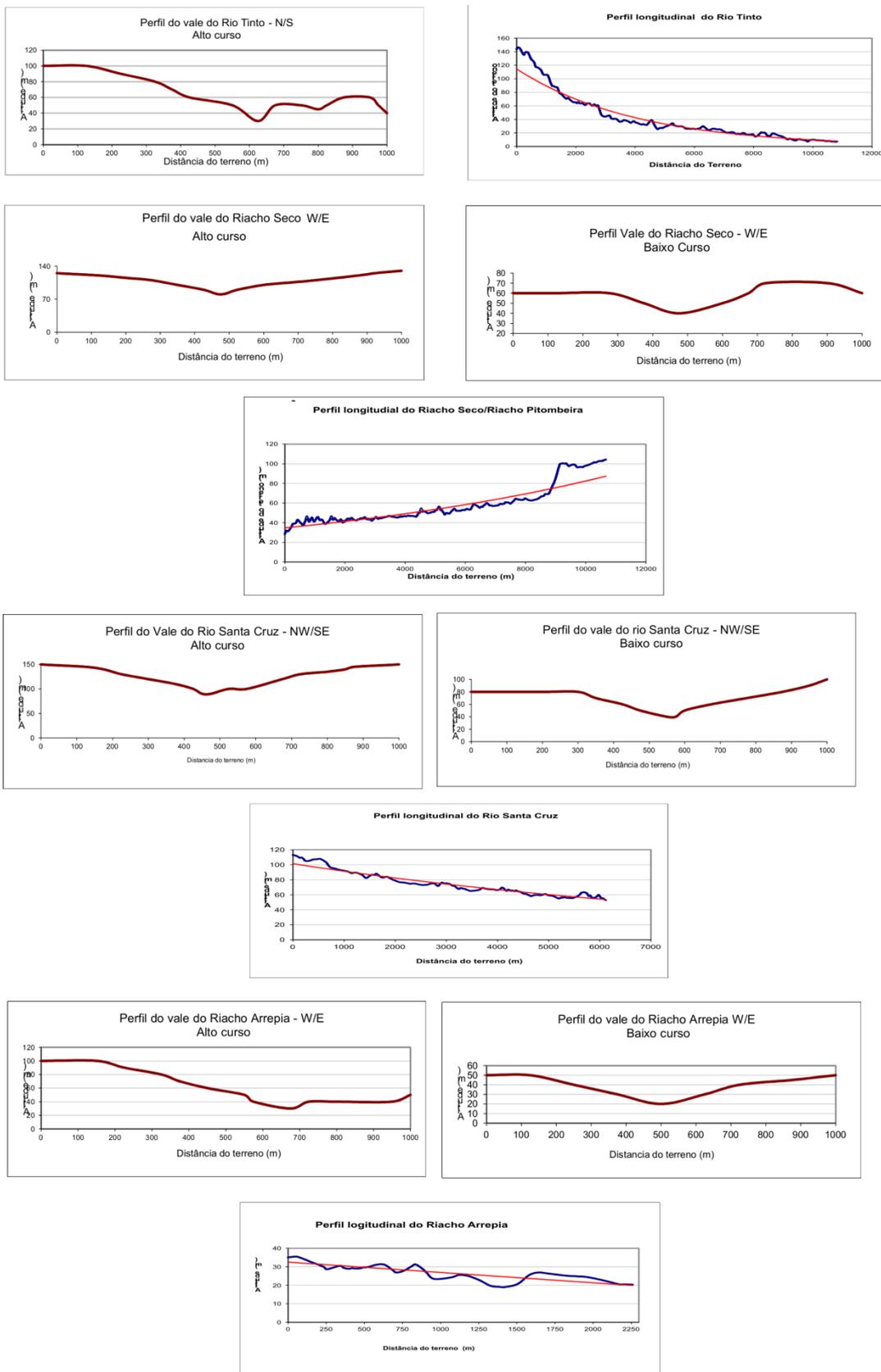
\_\_\_\_\_. Divisão de Recursos Naturais. Serviço de Cartografia. **Folha Rio Tinto (SB.25-Y-C-III-3-NE)**, Recife: Sudene, 1974.

SUGUIO, K. **Dicionário de geologia sedimentar e áreas afins**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

VITTE, A. C. Os fundamentos metodológicos da geomorfologia e sua influência no desenvolvimento das Ciências da Terra. In: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T (Org). **Reflexões sobre a geografia física no Brasil**. Rio de Janeiro: Berland Brasil, 2004.

# ANEXO

## ANEXO 1 – PERFIS LONGITUDINAIS E LATIDUNAIS



## ANEXO 2 - VALORES RESULTANTES DA APLICAÇÃO DO RDE

<b>Sub-Bacia I</b>						
<b>Trechos</b>	<b><math>\Delta H</math></b>	<b><math>\Delta L</math></b>	<b>L</b>	<b>RDE<sub>Trecho</sub></b>	<b>RDE<sub>Total</sub></b>	<b>RDE<sub>trecho</sub>/RDE<sub>Total</sub></b>
Trecho 1	30	587,120	601,921	30,756	13,188	2.3320
Trecho 3	49,9	1473,276	1618,664	54,824	13,188	4.1570
Trecho 5	10,4	1216,858	1306,278	11,164	13,188	0,8465
Trecho 7	10,6	1348,170	1396,902	10,672	13,188	0,9092
Trecho 9	20,6	2883,355	3125,813	22,332	13,188	1.6933
Trecho 11	0	2515,033	2766,872	-	13,188	-
Trecho 2	30,1	1986,028	2143,074	32,480	11,719	2,7713
Trecho 4	9,6	2515,509	2258,859	9,969	11,719	0,8595
Trecho 6	49,3	2342,422	2603,001	54,784	11,719	4,7760
<b>Sub-Bacia II</b>						
<b>Trechos</b>	<b><math>\Delta H</math></b>	<b><math>\Delta L</math></b>	<b>L</b>	<b>RDE<sub>Trecho</sub></b>	<b>RDE<sub>Total</sub></b>	<b>RDE<sub>trecho</sub>/RDE<sub>Total</sub></b>
Trecho 1	10,2	929,855	958,358	10,522	8,802	1,1954
Trecho 3	30,2	1168,920	1175,735	30,376	8,802	3,4509
Trecho 5	0	1456,930	1647,937	-	8,802	-
Trecho 7	9,5	1539,103	1841,223	11,364	8,802	1,2911
Trecho 9	10,3	2280,351	3105,644	14,027	8,802	1,5936
Trecho 11	19,9	1580,198	1929,845	24,303	8,802	2,7610
Trecho 15	0	1494,756	1615,756	-	6,536	-
Trecho 17	50	2098,765	2385,958	56,841	6,536	8,6958
Trecho 2	20,5	1528,268	1631,952	21,890	5,708	3,8347
Trecho 4	9,6	1564,115	1746,837	10,721	5,708	1,8781
Trecho 6	10,3	1302,013	1346,614	10,652	5,708	1,8661
Trecho 8	9,5	1145,800	1386,548	11,496	5,708	2,0138

