



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA  
DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS  
CURSO DE BACHARELADO EM GEOGRAFIA**

**PAULO ROBERTO PEREIRA DA SILVA**

**CARACTERIZAÇÃO GEOMORFOLÓGICA E TECTÔNICA DA CARTA  
CONDE 1:25.000**

**João Pessoa-PB**

**2014**

**PAULO ROBERTO PEREIRA DA SILVA**

**CARACTERIZAÇÃO GEOMORFOLÓGICA E TECTÔNICA DA CARTA  
CONDE 1:25.000**

Monografia apresentada ao Departamento de Geociências do Centro de Ciências Exatas e da Natureza da Universidade Federal da Paraíba - *Campus* I, em cumprimento às exigências para obtenção do grau de Bacharel em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Galliza do Amaral Marinho

**João Pessoa-PB**

**2014**

S231a Silva, Paulo Roberto Pereira da.  
Caracterização Geomorfológica e Tectônica da Carta Conde  
1:25000 / Paulo Roberto Pereira da Silva. - João Pessoa, 2014.

62 p.: il. -

Monografia (Bacharelado em Geografia) Universidade Federal da  
Paraíba– UFPB/CCEN.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Galliza do Amaral Marinho.

1. Geomorfologia. 2. Caracterização geomorfológica.  
3. Caracterização tectônica. I. Título.

**PAULO ROBERTO PEREIRA DA SILVA**

**CARACTERIZAÇÃO GEOMORFOLÓGICA E TECTÔNICA DA CARTA  
CONDE 1:25.000**

Monografia apresentada ao Departamento de Geociências do Centro de Ciências Exatas e da Natureza da Universidade Federal da Paraíba, *Campus I*, em cumprimento às exigências para obtenção do grau de Bacharel em Geografia.

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

---

Prof. Dr. Eduardo Galliza do Amaral Marinho  
Universidade Federal da Paraíba (Orientador)

---

Prof. Dr. Ermano Cavalcante Falcão  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba

---

Prof. Dr. Marcelo de Oliveira Moura  
Universidade Federal da Paraíba

João Pessoa-PB

2014

Dedico esse trabalho (em especial) à minha família, que sempre me entenderam nos momentos mais difíceis de minha vida acadêmica, me deram apoio moral e financeiro. Também agradeço a sociedade que proporcionou a minha formação em uma universidade pública, e a todos que não tiveram a chance de usufruir dos benefícios democráticos do nosso país.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço especialmente a minha avó, Rosa Aluiza de Lima, meus pais, João Batista da Silva e Maria José Pereira da Silva, meus irmãos, Ana Karoline Pereira da Silva Luna, Benigna Maria da Silva, João Batista da Silva Filho e Fábio da Silva. A todos meus sobrinhos em especial a João Guilherme Pereira de Luna, ao meu cunhado Rodrigo de Luna, aos quais rezo todos os dias a Deus por ter me dado a família que qualquer pessoa que os conheçam desejaria ter.

O Homem é social em sua essência onde o mutualismo é imprescindível, sendo assim atribuo minha graduação aos colegas que participaram diretamente e indiretamente em cada disciplina cursada.

Em especial, agradeço a Alexandro Medeiros, Camila Gouveia, Jeferson Chaves, Geraldo Almeida, Amanda Arcanjo, Lindemberg Albuquerque, Raissa Maria, os quais nos identificamos uns aos outros desde o segundo período, ao grupo de pesquisa do Laboratório de Estudos Geológicos e Ambientais (LEGAM), no qual foi responsável pelo meu atual conhecimento acerca da Geografia Física.

Ao Prof. Dr. Max Furrier, que se incumbiu de me apresentar no primeiro período como professor da disciplina Fundamentos de Petrografia, Geologia e Pedologia - FPGP o fascínio da Geografia Física, e desde então fazendo parte de minha graduação ativamente como membro responsável pelo LEGAM no qual fiz parte do 2º até o 7º período. Ao Prof. Dr. Sinval Almeida Passos, que se mostrou sempre acessível em toda graduação.

Ao Prof. Dr. Eduardo Galliza do Amaral Marinho que participou da minha graduação quando ministrou a disciplina Geomorfologia do 4ª período, agregando mais informações sobre o tema em geral, e que continua participando na condição de orientador no trabalho de conclusão do curso presente. Agradeço também ao Prof. Dr. Carlos Lamarque (IFPB) e ao Prof. Dr. Hermano Cavalcante Falcão (IFPB), por se mostrarem sempre acessíveis, e a preocupação em poder sanar dúvidas pertinentes a pesquisa.

Não posso me esquecer do meu primo Cláudio Batista e sua esposa Leônia, que sempre me acomodaram em sua casa nas minhas viagens à Recife, para obtenção dos testes de proficiência da língua inglesa e alemã, sem eles esses exames seriam alcançados devido a minha persistência, porém com certeza seria mais difícil.

“Wenn ein Tier oder ein Mensch seine ganze  
Aufmerksamkeit und seinen ganzen Willen  
auf eine bestimmte Sache richtet, dann  
erreicht er sie auch.”

(Hermann Hesse)

“Quando um animal ou um ser humano  
direciona toda sua atenção e toda sua vontade  
sobre uma determinada coisa, então ele  
consegue também.”

(Hermann Hesse)

## RESUMO

O presente trabalho tem como escopo apresentar evidências tectônicas que atuaram na configuração do relevo que compreende as delimitações da carta Conde 1:25.000 (SB.25-Y-C-III-3-NO). Essa análise foi possível através de cartas temáticas (hipsométrica e clinográfica) e do Modelo Digital do Terreno (MDT), geradas a partir da vetorização da carta topográfica anteriormente citada. A área em questão situa-se na borda oriental do estado da Paraíba, no Nordeste do Brasil, na qual se encontra sobreposta nos Tabuleiros Litorâneos. No corpo da pesquisa serão apresentadas análises morfotectônicas e fluviométricas (através do índice Relação Declividade-Extensão - RDE), a fim de se obter informações detalhadas sobre os processos influenciaram na configuração da drenagem atual. Tais parâmetros foram aplicados em um afluente da bacia do Rio Mamuaba, afluentes do Rio Gramame e, nos leitos principais do Rio Aterro e da Salsa, por apresentarem características peculiares em ambiente de rochas sedimentares, possivelmente advindas de reativações neotectônicas. Revelando padrões estruturais anômalos (assimetrias, retilineidades e inflexões) e padrões de drenagem.

**Palavras chave:** Carta Conde, Geoprocessamento, Neotectônica, Fluviometria, Formação Barreiras.

## **ABSTRACT**

This present work aims to present tectonic evidences in which acted in the configuration of the relief comprising the delimitations of the Conde chart 1:25.000 (SB.25-Y-C-III-3-NO), this analysis was possible through thematic maps (hypsometric and slope) and the Digital Terrain Model (DTM), generated from the vectorization of the topographic abovementioned chart. The comprised area, is located on the eastern edge of the Paraíba state in Brazilian northeast, which is superimposed in the coastal trays. During this research will be exposed some morphotectonic and fluviometric analysis (Relation Declivity Extension - RDE), in order to have more detailed informations about which processes have influenced the current drainage, such parameters were applied in a tributary of Mamuaba river basin, two other in Gramame river tributaries, in the main riverbeds of Aterro and da Salsa rivers, presenting some peculiar characteristics in sedimentary rocks, possibly due of neotectonic reactivations. Besides of revealing structural patterns (asymmetry, straightness and inflections) and drainage forms of rivers and streams.

**Keywords:** Conde Chart, Geomatics, Neotectonic, Morphometry, Barreiras Formation.

## LISTAS DE FIGURAS

<b>Figura 01</b> - Adjacências da carta Conde 1:25.000.....	18
<b>Figura 02</b> - Representação da taxonomia do relevo proposta por Ross (1992).....	22
<b>Figura 03</b> - Representação do relevo brasileiro em relação aos crátons.....	28
<b>Figura 04</b> - Localização da Bacia da Paraíba, e da Sub-Bacia Alhandra, no qual a área estudada se encontra.....	30
<b>Figura 05</b> - Estratigrafia da Sub-Bacia Alhandra, na qual a área de estudo se insere.....	32
<b>Figura 06</b> - Coluna crono-litoestratigráfica da Bacia da Paraíba.....	33
<b>Figura 07</b> - Principais padrões de drenagens propostos por Soares e Fiori (1976).....	39
<b>Figura 08</b> - Hierarquia fluvial.....	40
<b>Figura 09</b> - Carta topográfica digitalizada usada na pesquisa.....	42
<b>Figura 10</b> - Classes dos modelos Hipsométrico e Clinográfico (declividade) e sua correspondência em graus proposto por Herz e De Biasi (1989).....	43
<b>Figura 11</b> - Modelo Digital do Terreno (MDT).....	49

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 01</b> – Tabela do tempo geológico.....	26
<b>Tabela 02</b> - Cálculo RDE do Riacho Riachinho.....	53
<b>Tabela 03</b> - Cálculo RDE de um afluente do Rio Gramame.....	53
<b>Tabela 04</b> - Cálculo RDE do Rio Aterro.....	54
<b>Tabela 05</b> - Cálculo RDE do Rio da Salsa.....	54
<b>Tabela 06</b> - Cálculo RDE do Riacho Piabuçu.....	55

## LISTA DE MAPAS

<b>Mapa 01</b> - Área de abrangência da carta Conde 1:25.000.....	17
<b>Mapa 02</b> - Localização geográfica da área de estudo e sua rede de drenagem.....	18
<b>Mapa 03</b> - Mapa da disposição climática do estado da Paraíba.....	24
<b>Mapa 04</b> - Mapa geológico da carta Conde.....	31
<b>Mapa 05</b> - a) Modelo Hipsométrico da área. b) Modelo Clinográfico da área.....	48
<b>Mapa 06</b> - Análise qualitativa dos padrões e formas anômalas da área estudada.....	50

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 01-</b> Cálculo RDE utilizado.....	43
-----------------------------------------------	----

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ATECEL	Associação Técnico Científica Ernesto Luiz de Oliveira Júnior
AESA	Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba
CCEN	Centro de Ciências Exatas e da Natureza
CIENTEC	Consultoria e Desenvolvimento de Sistemas
CPRM	Serviço Geológico do Brasil
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DGEOC	Departamento de Geociências
EIA	Estudo de Impactos Ambientais
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
IBF	Instituto Brasileiro de Florestas
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
INDE	Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais
LEGAM	Laboratório de Estudos Geológicos e Ambientais
MDT	Modelo Digital do Terreno
Ma	Milhões de anos
MMA	Ministério do Meio Ambiente
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
RDE	Relação Declividade-Extensão
RIMA	Relatório de Impactos ao Meio Ambiente
SGB	Sistema Geodésico Brasileiro
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SPRING	Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas
SRTM	<i>Shuttle Radar Topography Mission</i>
SUDENE	Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste
TIFF	<i>Tagged Image File Format</i>
UFPB	Universidade Federal da Paraíba
UTM	<i>Universal Transverse Mercator</i>
ZEE	Zoneamento Ecológico-Econômico

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	16
1.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	17
1.2 JUSTIFICATIVA.....	19
1.3 OBJETIVOS.....	20
1.3.1 Objetivo Geral.....	20
1.3.2 Objetivos específicos.....	20
<b>2 ASPECTOS TEÓRICOS E CONCEITUAIS</b> .....	21
2.1 GEOMORFOLOGIA.....	21
2.1.1 Clima, Solo e Vegetação.....	23
2.2 TECTÔNICA.....	25
2.3 NEOTECTÔNICA.....	26
2.4 GEOLOGIA GERAL.....	27
2.5 GEOLOGIA DA ÁREA DE ESTUDO.....	28
2.6 FORMAÇÃO BEBERIBE/ITAMARACÁ.....	31
2.7 FORMAÇÃO GRAMAME.....	34
2.8 FORMAÇÃO MARIA FARINHA.....	35
2.9 FORMAÇÃO BARREIRAS.....	36
2.10 ANÁLISE QUALITATIVA E QUANTITATIVA.....	38
2.10.1 Índice Morfométrico.....	38
2.10.2 Bacias e Padrões de Drenagem.....	38
2.10.3 Hierarquia Fluvial.....	39
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	40
<b>4 CARACTERIZAÇÃO GEOMORFOLÓGICA</b> .....	46
<b>5 RESULTADOS</b> .....	47
5.1 MORFOLOGIA E DRENAGEM DA CARTA E EVIDÊNCIA DA NEOTECTÔNICA LOCAL.....	47
5.2 ANÁLISE QUALITATIVA DA REDE DE DRENAGEM LOCAL.....	49
5.3 APLICAÇÃO DO ÍNDICE RELAÇÃO DECLIVIDADE-EXTENSÃO (RDE) E INFLUÊNCIA DA NEOTECTÔNICA DA ÁREA ESTUDADA.....	51
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	56
<b>7 REFERÊNCIAS</b> .....	5

## 1 INTRODUÇÃO

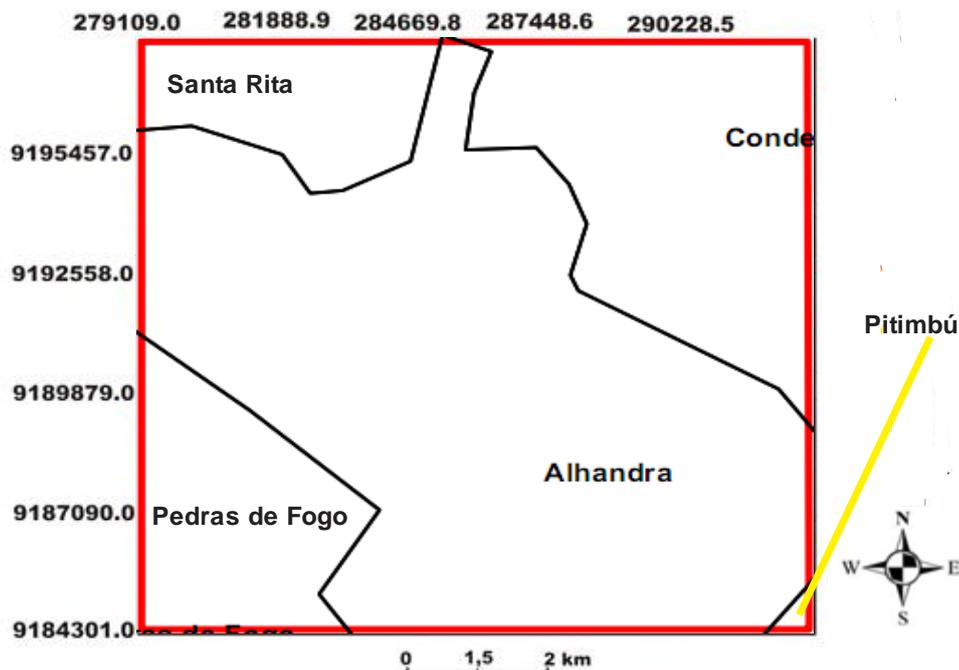
Desde os primórdios o homem tende a se estabilizar em áreas que forneçam alguma possibilidade de se desenvolver, fatos como esse aconteciam por diversos motivos dentre eles estão: a pesca, a agricultura, a caça, entre outros. Dentre os locais escolhidos os principais eram os rios como também áreas morfologicamente estratégicas. Sendo assim conhecer o ambiente onde se vive se tornou essencial desde tempos onde o conhecimento ainda era relativamente limitado. Compreender o meio onde vivemos, significa ter um maior entrosamento com o mesmo, podendo assim equilibrar suas potencialidades e tenuidades, considerando que essa é uma das maiores dificuldades contemporâneas, o mau planejamento acarreta muitas vezes catástrofes que ceifam vidas por estarem interferindo nos acontecimentos naturais e não entenderem a complexidade da natureza e suas nuances.

A área em questão foi escolhida pelo fato, da mesma conter aspectos geológicos e geomorfológicos bastante importantes para subsidiar inúmeras intervenções antrópicas que porventura venham a ocorrer nessa porção do Estado, tais como: loteamentos, cultivos diversos, barragens, construção de estradas, etc.

Neste trabalho foram escolhidas as bacias do Rio Aterro, Rio da Salsa, Rio Mamuaba e do Rio Gramame, para o uso de parâmetros morfotectônicos e fluviométricos tendo em vista seus comportamentos anormais. Os parâmetros morfométricos usados proporcionam informações mais detalhadas, podendo assim, os dirigentes governamentais e municipais, terem um maior grau de informação do cenário onde acontece a relação homem/meio. A área delimitada pela carta perfaz aproximadamente 192,14 km<sup>2</sup> e abrange partes dos municípios paraibanos: Conde, em sua maior extensão; Alhandra, Pedras de Fogo, Santa Rita e com menor expressividade uma pequena parte de Pitimbu (Mapa 01). Situa-se na borda oriental do estado da Paraíba-PB, Nordeste do Brasil.

Tais parâmetros foram aplicados a fim de identificar possíveis acontecimentos advindos da reativação tectônica pós-cretácea, uma vez que o comportamento da drenagem no substrato terrestre revela pistas de como a superfície de escoamento se configura em relação a sua estrutura geológica.

Mapa 01- Área de abrangência da carta Conde 1:25.000.



Nota: Base Cartográfica: Carta Topográfica Conde 1: 25.000 (SUDENE, 1974).

Datum: Córrego Alegre: Projeção Universal Transversa de Mercator.

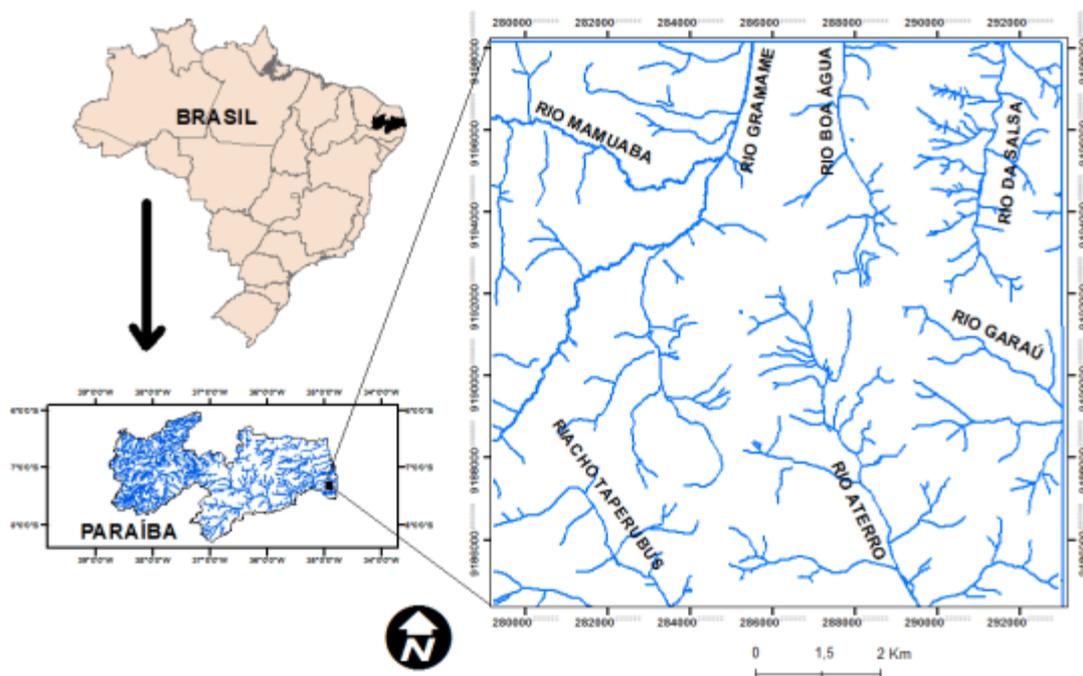
O resultado obtido na pesquisa alcançou níveis satisfatórios, imperceptíveis sem as técnicas de geoprocessamento, como também um elevado nível de detalhamento do perímetro estudado apontando assim feições geomorfológicas de um complexo estrutural da carta.

### 1.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A delimitação estudada compreende à carta topográfica Conde com escala de 1:25.000 (SB.25-Y-C-III-3-NO) e curvas de níveis com equidistância de 10 m elaborada pela Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE, 1974). A área em questão se localiza em uma fração da Bacia da Paraíba na Sub-Bacia Alhandra, na mesorregião da Mata Paraibana, com clima tropical quente e úmido ou clima litorâneo úmido. A carta estudada é tangenciada pelas cartas: Cruz do Espírito Santo, Santa Rita, Nossa Senhora da Penha, Rio Mamuaba, Jacumã, Pedras de Fogo, Alhandra e Pitimbú (Vide mapa 01). Em relação à hidrografia, possui em seu perímetro partes das bacias

hidrográficas dos rios: Mamuaba, Boa Água, Gramame, da Salsa, Garaú e Aterro (Mapa 02).

Mapa 02- Localização geográfica da área de estudo e sua rede de drenagem.



Nota: Base Cartográfica: Carta Topográfica Conde 1: 25.000 (SUDENE, 1974). Datum: Córrego Alegre: Projeção Universal Transversa de Mercator.

Figura 01 - Adjacências da carta Conde 1:25.000.

CRUZ DO ESPÍRITO SANTO	SANTA RITA	NOSSA SENHORA DA PENHA
RIO MAMUABA	<b>CONDE</b>	JACUMÃ
PEDRAS DE FOGO	ALHANDRA	PITIMBU

## 1.2 JUSTIFICATIVA

O conhecimento em si, é a razão de se compartilhar informações, seja qual área for, a importância de conhecer a configuração geológica e geomorfológica de uma determinada área é um dos principais requisitos para quem deseja entender a dinâmica natural, porém, é preciso ater-se as evoluções do ambiente, pois a compreensão desta dinâmica só é possível se concomitantemente forem analisadas suas posturas sucessivas, sendo assim, tal conhecimento advindo da geomorfologia descritiva, corrobora para um planejamento mais consciente, descrevendo assim o comportamento físico das estruturas tendo em vista a complexidade natural em que o homem de certa forma vem interferindo.

Considerando a seriedade que órgãos responsáveis pela preservação do meio ambiente como o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), Ministério do Meio Ambiente (MMA) e o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) vêm apresentando sobre a forma de o homem atuar, crescendo assim cada vez mais a necessidade de uma responsabilidade maior para um desenvolvimento sustentável. A presente pesquisa facilitará Estudos de Impactos Ambientais e Relatórios de Impactos Ambientais (EIAs-RIMAs), bem como o Zoneamento Ecológico-Econômico, pois as informações nela expostas são de caráter relevante.

O trabalho visa apresentar também evidências ocorridas no passado. Estas evidências devem-se aos fenômenos endógenos (tectônica) que interferem nos padrões e formas atuais. Apesar de apresentar uma falsa aparência de algo estático, o relevo é altamente dinâmico e está em constante transformação, seja, por exemplo, através da meteorização como também da erosão, sedimentação, etc.

Deve-se salientar que, aparentemente os fatores exógenos são responsáveis pela dinamicidade estrutural do relevo, mas de certa forma está intrinsecamente ligado aos fatores endógenos pretéritos, baseado nessa perspectiva, a presente pesquisa visa expor tais acontecimentos relacionados à tectônica.

Espera-se que o presente projeto possibilite um melhor conhecimento geológico e geomorfológico da área em questão, e que possa subsidiar futuras pesquisas, já que com a execução da duplicação da BR-101, grande parte da litologia da área está sendo precocemente aflorada devido a enormes cortes para a obtenção de material destinado a aterros, e por fim tal como o relevo, o conhecimento possa estar em constante transformação e atualização.

### 1.3 OBJETIVOS

A designação dos objetivos na pesquisa científica é de extrema relevância, pois é nessa etapa que o autor se compromete em realizar o que foi almejado, como também auxilia na sistematização dos processos.

#### 1.3.1 Objetivo Geral

Compreender através das técnicas de geoprocessamento, a morfologia e a morfometria da área objeto deste estudo, bem como, apresentar evidências neotectônicas, disponibilizando assim informações qualitativas e quantitativas da área em tela.

#### 1.3.2 Objetivos específicos

- Analisar as características fluviométricas das drenagens através do índice Relação Declividade-Extensão, para se ter um conhecimento geral mais preciso e de confiabilidade maior da drenagem local;
- Identificar feições estruturais no relevo, bem como o comportamento dos padrões de drenagens, podendo então adquirir indícios da neotectônica na área compreendida;
- Analisar as anomalias encontradas correlacionando com os modelos temáticos (Hipsométrico, Clinográfico e MDT) gerados através da vetorização em softwares específicos.

## 2 ASPECTOS TEÓRICOS E CONCEITUAIS

### 2.1 GEOMORFOLOGIA

O relevo sempre foi notado pelo homem no conjunto de componentes da natureza pela sua beleza, imponência ou forma (GUERRA; CUNHA, 2010). A relação homem, natureza e sociedade, é portanto bastante pretérita, sendo utilizada pelo mesmo, como formas de se localizarem estrategicamente, desenvolverem-se para o plantio, etc. A capacidade do homem contemporâneo processar as informações adquiridas com a ajuda da tecnologia, facilitou de forma expressiva os estudos que vieram a ocorrer em diversas ciências. Dessa forma busca-se a todo instante uma maneira de desvendar as incógnitas advindas da complexidade natural dos processos geomorfológicos, possibilitando, desta forma, uma convivência mais harmoniosa com o meio, explorando seus recursos de forma sustentável.

As formas de relevo segundo Christofolletti (1980) é o principal objetivo da geomorfologia. O referido autor salienta que se as formas existem, é porque foram esculpidas, por algum processo ou grupo de diversos processos. A geomorfologia resulta da necessidade de compreensão e explicação de como as formas de relevo surgem e evoluem (GUERRA; CUNHA, 2010). Na Geomorfologia, a morfometria teve um papel importante no final do século XIX, na Alemanha, Áustria e Suíça (GUERRA; CUNHA, 2010), e no decorrer do tempo, a atualização e a tecnologia contribuiu para um melhor uso de tal parâmetro.

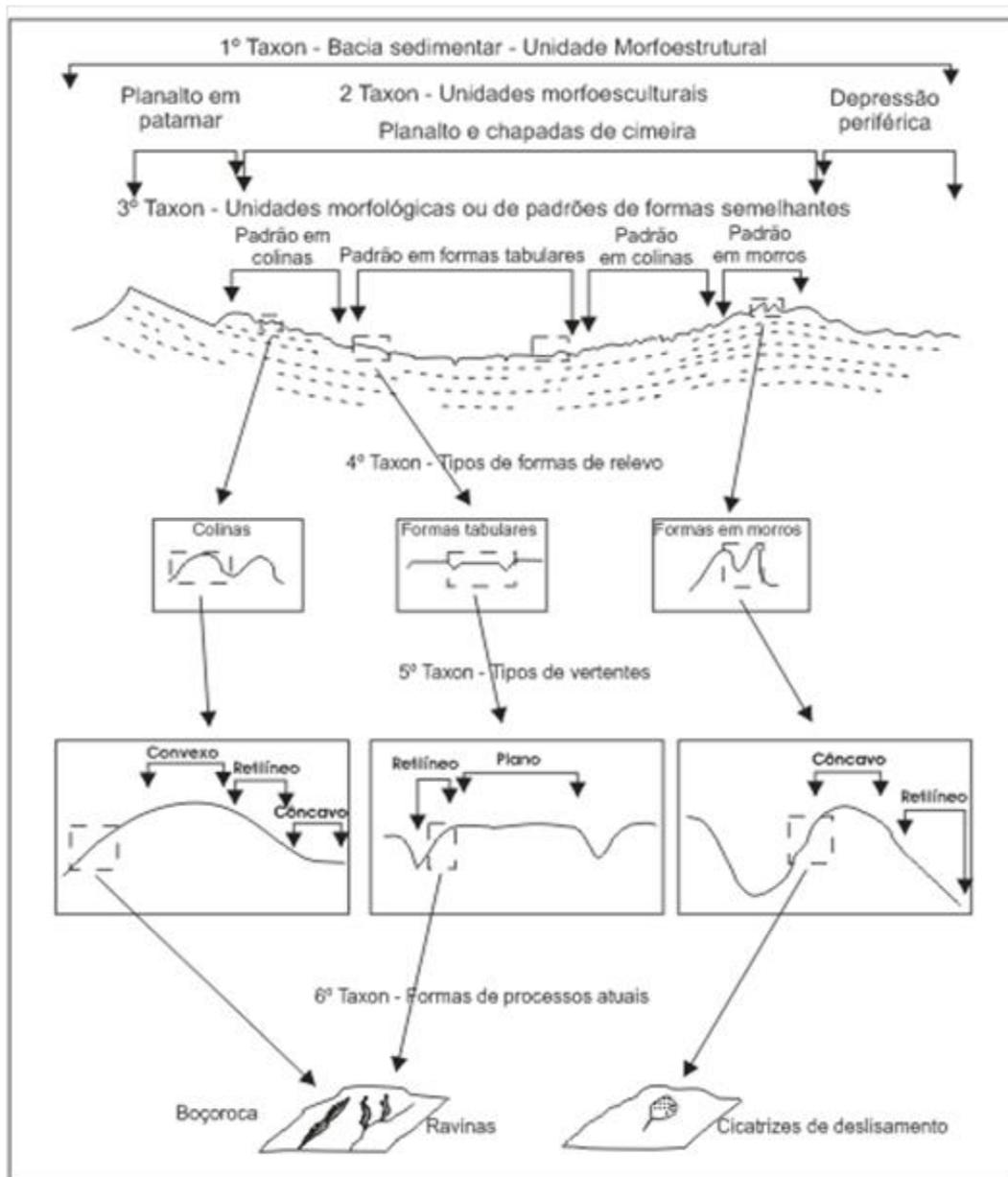
Geomorfologia é a ciência que estuda as formas de relevo, tendo em vista a origem, estrutura, natureza das rochas, o clima da região e as diferentes forças endógenas e exógenas que, de modo geral, entram como fatores construtores e destruidores do relevo terrestre. [...] é o estudo sistemático das formas de relevo, baseando-se nas leis que lhes determinaram a gênese e a evolução. (GUERRA; GUERRA, 2008)

Em outras palavras pode se dizer que a Geomorfologia é uma ciência que estuda a Terra em sua compleição e formas de relevo, quais forças agem para o modelamento dos relevos, qual sua composição química, qual clima age em uma determinada região, a litologia local dentre outras.

Os estudos de Geomorfologia são de certa forma recente no Brasil (AB'SÁBER, 1958), tais estudos se iniciaram em razão da influência da escola anglo-saxônica a aproximadamente pouco mais de meio século atrás.

Segundo Ross (1992) o relevo está dividido em táxons: 1º táxon tem-se unidades morfoestruturais, 2º táxon é composto por unidades morfoesculturais, 3º táxon unidades morfológicas ou de padrões de formas semelhantes, no 4º táxon existe os tipos de formas de relevo, no 5º táxon os tipos de vertentes e por último mais não menos importante o 6º táxon representa as formas de processos atuais (Figura 02).

Figura 02 - Representação da taxonomia do relevo proposta por Ross (1992).



Fonte: Ross (1992).

A área em estudo se encontra nos Baixos Planaltos Costeiros, que estão inseridos na macrocompartimentação dos Tabuleiros Litorâneos (FURRIER, 2007) Feição esta que

se encontra geralmente em toda costa do nordeste brasileiro se estendendo até o Rio de Janeiro, normalmente terminam em direção ao mar de forma abrupta (GUERRA; GUERRA, 2008).

### 2.1.1 Clima, Solo e Vegetação

A ação dos fatores geomorfológicos individuais depende de todas as relações do clima da paisagem respectiva e cada região climática tem um conjunto próprio de formas (GUERRA; GUERRA, 2008). O clima presente na área pesquisada é o tropical úmido, com uma temperatura média anual de 25° C, sua pluviosidade varia entre 1900 mm ou mais por ano, com chuvas distribuídas ao longo do ano, porém mais intensas nos meses de inverno (MELO, 2003). Segundo o Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, o clima é:

O estudo médio do tempo para o determinado período ou mês em uma certa localidade. Também, se refere às características da atmosfera inseridas das observações contínuas durante um certo período. O clima abrange maior número de dados e eventos possíveis das condições de tempo para uma determinada localidade ou região. Inclui considerações sobre os desvios em relação às médias, variabilidade climática, condições extremas e frequências de eventos que ocorrem em determinada condição do tempo.

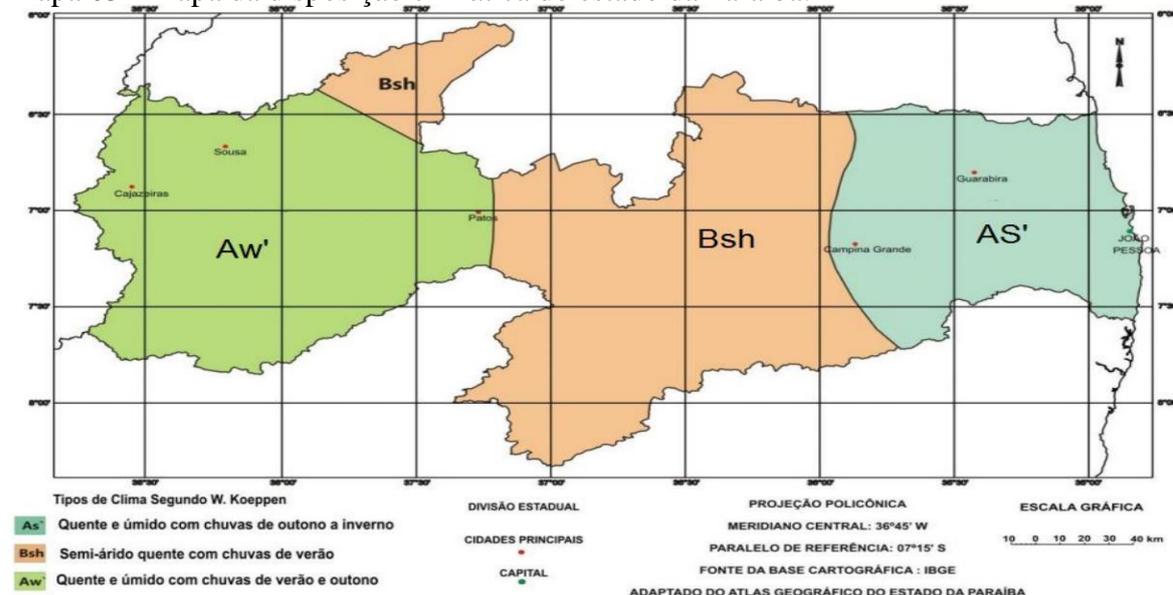
Segundo o Atlas Geográfico da Paraíba baseado na divisão de W. Köppen para a disposição climática do Estado, o clima predominante da área de estudo compreende a nomenclatura As' (quente e úmido com chuvas de outono a inverno) (Mapa 03), possui uma temperatura média anual de 25° C e uma pluviosidade superior a 1.500mm (DA SILVA *et al.*, 2003).

A vegetação da área em questão corresponde em grande parte á Mata Atlântica, segundo o Instituto Brasileiro de Florestas – IBF, esse bioma ocupa uma área de 1.110.182 km<sup>2</sup> do território brasileiro, ou seja, corresponde a 13,04% do território nacional. Esse tipo de vegetação se estende ao longo da costa litorânea desde o Rio Grande do Norte até o Rio Grande do Sul.

É apenas no solo que encontramos os quatros domínios da natureza reunidos, a litosfera, hidrosfera, atmosfera e biosfera. Segundo (GUERRA; GUERRA, 2008) a pedogênese somente inicia quando há vida microbiana no solo, do contrário será

meramente uma rocha decomposta, portanto segundo o mesmo autor solo é uma camada superficial de terra arável possuidora de vida microbiana.

Mapa 03 - Mapa da disposição climática do estado da Paraíba.



Fonte: Paraíba (1985).

Com base no levantamento de reconhecimento dos solos em 2002 pela Associação Técnico Científica Ernesto Luiz de Oliveira Junior (ATECEL) e posteriormente adaptado pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA), foi possível identificar que a área em análise é constituída majoritariamente de solos podzólicos vermelhos amarelos, solos aluviais e podzol hidromórficos.

Segundo a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), Solos Podzólicos compreendem a solos com horizonte estrutural B textural, não hidromórficos, com argila de atividade baixa, devido ao material do solo ser constituído por sesquióxidos, argilas do grupo 1:1 (caulinitas), quartzo e outros materiais resistentes ao intemperismo e saturação de bases baixas, isto é, inferior a 50%. Geralmente são solos bastante ácidos e de baixa fertilidade. Para a Consultoria e Desenvolvimento de Sistemas (CIENTEC), solos de classificação Podzol Hidromórficos, compreendem a solos de textura arenosa e de extrema pobreza, tendo, portanto, as limitações inerentes a solos com essas características, possui como característica baixa fixação de fósforo e de nutrientes, lixiviação acentuada de nitratos, elevada permeabilidade, ressecamento rápido, alta taxa de decomposição da matéria orgânica e virtual ausência de reservas em nutrientes. O mesmo órgão anteriormente citado classifica os solos aluviais como solos rudimentares, pouco

evoluídos e tem como característica forte, a formação de depósitos aluvionares recentes, tal tipo de solo só desenvolve-se em planícies aluvionares, depósitos recentes de origem fluvial, marinho ou lacustre.

## 2.2 TECTÔNICA

O estado da Paraíba apresenta fortes evidências, do tectonismo e da tectônica recente em seu território, através de imagens em *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) é possível ver planos de falhas ou zonas cisalhadas que percorrem do litoral até o sertão do estado.

Esses eventos que marcaram o território do nordeste brasileiro ocorreram possivelmente no ciclo Brasileiro há aproximadamente 540 Ma. Contudo, é no mesozoico que aconteceu o evento de maior atividade tectônica do território, durante a separação do Gondwana (HASUI, 1990; ANDRADES FILHO, 2010). Esse período foi marcado tectonicamente por rifts marginais no início do cretáceo (MATOS, 1992).

A origem e o desenvolvimento da Bacia da Paraíba e das demais bacias da margem leste, cada uma com suas especificidades, estão diretamente relacionadas ao surgimento do Atlântico Sul. (MARINHO, 2011). Nesse sentido, “pode-se estabelecer um relacionamento de causa e efeito entre manifestações tectônicas e arcabouço das bacias resultantes com os intervalos sedimentares considerados” (ASMUS, 1975). A partir dessas vinculações, Asmus (1975) reconheceu quatro estágios evolutivos nas bacias da margem leste, a saber: pré-rift, rift, evaporítico e marinho:

1ª Etapa -Pré-rift (acontece no jurássico o estiramento da crosta continental, com aparecimentos de falhas, nesse período, intumescência e vulcanismo marcaram os eventos tectônicos).

2ª Etapa -Rift (Discordância da ruptura na crosta continental do Gondwana atualmente corresponde aos territórios sul-americano e africano).

3ª Etapa- Evaporítico (marcado pela quiescência tectônica).

4ª Etapa -Marinho (Fase final, quando o oceano está formado). (ASMUS; 1975)

De acordo com dados temporais e instrumentais a região Nordeste apresenta as maiores atividades sísmica do país, segundo Bezerra e Vita-Finzi (2000), zonas de cisalhamento dúcteis pré-cambrianas ou falhas de idade cretácea, que se encontravam em direção NE ou NW, deparavam-se em uma posição ideal para a reativação por transcorrência.

### 2.3 NEOTECTÔNICA

A reativação tectônica pós-cretácea ou tectônica recente compõe um dos objetivos principais do presente trabalho, analisando assim suas importâncias na área em estudo. Compreender as influências neotectônicas de uma região é conhecer os efeitos dos movimentos da crosta terrestre que aconteceram durante o cenozoico (GUERRA; GUERRA, 2008) (Tabela 01).

Tabela 01 - Tabela do tempo geológico.

Éon	Era	Período	Época	(Ma)		
Fanerozoico	Cenozoico	Quaternário	Holoceno ou Recente	0,01		
			Pleistoceno	1,8		
		Terciário	Neógeno	Plioceno	5,3	
				Mioceno	23,0	
				Oligoceno	33,3	
			Paleógeno	Eoceno	55,8	
				Paleoceno	65	
				Mesozoico	Cretácio	146
					Jurássico	200
	Triássico	251				
	Paleozoico	Permiano	299			
		Carbonífero	359			
		Devoniano	416			
		Siluriano	444			
		Ordoviciano	488			
		Cambriano	542			
		Proterozoico		2.500		
		Arqueano		3.850		
	Hadeano		4.566			

Fonte: Adaptado de Teixeira et. al. (2009).

O tema carece de estudos mais aprofundados no estado da Paraíba, o Laboratório de Estudos Geológicos e Ambientais (LEGAM) localizado no Departamento de Geociências (DGEOC) do Centro de Ciências Exatas e da Natureza (CCEN) na Universidade Federal da Paraíba (UFPB), tem se tornado um forte estímulo para tais estudos.

Os estudos neotectônicos no Brasil iniciaram, segundo SUGUIO (1999), na década de 1970, nessa época existia a preocupação sobre as informações dos locais onde iriam ser construídas algumas grandes obras, visto que nessa época teve início a construção de grandes obras de infraestruturas. O termo “neotectônica” foi utilizado pelo geólogo soviético V. A. Obruchev para descrever os movimentos do Terciário Superior e Quaternário, que foram relevantes para a configuração atual (SAADI, 1993).

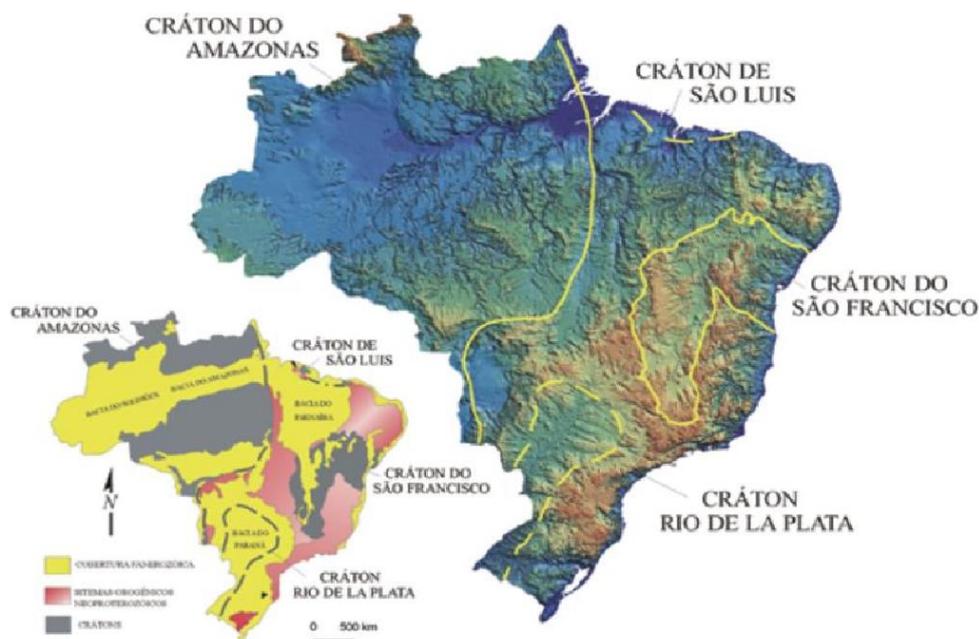
Alguns autores atribuem a neotectônica no Brasil, à separação do continente Sul-americano da África, com a abertura do Atlântico-sul (HASUI, 1990). Nesse período ocorreram oscilações eustáticas, ocasionadas possivelmente pelo rebaixamento da margem continental após a interseção dos dois continentes. Os trabalhos relativos a neotectônica não se restringem apenas ao estudo de cursos fluviais, pois é preciso ater-se a litologia da área, que neste trabalho é exclusivamente sedimentar.

Segundo Furrier (2007) o relevo paraibano apresenta como evidencia tectônica o rebaixamento e soerguimento de determinadas regiões dos Baixos Planaltos Costeiros. A análise morfotectônica da área concerne em relacionar o comportamento físico do relevo juntamente com o comportamento fluvial, pois tais comportamentos se tornam uma das ferramentas principais para constatação dos efeitos da tectônica recente. Por isso existe m alguns modelos de padrões de drenagens que de certa forma se comportam de maneira peculiar em relação aos outros padrões.

## 2.4 GEOLOGIA GERAL

A Geologia é a ciência cujo objetivo central é explicar a evolução geológica da Terra (MARINHO, 1995). Possui uma enorme complexidade, que envolve conhecimentos de química, física e botânica (GUERRA; GUERRA, 2008). Essa ciência estuda as estruturas e as formas que o modelamento terrestre se enquadra, ou seja, seu objeto de estudo segundo Guerra e Guerra (2008) é a análise dos fenômenos geológicos físicos ou químicos, tais como: litogênese (formação de rochas), orogênese (formação de montanhas) e gliptogênese (destruição e modelagem do relevo), entre outros. Para fins de direcionamento de estudos, a geologia se divide em diversas áreas específicas, seja em um contexto histórico ou geral. Na presente pesquisa, foi adotado a geologia tectônica, visto que um dos objetivos do trabalho é identificar possíveis deformações estruturais.

Figura 03 - Representação do relevo brasileiro em relação aos crátons.



Fonte: Alkmin (2004).

Segundo Guerra e Guerra (2008) crátons são áreas continentais que sofreram pouca, ou nenhuma, deformação desde o Pré-Cambriano, há aproximadamente 570 Ma atrás. O Brasil é formado por quatro crátons: Cráton do Amazonas, Cráton de São Luiz e Cráton do São Francisco e o Cráton Rio de la Plata. No qual através do rifteamento do Gondwana as bacias sedimentares se formaram e posteriormente foram preenchidas por sedimentos (Figura 04).

## 2.5 GEOLOGIA DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo se localiza majoritariamente na Sub-Bacia Alhandra que delimita-se ao norte com a Sub-Bacia Miriri e ao sul com a Sub-Bacia Olinda, todas se inserem na Bacia da Paraíba. Esta, por sua vez, muito difere de uma bacia tipo *rift* e muito se aproxima de um modelo de rampa homoclinal. Todavia, hodiernamente, é mais preciso cientificamente enquadrá-la como sendo uma rampa distalmente inclinada com talude (*distally steepened ramp*) (MARINHO, 2011).

Para Mabesoone e Alheiros (1988), a Bacia da Paraíba delimita-se ao norte com a Bacia Potiguar e ao sul com a Bacia de Pernambuco. Segundo Barbosa e Lima Filho (2006) a Bacia da Paraíba limita-se ao norte com a Plataforma de Natal, e ao sul com a Bacia de Pernambuco (Figura 04). Sendo, aqui, oportuno ressaltar que, segundo Marinho (2011) existe uma tendência, hodierna, em não mais conceber as Sub-Bacias de Canguaretama e de Natal como áreas de influência da Bacia da Paraíba e sim da Bacia Potiguar. Ou ainda, atestar as Sub-Bacias de Canguaretama e de Natal com uma área de transição entre a Bacia da Paraíba e a Bacia Potiguar, constituindo a Plataforma de Natal.

Na área objeto deste estudo, pode se destacar vários padrões de formas anômalas das bacias de drenagens em ambientes de rochas sedimentares (retilineidades, assimetrias e inflexões.) que por si só já evidenciam a presença da neotectônica local. As análises morfométricas foram utilizadas para proporcionar informações mais confiáveis, tornando assim conspícua a configuração geológica e geomorfológica da região.

Os rios de maior expressividade na carta são: Gramame, Mamuaba, Aterro e da Salsa. O Rio Mamuaba deságua no baixo curso do Rio Gramame formando assim uma zona de confluência desaguando logo em seguida no litoral. É possível também identificar no centro da carta uma elevação acentuada em forma de uma esfera, uma estrutura semelhante a uma forma branquianticlinal ou dômica onde se tem as maiores cotas altimétricas do relevo local, chegando até 141 m, tal estrutura representa uma forte autoridade nas drenagens, centrifugando-as para os leitos que a tangencia.

Na dimensão da área de estudo, predomina a presença de arenitos pouco consolidados, às vezes conglomeráticos, com níveis de argilas variegadas, siltito e laterito, todos esses advindos da Formação Barreiras, tal compartimento se estende desde o estado do Amapá até o norte do Rio de Janeiro.

Na porção sudoeste da carta, observa-se o afloramento da Formação Gramame no médio curso do rio Aterro que segundo o Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2002), corresponde em sua constituição a calcarenito, calcário arenoso e calcário dolomítico fossilífero.

Analisando o mapa geológico da área, é possível observar também que há a presença de afloramentos da Formação Beberibe/Itamaracá na maioria dos cursos fluviais nas porções NW-SO-W e também na margem leste do Rio Aterro.

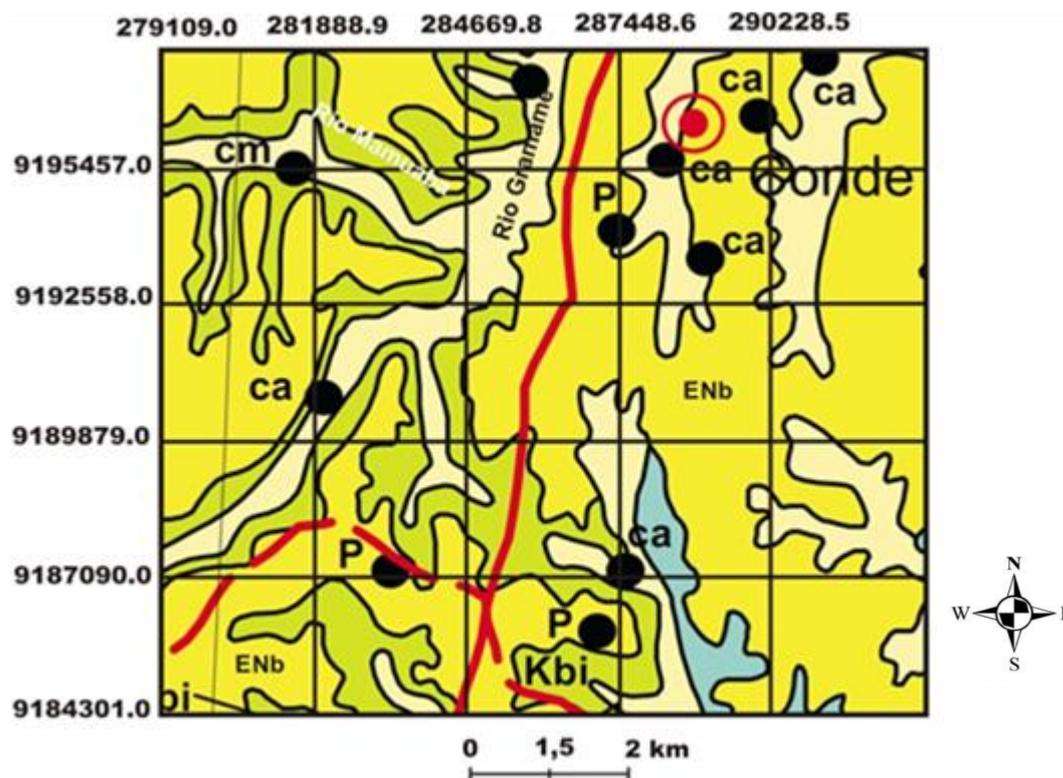
Figura 04 - Localização da Bacia da Paraíba, e da Sub-Bacia Alhandra, no qual a área estudada se encontra.



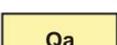
Fonte: Barbosa e Lima Filho (2006).

Esse compartimento estrutural corresponde a um arenito friável médio a fino, cinzento a creme, mal selecionado com intercalações de camadas siltico-argilosas nele há a presença de leitos conglomeráticos (CPRM, 2002). Na maioria dos cursos fluviais são encontrados depósitos aluvionares juntamente com sedimentos de praia (Mapa 04).

Mapa 04 - Mapa geológico da carta Conde.



LEGENDA:

- |                                                                                     |     |                                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----|---------------------------------|
|  | ENb | Formação Barreiras              |
|  | Kbi | Formação Beberibe/Itamaracá     |
|  | Kg  | Formação Gramame                |
|  | Qa  | Aluviões e sedimentos de Praia. |
- Ocorrência mineral.
-  Estrada pavimentada.
-  Estrada não Pavimentada, tráfego permanente.
-  Área urbana

Fonte: Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2002).

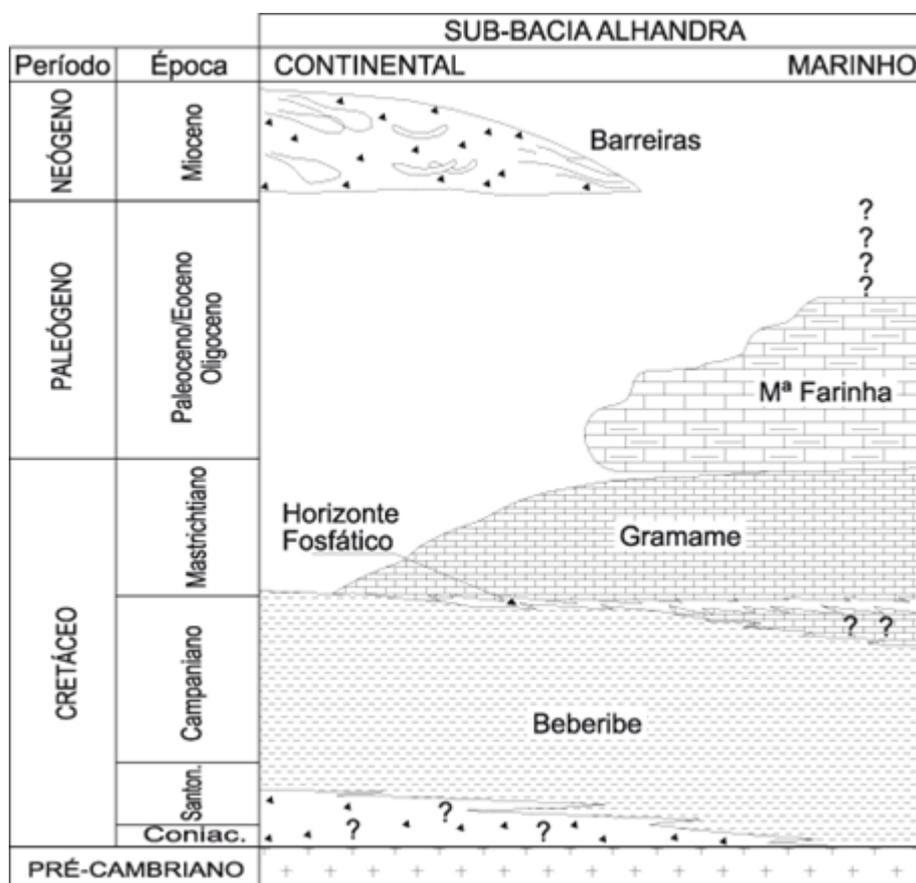
## 2.6 FORMAÇÃO BEBERIBE / ITAMARACÁ

A Formação Beberibe se encontra sobreposta discordantemente no embasamento cristalino pré-cambriano (SOUZA *et al.*, 2002). Tal camada estratigráfica é de idade cretácea (Vide tabela 01).

Essa Formação data do final da Era Mesozoica (Período Cretáceo), mais especificamente da antepenúltima e penúltima época do Cretáceo Superior (Santoniano e Campaniano). Havendo igualmente, a possibilidade de se estender até o início da última época do Cretáceo Superior (Maastrichtiano). (MARINHO, 2011). (Vide tabela 01)

A Formação Beberibe, originalmente denominada de Membro Beberibe, pertencia à Formação Itamaracá (KEGEL, 1955). O até então membro Beberibe passou a constituir uma nova Formação de mesmo nome localizada abaixo à Formação Gramame (SOUZA *et al.*, 2005). A Formação Beberibe tem sua localidade típica no vale do rio homônimo, no município de Recife (PE) (MARINHO, 2011).

Figura 05 - Estratigrafia da Sub-Bacia Alhandra, na qual a área de estudo se insere.



Fonte: Modificado de Barbosa *et al.*, 2004.

Na maioria dos afloramentos da Formação Beberibe foram encontrados arenitos brancos a muito esbranquiçados, médios a grossos, mal selecionados, e com estratificação predominantemente plano paralela, com bancos de 0,5 a 2 m, sem grandes variações de fácies (BRITO NEVES *et al.*, 2009).

Segundo Rosseti *et al.* (2012) um dos motivos que a diferencia da Formação Barreiras é sua compostura mineralógica (Figura 05). Na maioria das vezes em diversos estudos a Formação Beberibe é dividida em duas formações distintas, em sua parte superior chamada de Formação Itamaracá e em sua parte antípoda chamada de Formação Beberibe (FURRIER, 2007). Em seu topo os arenitos gradam para termos calcícticos e calcareníticos flúvio-deltaicos e flúvio-lagunares.

Figura 06 - Coluna crono-litoestratigráfica da Bacia da Paraíba.

Eras	Períodos	Épocas	Unidades	Litologias	
CENOZÓICO	Quaternário	Recente/ Holoceno	Depósitos da Cobertura Quaternária	Areias, siltes, argilas	
		Pleistoceno		Areias de paras com cimentação de camadas fluviais	
	Terciário	Plioceno	Formação Barreiras	Areias e argilas variegadas	
		Paleoceno	Grupo Paraíba	Formação Maria Farinha	Calcários dolomíticos com intercalações margosas, fossilíferos
MESOZÓICO	Cretáceo	Maastrichtiano		Formação Gramame	Calcários intercalados com margas e níveis argilosos
		Campaniano/ Coniaciano		Formação Itamaracá	Arenitos calcíferos e Fosforitos
			Formação Beberibe	Arenitos quartzosos, siltitos argilitos fossilíferos	
PROTEROZÓICO		Embasamento Cristalino		Gnaisses, migmatitos, granitos	

Fonte: Souza *et al.* (2005).

Em 1967 em diante, Beurlen alvitrou o término da Formação Itamaracá, ficando a Formação Gramame mais espessa ao agregar os sedimentos da Formação Itamaracá e inclusive a camada de fosfato na parte inferior da Formação, porém anos após, outros autores retomaram a Formação Itamaracá, no entanto necessita-se de estudos para decifrar melhor seus comportamentos diferenciais (FURRIER, 2007).

A unidade litoestratigráfica basal da hoje denominada Bacia da Paraíba, era a Formação Itamaracá cujo Membro Beberibe representava a fácies continental dessa

Formação. Com o passar do tempo não só a terminologia empregada por esse profissional, como também a concepção em que a mesma era adotada, foram progressivamente caindo em desuso. Nesse sentido, o até então Membro Beberibe, foi reclassificado como Formação por Beurlen em 1961. E, como Formação, se mantém, embora com perspectivas diferentes, até os dias atuais. (MARINHO, 2011)

Na área estudada, é possível encontrar afloramentos da Formação Beberibe, somente no Rio Aterro. A gênese dos processos da Formação Beberibe e da Formação Barreiras é altamente similar, dificultando assim o mapeamento sistemático quando aflorada (FURRIER, 2007), por isso o estudo de suas composições mineralógicas são de extrema relevância quando se almeja diferenciá-las, pois na Formação de idade cretácea encontram-se arenitos quartzosos (mais de 95%) raramente feldspáticos, grãos carbonáticos, siltitos, argilitosossilíferos (ALHEIROS *et al.*, 1993; BRITO NEVES *et al.*, 2009) e na Formação de idade miocênica contêm uma quantidade inferior de aproximadamente 85% de quartzo, 15% de feldspatos e ausência de grãos carbonáticos.

Sendo assim, tendo em vista as incertezas que percolam entre a classificação da Formação Beberibe e Itamaracá, justifica-se então o subtítulo Formação Beberibe/Itamaracá.

## 2.7 FORMAÇÃO GRAMAME

O termo Formação Gramame foi usado pela primeira vez por Oliveira (1940) para evidenciar o afloramento de calcários margosos no vale do Rio Gramame (FURRIER, 2007 e MARINHO, 2011). Nessa perspectiva, Sua localidade típica são os afloramentos que ficam na vertente direita do rio Gramame, no município do Conde, ao sul do município de João Pessoa, (MARINHO, 2011). Os afloramentos da Formação Gramame, na sua localidade típica, constituem os remanescentes mais ocidentais, e distam cerca de 15 km do Oceano. Formação que, na Bacia da Paraíba, denota em praticamente sua totalidade, e aflora de forma isolada. (MARINHO, 2011). Tal unidade carbonática repousa de maneira concordante na Formação Beberibe/Itamaracá.

Segundo Brito Neves *et al.* (2009) a Formação Gramame é dividida em duas partes: a parte inferior constitui-se predominantemente por arenitos calcíferos, calcarenitos e a camada de fosfato, a parte superior constitui-se predominantemente por calcários acinzentados, argilas calcárias e margas. Outros autores como Mabeoone e Alheiros

(1988) dividem esta unidade em três camadas, são elas; uma camada basal, uma fosfática e uma marinha plena. Mabesoone (1991) identifica três pacotes litológicos distintos: calcários e calcarenitos fosfáticos; calcarenitos fossilíferos e calcários argilosos. Os calcários argilosos, para o referido autor, constituem os típicos calcários Gramame.

A origem dessa feição litoestratigráfica, derivou de oscilações eustáticas, nesse caso em particular uma transgressão marinha, advinda de uma forte subsidência que possibilitou o adentramento marinho e não o aumento do nível do mar, desde modo as oscilações não estão necessariamente sempre ligadas ao aumento do nível do mar e a diminuição do mesmo, além desses fatores, deve-se levar em conta ações de soerguimentos e subsidência que influenciam em tais oscilações do nível do mar (BARBOSA *et al.*, 2004).

Apresenta-se altamente fossilífera, nela fósseis de gastrópodes, cefalópodes, crustáceos, equinodermas, dentes de peixes podem ser encontrados, sugerindo um ambiente típico marinho, relativamente calmo, águas calmas e pouco profundas, tem como espessura máxima 70 m (BUERLEN, 1967).

Sua espessura é bastante irregular dificultando sobremaneira calcular uma espessura média. Em termos de espessura máxima, atinge cerca de 50 metros. (MARINHO, 2011). Segundo CPRM (2002) predominam camadas de 55 m.

A Formação Gramame possui idade maastrichtiana mesozoica (SOUSA *et al.*, 2005; FURRIER, 2007; BRITO NEVES, 2009; MARINHO, 2011). Sendo reconhecida ao longo de toda a extensão *onshore* (em terras) da Bacia da Paraíba. Seus afloramentos ocorrem, com frequência, nas três Sub-Bacias (Olinda, Alhandra e Miriri) e sempre próximo à atual linha de costa. Só excepcionalmente afloram a mais de dez quilômetros a oeste da aludida linha. É na Sub-Bacia de Alhandra que os calcários Gramame mais abundam, e onde é notável a exploração desse minério. (MARINHO, 2011).

Entretanto, na área em estudo, esta unidade litoestratigráfica aflora escassamente. Segundo o Mapa Geológico da Paraíba (CPRM, 2002) é possível encontrar afloramento da mesma na bacia hidrográfica do Rio Aterro.

## 2.8 FORMAÇÃO MARIA FARINHA

Originalmente reputada como camada, a Formação Maria Farinha foi assim denominada por Oliveira (1940). Sua localidade típica é a Praia de Maria Farinha no

município de Paulista (PE), que é a mais setentrional daquele município, e se localiza na Sub-Bacia Olinda. (MARINHO, 2011).

A Formação Maria Farinha data da Era Cenozoica, Período Terciário (Paleógeno), mais adequadamente de idade Paleocena e começo do Eoceno. Sua espessura é bastante delgada, não ultrapassando 35 metros. (MARINHO, 2011).

Esta Formação foi depositada em ambiente marinho, correspondendo a um período de regressão eustática, (BARBOSA, *et al.*, 2004). Tal camada litoestratigráfica representa segundo Mabesoone (1994) uma continuação da sequência calcária da Formação Gramame, diferenciando-se da mesma apenas pela sua constituição fossilífera cronológica, correspondente à idade paleocênica (no eoceno inferior), encontram-se nessa unidade os nautilóides, além disso, os bivalves e gastrópodes.

Em determinados pontos na coluna estratigráfica esta unidade litoestratigráfica desaparece bruscamente, passando de calcário margoso para detrítico, propondo assim uma regressão marinha rápida e por consequência proporcionou uma elevada erosão por conta de sua exposição precoce (TÁVORA; MIRANDA, 2004). Em sua compleição corresponde a calcários clásticos, finos a grossos e margens calcárias do ciclo de regressão.

Através de dados sísmicos Feijó (1994) afirma que a Formação Maria Farinha ocorre na plataforma continental. Análises geoquímicas evidenciaram uma anomalia de irídio significativa que situa-se a cerca de 40 cm acima do contato entre a mesma e a Formação Gramame (TÁVORA; MIRANDA, 2004).

E ao contrário da Formação Gramame, não é amplamente distribuída ao longo de toda a extensão latitudinal, *onshore* (em terras), da Bacia da Paraíba. Suas ocorrências limitam-se à porção meridional da Bacia da Paraíba, contemplando a Sub-Bacia Olinda e, parcialmente a Sub-Bacia Alhandra. Na área em estudo, situada na Sub-Bacia Alhandra, a Formação Maria Farinha não é certificada, estando igualmente ausente na Sub-Bacia Miriri. (MARINHO, 2011).

## 2.9 FORMAÇÃO BARREIRAS

A Formação Barreiras impressionou os navegadores portugueses ao se depararem com uma estrutura deslumbrante e peculiar em 1500. Compreende de forma consistente desde o litoral do estado do Amapá até o norte do estado do Rio de Janeiro (ARAI, 2005).

Essa Formação repousa de forma discordante de oeste para leste sobre o embasamento cristalino sobre os sedimentos do grupo Paraíba depositados na Bacia sedimentar da Paraíba, forma geralmente falésias em grandes trechos principalmente no litoral nordestino (FURRIER *et al.*, 2006). A espessura da Formação Barreiras é bastante variável no estado da Paraíba, ela atinge espessuras mínima de 70 e máxima de 80m (MABESOONE *et al.*, 1988; BARBOSA; LIMA FILHO, 2006), não é considerada parte da Bacia da Paraíba e sim apenas uma cobertura plataformal (FURRIER, 2007).

Embora alguns autores apresentarem evidências de fósseis marinhos, estudos sistemáticos revelaram que tal feição é de origem continental. (FURRIER, 2007). Diversas teorias permeiam a tentativa de se explicar a origem da Formação Barreiras. Segundo Arai (2005) a Formação retrocitada se formou através de uma grande elevação eustática no mioceno, o mesmo, autodescreve o título de seu trabalho como “A verdadeira Origem do Grupo Barreiras”. Segundo Alheiros *et al.* (1988) ela originou-se através da deposição de rios entrelaçados. Gopinath, Costa e Júnior (1993) afirmam que a Formação Barreiras é nada mais que um produto do intemperismo em meio ao embasamento cristalino em regiões moderadamente longínquas, no caso da região Paraibana, foi gerado através do intemperismo das rochas cristalinas do Planalto da Borborema. Hasui (1990) aponta como origem dessa Formação um depósito existente no mioceno-médio.

Segundo Furrier (2007), é uma unidade litoestratigráfica corresponde a siltitos, arenitos, argilitos, e conglomerados frequentemente lenticulares, o mesmo afirma que a idade da Formação Barreiras, embora outros autores afirmarem que ela possui origem miocênica é um ponto bastante controverso, visto que a dificuldade encontrada para se datar os sedimentos, consoante a escassez fossilífera, cujo contrário facilitaria de maneira expressiva suas datações. Segundo Suguio (1986) através de datações paleomagnéticas a idade da Formação Barreiras corresponde do plioceno superior ao pleistoceno inferior. Arai (2005) questionando tais afirmações, impugnou a hipótese de que a idade da mesma correspondia desde o mioceno inferior a médio sugerindo então um início bem superior a aproximadamente 5,3 Ma. Análises mineralógicas nessa feição identificaram um nível de 15% de concentração feldspática, favorecendo assim, a teoria deposicional por rios entrelaçados proposta por Alheiros *et al.* (1988).

## 2.10 ANÁLISE QUANTITATIVA E QUALITATIVA

### 2.10.1 Índice Morfométrico

Os índices morfométricos utilizados na pesquisa serão empregados em cursos fluviais presentes na carta. A morfometria vem ganhando cada vez mais espaço em análises direcionadas para o estudo da neotectônica (BARBOSA et al, 2011; ETCHEBEHERE et al, 2006; FURRIER; ARAÚJO. MENESES, 2006; FURRIER, 2007; POLZIN, 2008; SOUZA et al, 2002). Guerra e Cunha (2010) descrevem a morfometria fluvial como o estudo das bacias hidrográficas, com vista a uma análise linear, areal e hipsométrica. O autor ainda expõe que os primeiros trabalhos relacionados ao tema foram empregados em 1945 por Robert E. Horton, para atender a necessidade de se estabelecer leis de desenvolvimento dos cursos fluviais, pois o tectonismo cenozoico possui uma forte influência no relevo atual.

A explicação para essa crescente procura em utilizar tais índices, é a confiabilidade do resultado para que se possa de um modo geral entender os reflexos das forças endógenas na superfície.

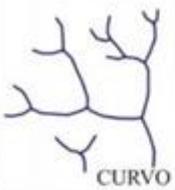
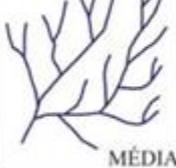
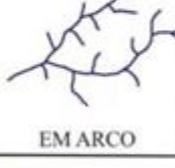
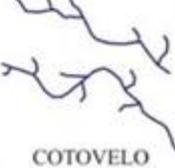
### 2.10.2 Bacias e Padrões de Drenagem

Segundo Christofolletti (1980), a Bacia hidrográfica é de suma importância tendo em vista que os cursos de água constitui processo morfogenético excepcionalmente ativo na configuração da superfície. Para Guerra e Guerra (2008) a Bacia hidrográfica é um conjunto de terras drenadas por um rio principal e seus afluentes. No qual ao se empregar o termo Bacia hidrográfica, vem atrelado à coexistência de cristas ou interflúvios (divisor de águas), nascentes, cabeceiras, foz, alto, médio e baixo curso fluvial, superfície de escoamento, exutório (local de saída da rede de drenagem) dentre outras características que definem a hidrografia em sua totalidade.

A rede de drenagem está intrinsecamente ligada ao substrato terrestre onde se encontra, sendo assim, o seu comportamento deve variar em relação a geologia da região onde ela se encontra. Dessa forma a análise de seus padrões infere uma possível

explicação. Soares e Fiori (1976) propõem dois níveis de assimetria em uma Bacia hidrográfica.

Figura 07 - Principais padrões de drenagens propostos por Soares e Fiori (1976).

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).

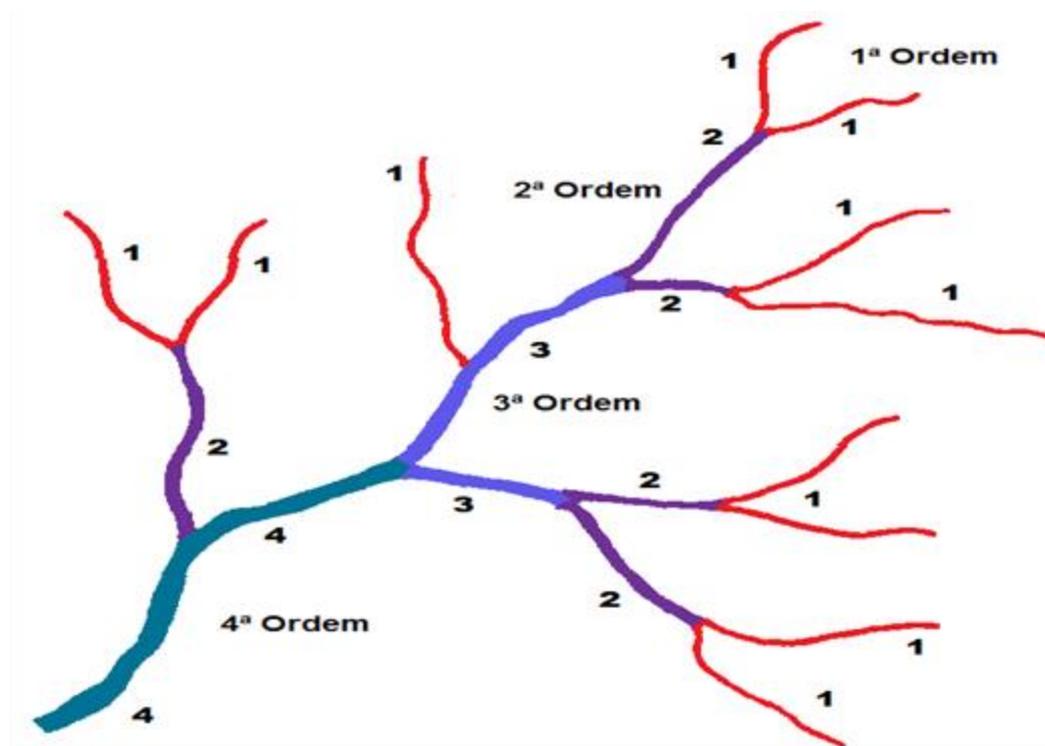
A Bacia é dissimétrica ou assimétrica quando, por algum motivo é mais desenvolvida em uma das zonas por ela ocupada (GUERRA; GUERRA, 2008). A drenagem está condicionada a diversos fatores que não envolvem apenas a geologia local, como também o clima, o solo, o relevo, a biota e a ocupação do solo (ANDRADES FILHO, 2010). Segundo Soares e Fiori (1976), os rios e as drenagens podem ser categorizados em diferentes maneiras levando em conta sua densidade, sinuosidade, angularidade, tropia, assimetria e formas anômalas (Figura 07).

### 2.10.3 Hierarquia Fluvial

A hierarquia fluvial é o processo que consiste em determinar a classificação dos cursos fluviais ou de suas respectivas áreas drenada. São realizados para tornar mais claro e mais objetivo os estudos morfométricos das bacias de drenagem. (GUERRA; GUERRA, 2008; CHRISTOFOLETTI, 1980). Christofolletti (1980) propõe que os canais de quarta ordem são aqueles que recebem uma confluência de dois canais de terceira ordem, este por sua vez recebe canais de segunda ordem e por último, os canais de segunda ordem recebem

uma confluência de canais de primeira ordem, estes bem menos expressivos e não contém nenhum afluente, caso contrário não se aplica a essa ordem (Figura 08).

Figura 08 - Hierarquia fluvial.



Fonte: Adaptado de Roach (2012)

Observa-se então que, no geral todas as bacias se iniciam com tributários de primeira ordem, seu exutório não necessariamente finaliza em um canal de quarta ordem. Os canais de primeira ordem são geralmente os pontos mais altos da bacia, resultando assim, nas cabeceiras ou nascentes dos rios. Esse padrão é normalmente inversamente proporcional a altimetria longitudinal do canal, pois, à medida que a classificação hierárquica do mesmo aumenta, a altimetria tende a diminuir de maneira conforme.

### 3 METODOLOGIA

Os procedimentos metodológicos representam um importante passo para a sistematização das ideias, pois a exposição da metodologia em um trabalho acadêmico é apresentar os caminhos escolhidos ou quais práticas foram exercidas para a construção da pesquisa. Nessa perspectiva Miotto e Lima (2007) afirmam que para se fazer uma pesquisa é importante seguir caminhos não-aleatórios. Nesse mesmo entendimento, buscou-se sistematizar os conhecimentos dividindo-os por etapas.

Em um primeiro momento foi designado um levantamento bibliográfico para que pudesse fundamentar teoricamente o objeto da pesquisa. Na segunda etapa foi feita a digitalização por meio de um scanner da carta topográfica Conde na escala de 1:25.000 no formato TIFF por conter uma qualidade superior. (Figura 09).

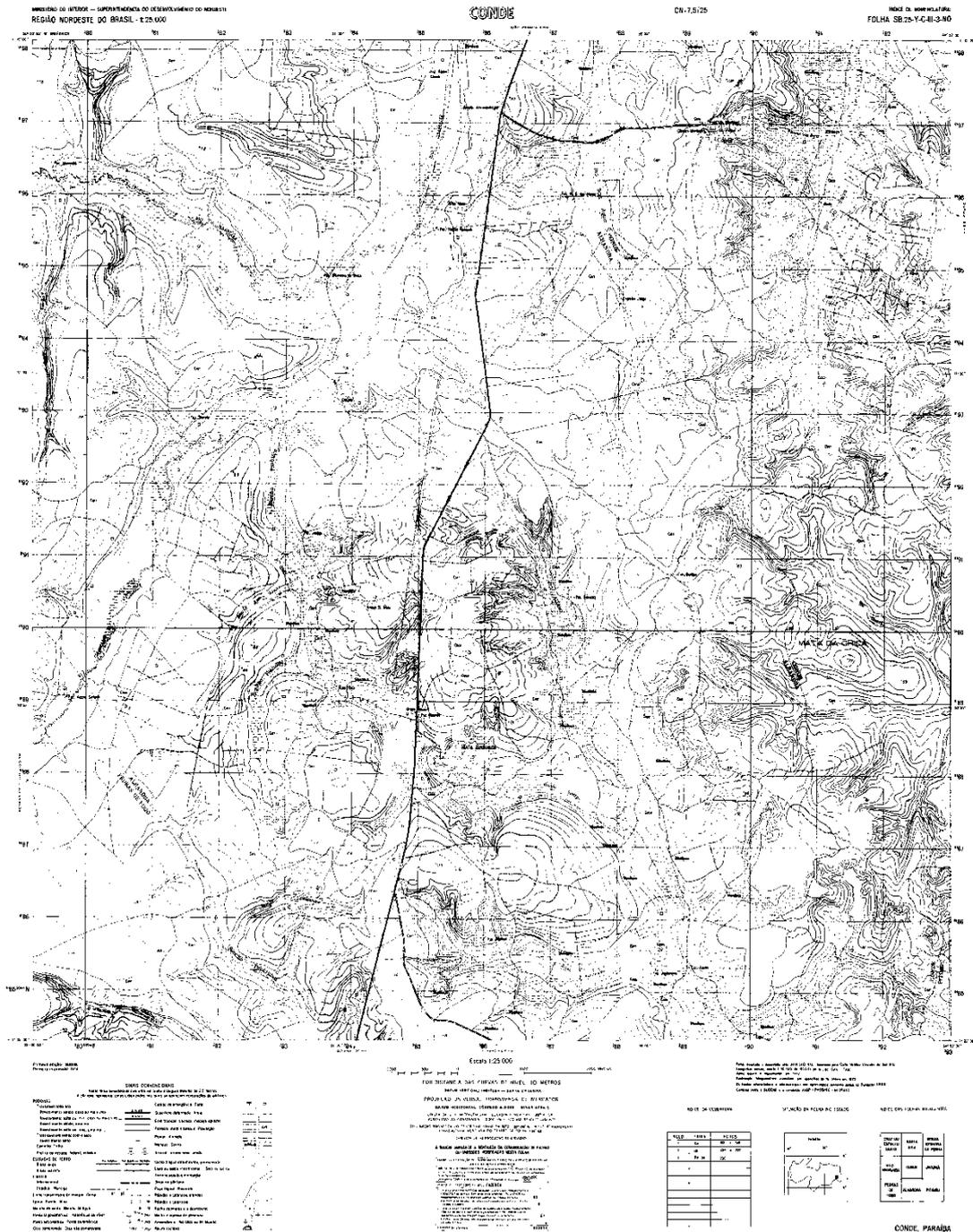
Seguindo as normas e padronização da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE) para a caracterização do Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) a pesquisa utilizou coordenadas UTM e o ponto *Datum* foi o vértice de triangulação Córrego Alegre. Este possui como figura geométrica para a Terra o elipsoide internacional de *Hayford* onde o seu semieixo maior é de 6.378.388 m e seu achatamento foi representado pela fração 1/297. Em relação ao posicionamento espacial do elipsoide sua orientação topocêntrica tinha as seguintes referências:

- Latitude Geodésica e Astronômica = 19°50'15,14"S
- Longitude Geodésica e Astronômica = 48°57'42,75"W
- Ondulação Geoidal = 0 m

Logo após esse processo foi utilizado o *software* R2V que é gratuito e bastante leve, para a vetorização das curvas de nível, estas com equidistância de 10 m o que proporciona uma precisão ímpar para pesquisas relacionadas ao tema, e da rede hidrográfica. Essa etapa requer tempo e paciência, pois é nesse processo que definirá a confiabilidade de seus dados e, por consequência, a qualidade do trabalho.

As etapas seguintes dependeram completamente das curvas de nível, as curvas foram exportadas para o software brasileiro SPRING 5.2.6, para que fosse gerado o Modelo Numérico do Terreno (MNT), gerando assim imagens relacionadas à altimetria e

Figura 09 - Carta topográfica digitalizada usada na pesquisa.

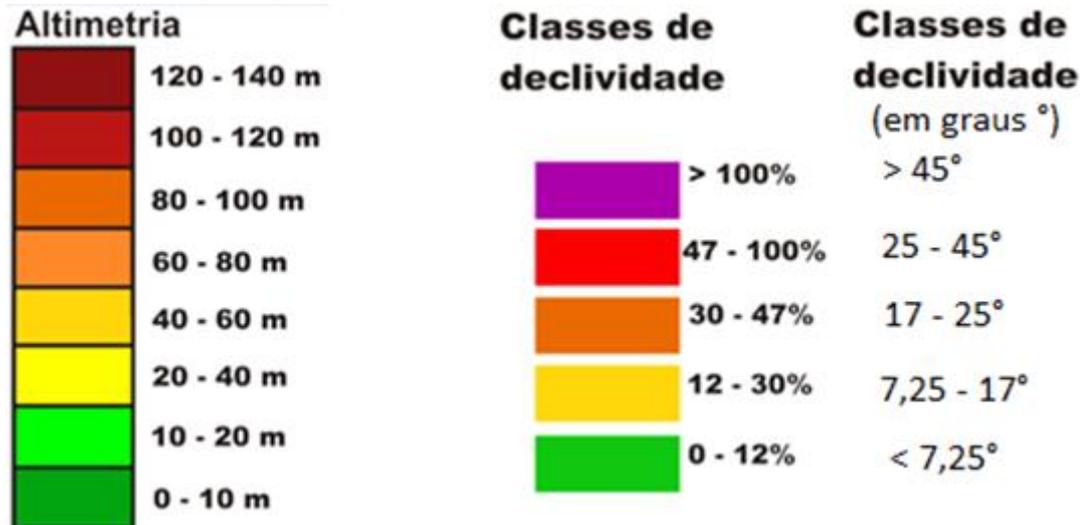


Fonte: Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE, 1974).

de declividade (hipsométrica e clinográfica) como também a representação do relevo da área de estudo em meio digital ou Modelo Digital do Terreno (MDT), por intermédio de

uma interpolação do modelo numérico com classes pré-definidas manualmente (Figura 10).

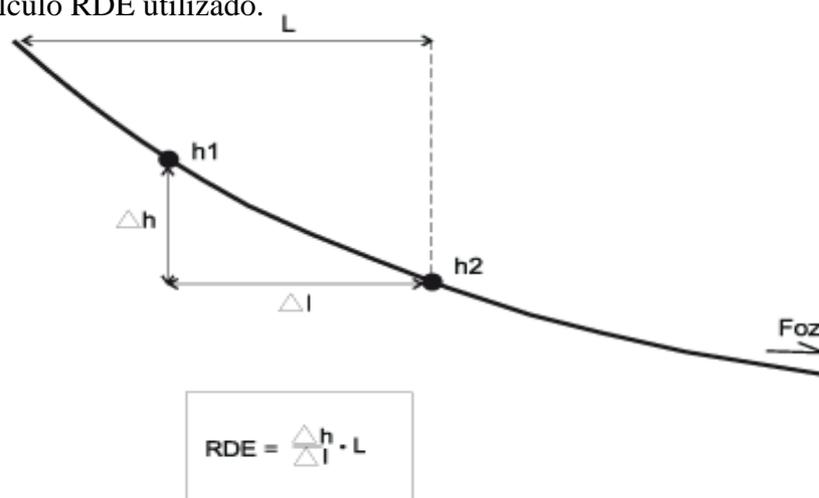
Figura 10 - Classes dos modelos Hipsométrico e Clinográfico (declividade) e sua correspondência em graus proposto por Herz e De Biasi (1989).



### 3.1 Índice Relação Declividade-Extensão (RDE)

O Índice Relação Declividade-Extensão representa a inclinação dos canais fluviais em relação a sua extensão (Gráfico 01). Este índice foi proposto inicialmente como *SL - Slope/Lengh* (HACK, 1973).

Gráfico 01- Cálculo RDE utilizado.



Fonte: Etchebehere (2000).

As fórmulas utilizadas no cálculo do RDE (total) e RDE (trecho) foram:

$$RDE(total) = \frac{\Delta H}{LnL}$$

&

$$RDE(trecho) = \left( \frac{\Delta H}{LnL} \right) \times L$$

Onde o RDE (total):

- $\Delta H$  = Corresponde a diferença altimétrica em metros da nascente até a foz do rio.
- $LnL$  = É o logaritmo natural da extensão total do curso fluvial.

No RDE (trecho):

- $\Delta H$  = é a diferença altimétrica entre dois pontos entre um trecho a outro do rio em metros;
- $\Delta L$  = é o comprimento em metros de um trecho a outro levando em conta sua sinuosidade;
- $L$  = corresponde à extensão total (em linha reta) que vai da nascente do canal até o ponto final do trecho para onde o índice RDE está sendo calculado (m).

O RDE foi de extrema relevância para alcançar os objetivos da pesquisa, pois tal índice revela possíveis ações tectônicas de forma sensível nas diferenças na declividade de um curso fluvial em relação a sua altimetria (ETCHEBEHERE, 2000).

Inicialmente foram selecionados os cursos fluviais de maior expressividade e que aparentemente apresentavam alguma anormalidade para a aplicação do Índice Relação Declividade-Extensão (RDE). Nesse sentido, e após a designação dos cursos de água em que seriam aplicados o índice RDE, foram medidos o comprimento dos cursos fluviais e sua diferença altimétrica desde a nascente até sua foz, com a ajuda do *software* SPRING 5.2.6. Essas cotas foram conjecturadas de acordo com as curvas de nível onde se encontravam. Este processo foi repetidamente usado para calcular o Índice RDE trecho, no qual os cursos fluviais anteriormente citados foram divididos em três frações.

Após a aplicação dos cálculos morfométricos, foi possível fazer a correlação de dados quantitativos e qualitativos da carta para compreender melhor as posturas que

antecederam os eventos contemporâneos, comprovando assim as atividades da tectônica recente e sua influência na configuração geomorfológica da rede hidrográfica local.

#### 4 CARACTERIZAÇÃO GEOMORFOLÓGICA

No que concerne aos aspectos geomorfológicos da carta, observa-se que suas delimitações se inserem exclusivamente nos Tabuleiros ou Baixos Planaltos Costeiros, tal unidade geomorfológica, faz parte de uma das outras unidades que compõe o estado da Paraíba em sua compleição, são eles do sentido E-W: Planície Costeira e Fluviais, Tabuleiros, Planalto da Borborema, Depressão do Curimataú e a Depressão Sertaneja.

A geomorfologia local apresenta um seguimento que se assemelha a uma estrutura branquianticlinal ou dômica no centro da carta centrifugando as drenagens que a tangencia para as sub-bacias hidrográficas do Rio Gramame e para a Bacia do Rio Aterro, influenciando bastante na drenagem local, é na mesma estrutura onde se constata as cotas mais elevadas da carta chegando a 141 m. No lado oeste da carta percebe-se uma zona relativamente aplainada, enquanto que em direção ao litoral no lado antípoda averigua-se uma zona basculhada e relativamente ondulada.

Os Baixos Planaltos Costeiros ou Tabuleiros se assemelham ao planalto, tem como característica uma topografia plana, sedimentar e de baixa altitude, contém sedimentos do terciário representados em uma coluna estratigráfica no nordeste brasileiro se apresentam em toda costa (DA SILVA, et al 2010; GUERRA; GUERRA, 2008; MENDONÇA; LOMBARDI NETO; VIÉGAS, 2006). Como exposto anteriormente, este seguimento geomorfológico representa a estrutura no qual a área estudada se encontra. Segundo Mendonça, Lombardi Neto e Viégas (2006, p. 889).

Os Baixos Planaltos Costeiros modelados nos sedimentos do Grupo Barreiras se constituem em uma superfície sub-estrutural semi-tabular, com mergulho na direção NE-E, que se estendem no sentido norte-sul, por todo o litoral do Estado da Paraíba, alcançando até 60 km no sentido Leste-Oeste; possui terrenos pouco elevados (variando de 30 a 40 m próximo ao mar, até 200 m no limite ocidental) [...].

Sua extensão é de aproximadamente 8,42 milhões de hectares, possui um solo profundo, porém pobre, devido a forte erosão fluvial levando consigo os minerais nutrientes necessários para fertilização dos solos. Essa compartimentação é sustentada segundo Furrier (2007) pelos sedimentos areno-argilosos mal consolidados da Formação Barreiras, o mesmo autor ainda se refere aos Baixos Planaltos costeiros como unidades geomorfológicas se superfície aplainadas e suavemente inclinadas para o leste.

## 5 RESULTADOS

### 5.1 MORFOLOGIA E DRENAGEM DA CARTA E EVIDÊNCIA Da NEOTECTÔNICA LOCAL

A partir da interpolação gradual das isolinhas (curvas de nível) de equidistância de 10 m geradas a partir da vetorização da carta topográfica, foi possível analisar de forma mais precisa o caráter morfológico da carta.

Os modelos Hipsométrico, Clinográfico e Digital do Relevo corroboram para uma constatação de que a região delimitada da carta possui relativamente baixa altimetria. Na parte central localizam-se as cotas altimétricas mais altas da carta chegando até 141m, nessa mesma porção da carta existe uma estrutura branquianticlinal ou estrutura dômica cuja influência potencialmente na drenagem local. Na parte leste da carta observa-se um maior basculamento com vales encaixados bastante dissecados, enquanto que em seu lado oposto encontra-se um maior aplainamento do relevo e rios pouco entalhados. No Rio da Salsa observa-se um desnível acentuado, em seu sentido oeste as cotas altimétricas chegam a aproximadamente a 121 m e em sua margem oposta as cotas altimétricas chegam a aproximadamente 92 m, uma diferença de 29 m, provavelmente influencia no controle estrutural que pode ser identificado como uma assimetria forte segundo o modelo de classificação de redes hidrográficas de Soares e Fiori (1976). Está presente na carta feições de drenagens do tipo dentrítica média, radial centrífuga e padrões de drenagens de sinuosidade retilínea. Na porção sudoeste da carta evidencia-se uma prova da neotectônica consoante a uma inflexão do tipo cotovelo do Riacho Taperubus de aproximadamente 90° (Mapa 05a, 05b e figura 11). Com a análise do modelo Clinográfico (Mapa 05b), é possível observar que as maiores declividades se encontram em toda porção leste da carta, como também auxilia na identificação do dissecamento presente na carta.

A análise da representação real do terreno em âmbito digital proporciona um nível de conhecimento qualitativo, como também é possível conhecer de uma maneira mais íntima a área estudada, e constatar a presença feições que remetem as reativações pós-cretáceas, de altos e baixos estruturais. Nesse modelo foi usado o gradiente escalar da cor cinza no qual, as cores mais escuras representam as áreas mais baixas da carta e por consequência as cores mais claras representam as áreas mais elevadas (Figura 11).

Mapa 05 - a) Modelo Hipsométrico da área. b) Modelo Clinográfico da área.

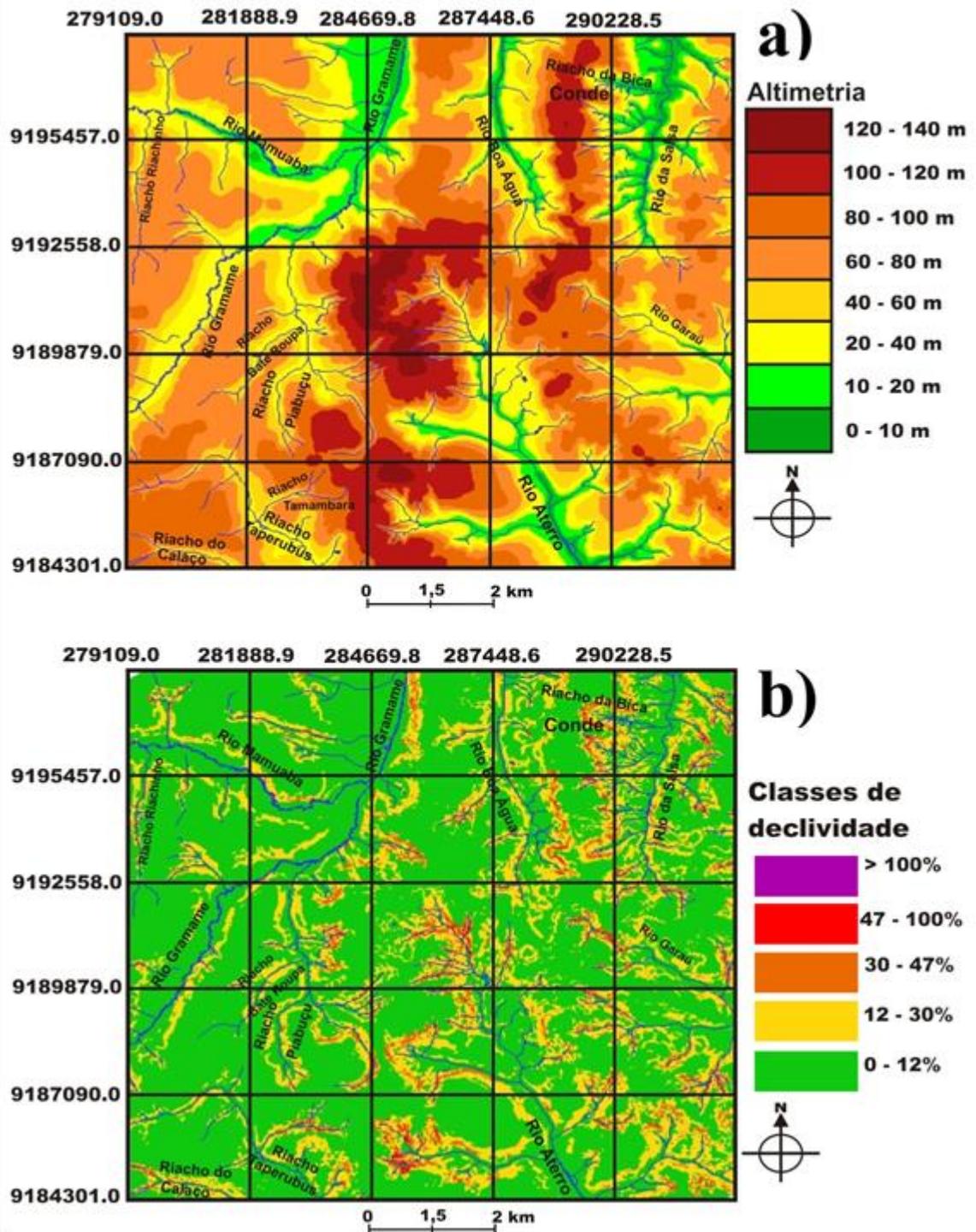
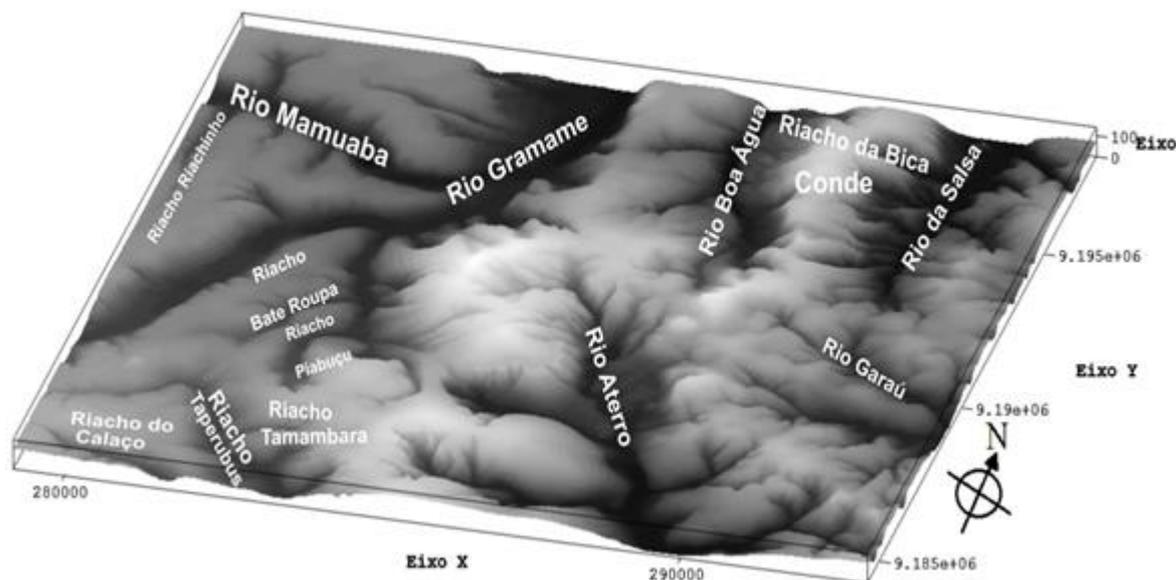


Figura 11 - Modelo Digital do Terreno (MDT).



## 5.2 ANÁLISE QUALITATIVA DA REDE DE DRENAGEM LOCAL

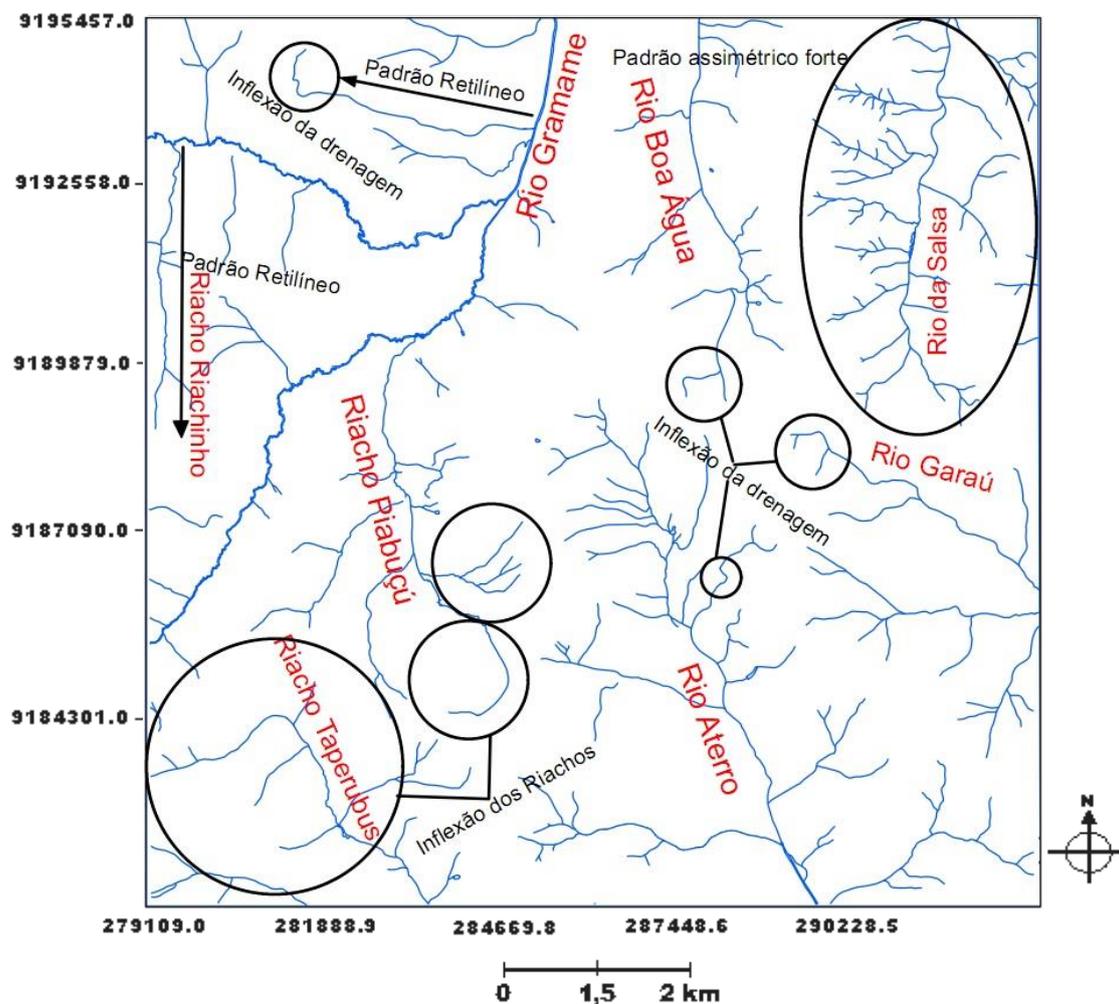
Como foi dito anteriormente, o comportamento da drenagem no substrato rochoso, revela pistas referentes à origem, litologia, ações climáticas e antrópicas, anomalias tectônicas que é um dos objetivos do trabalho, pois, as alterações de suas estruturas refletem na auto adaptação da drenagem. A análise da drenagem local se tornou a peça chave para subsidiar as informações aqui externadas. A análise dos modelos temáticos auxiliou demasiadamente na percepção dos efeitos neotectônicos da área estudada.

Na Bacia do Rio da Salsa observa-se uma assimetria forte (SOARES, *et al.* 1976) levantando a hipótese de um possível soerguimento. Com o auxílio do modelo Clinográfico (Mapa 05b, p48) constatou-se que as cabeceiras de sua margem esquerda são mais dissecadas e mais expressivas do que sua margem oposta a declividade predominante está entre 47% a 100% que segundo o modelo de Herz e De Biasi (1989) corresponde a uma inclinação de 25° a 45°. Na Bacia do Riacho Riachinho o padrão retilíneo de drenagem, que se apresenta como uma anomalia estrutural, pelo fato de se localizar em um ambiente de conformidade litológica sedimentar. Em um afluente sem nomeação da margem esquerda do Rio Gramame apresenta uma inflexão de aproximadamente 90° o que marca a captação fluvial, seguido de uma retilineidade em seu médio e baixo curso, além de não possuir nenhum afluente. Na porção sudoeste da carta o Riacho Taperubus

apresenta uma feição anômala bastante acentuada o que chama bastante atenção, pois se localiza em um ambiente de altimetria relativamente baixa e de inclinações moderadas de 7,25° a 17° (HERZ *et al.*, 1989), possuindo uma inflexão do tipo cotovelo (Mapa 06).

De uma maneira geral pode-se constatar que predominam na carta feições anômalas como; inflexões, assimetrias e retilinearidade nos padrões de drenagem, o que remete a presença da neotectônica no controle estrutural da morfologia da área em análise, pois quando o falhamento é rápido e contínuo ao escoamento da drenagem, o curso fluvial local poderá ter seu curso desviado ou até mesmo represado (PENTEADO, 1974).

Mapa 06 - Análise qualitativa dos padrões e formas anômalas da área estudada.



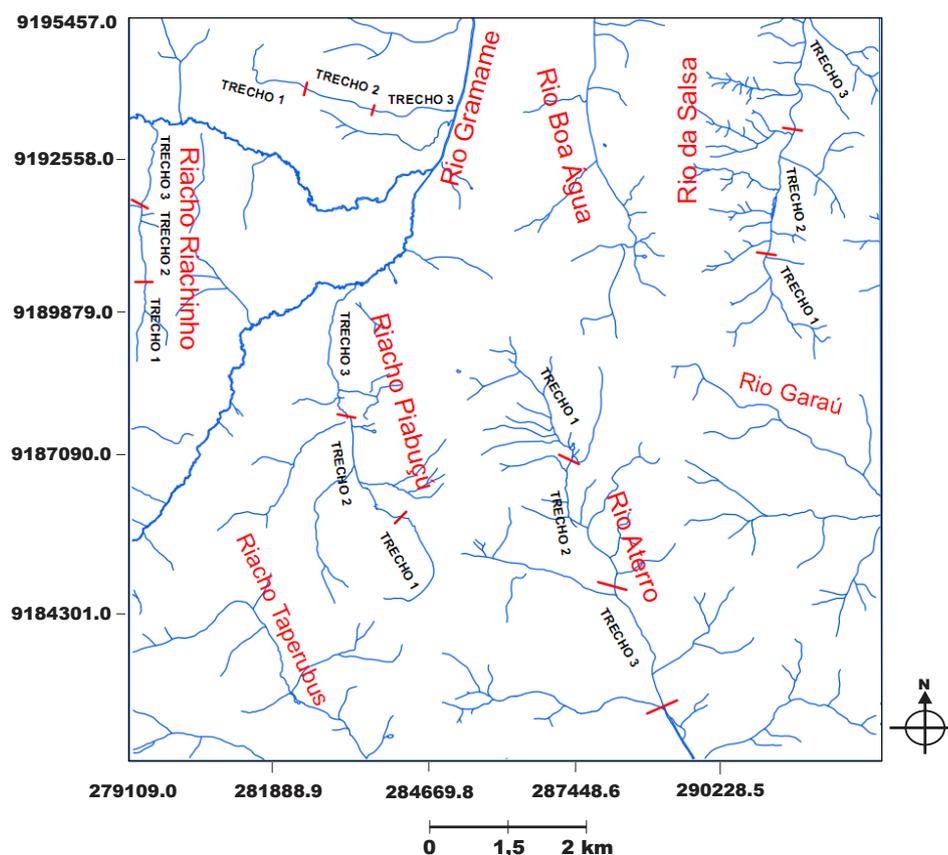
### 5.3 APLICAÇÃO DO ÍNDICE RELAÇÃO DECLIVIDADE-EXTENSÃO (RDE) E INFLUÊNCIA DA NEOTECTÔNICA DA ÁREA ESTUDADA

O índice morfométrico serve como um auxílio para a constatação da influência neotectônica do relevo, o Índice Relação Declividade-Extensão tem sido usado excessivamente ultimamente em diversas pesquisas relacionadas ao tema (ANDRADES FILHO, 2010; NÓBREGA, 2013; DE LIMA, 2014), propondo uma eficácia nos dados apresentados.

Na carta foram aplicados o RDE total e o RDE trecho, ambos tem o mesmo objetivos, de certa forma o RDE total serve para identificação de anomalias em um curso fluvial, o RDE trecho serve para constatar em que localidade do mesmo curso fluvial se localiza tal padrão anômalo, sendo assim o RDE total é usado consequentemente em grandes distâncias e o RDE trecho utilizado em pequenas distâncias. O índice RDE pode expor diversas situações anômalas que pode estar ligadas a muitos fatores, como por exemplo, sabe-se que os cursos fluviais são agentes altamente transformadores do relevo, e que tende a criar formas no substrato, tendo em vista que a área estudada se localiza em âmbito sedimentar da Formação Barreiras, as inflexões encontradas apontam de forma precisa à existência da influência neotectônica. Na carta estudada pelo fato de os cursos fluviais escolhidos não vislumbrarem grandes distâncias, foram divididos em 3 trechos cada (Mapa 07).

A utilização do índice RDE (Total e Trecho) na pesquisa tornou conspícuo que praticamente todos os cursos escolhidos para a aplicação do mesmo, representam pelo menos em alguma porção da drenagem a evidencia da tectônica recente. Segundo Andrades Filho (2010), existe uma classificação para destacar quais resultados podem ser considerados anômalos, o mesmo propõe que quando o RDE trecho dividido pelo RDE total (RDE real) é igual ou superior a 2 é considerado anômalo, além de que o RDE total em sua compleição acima de 2 já evidencia a presença de alguma deformação, no qual os resultados maiores ou iguais a 2 e menor ou igual a 10 se classificam como anomalias de 2ª ordem, e os valores acima se referem as anomalias de 1ª ordem (SEEBER; GORNITZ, 1983).

Mapa 07 - Divisão sistêmica dos rios por trechos para aplicação do índice morfométrico.



Fonte: Elaboração própria (2014).

Como pode ser observado na Tabela 1º Riacho Riachinho possui RDE total de 5,91 que se caracteriza como uma anomalia de 2ª ordem (SEEBER; GORNITZ, 1983). Em relação aos três trechos divididos para a aplicação do índice morfométrico obteve-se graus de anomalia com valores bem superiores a 2 no trecho 2 e 3, em seu alto curso onde foi encontrado um valor de 2,44 é considerado anômalo ( $\geq 2,00$ ) embora não ser tão expressivo, e no médio e baixo curso do rio obtiveram os valores 6,55 e 6,82 respectivamente todos os trechos apresentaram um controle estrutural anômalo de 2ª ordem (Tabela 02).

Na margem esquerda do Rio Gramame foi escolhido um afluente que embora se comportar de maneira bastante peculiar não apresenta nenhuma nomeação na carta topográfica de origem, sendo identificado no presente trabalho como um afluente do Rio Gramame. Em relação ao índice morfométrico aplicado em tal afluente, o valor do RDE total é de 7,32 que remete a um padrão de anomalia de 2ª ordem, e em relação aos seus trechos, o alto e médio curso da drenagem escolhida apresentam um controle estrutural

baixo com valores de 2,99 e 2,81 respectivamente, enquanto que em seu baixo curso o valor encontrado aumenta consideravelmente (Tabela 03).

Tabela 02- Cálculo RDE do Riacho Riachinho.

Trechos	Cota Superior (m)	Cota Inferior (m)	Diferença Altimétrica (m)	Extensão do Trecho (m)	Extensão Total (m)	RDE Trecho	RDE total	RDE Real
Riacho Riachinho	75	25	50	4698,87	4.698,87	-	5,91	5,91
Trecho 1	75	60	15	1.534,09	-	14,47	5,91	2,44
Trecho 2	60	40	20	1.519,85	-	38,75	5,91	6,55
Trecho 3	40	25	15	1.644,93	-	40,34	5,91	6,82

Tabela 03 - Cálculo RDE de um afluente do Rio Gramame.

Trechos	Cota Superior (m)	Cota Inferior (m)	Diferença Altimétrica (m)	Extensão do Trecho (m)	Extensão Total (m)	RDE Trecho	RDE total	RDE Real
Afluente do Rio Gramame	72	10	62	4735,15	4.735,15	-	7,32	7,32
Trecho 1	72	40	32	2.159,97	-	21,94	7,32	2,99
Trecho 2	40	30	10	1.305,71	-	20,58	7,32	2,81
Trecho 3	30	10	20	1.269,47	-	59,31	7,32	8,09

Os valores obtidos em relação ao Rio aterro, alternaram de maneira peculiar, de fato que o RDE total obtido equivale a 11,10 que remete a um controle estrutural anômalo de 1ª ordem, em seu alto curso obtêm-se o valor de 7,53 este por sua vez de 2ª ordem, em seu médio e baixo curso não foram constatados segundo as variáveis aplicadas padrões anômalos de drenagens, obtendo-se valores de 0,80 e 1,20 respectivamente, ambos de caráter normal (Tabela 04).

Tabela 04 - Cálculo RDE do Rio Aterro.

Trechos	Cota Superior (m)	Cota Inferior (m)	Diferença Altimétrica (m)	Extensão do Trecho (m)	Extensão Total (m)	RDE Trecho	RDE total	RDE Real
Rio Aterro	110	10	100	8139,59	8.139,59	-	11,10	11,10
Trecho 1	110	20	90	2.661,41	-	83,70	11,10	7,53
Trecho 2	20	15	5	2.677,40	-	8,98	11,10	0,80
Trecho 3	15	10	5	2.800,78	-	13,32	11,10	1,20

Os valores obtidos no Rio da Salsa apresentaram controles estruturais moderados de 2ª ordem, o RDE total equivale a 6,53 e seu alto e médio curso a 7,26 e 5,83 respectivamente, e, seu baixo curso foi encontrado um valor que remete a ausência de controle estrutural anômalo (Tabela 05).

Tabela 05 - Cálculo RDE do Rio da Salsa.

Trechos	Cota Superior (m)	Cota Inferior (m)	Diferença Altimétrica (m)	Extensão do Trecho (m)	Extensão Total (m)	RDE Trecho	RDE total	RDE Real
Rio da Salsa	65	7	58	7218,68	7.218,68	-	6,53	6,53
Trecho 1	65	10	55	2.642,28	-	47	6,53	7,26
Trecho 2	10	8	2	2.253,39	-	38,08	6,53	5,83
Trecho 3	8	7	1	2.323,01	-	2,74	6,53	0,42

Os parâmetros aplicados no Riacho Piabuçu apresentaram em seu RDE total seguindo os demais resultados anteriores um padrão de controle estrutural da drenagem com valor de 9,16, porém apenas em seu alto curso o valor se mostra acima de 2, configurando assim um padrão anômalo de 2ª ordem, e em seu médio e baixo curso os

valores 1,79 e 1,29 respectivamente foram dispostos de maneira normais segundo o seu comportamento no substrato (Tabela 06).

Tabela 06 - Cálculo RDE do Riacho Piabuçu.

Trechos	Cota Superior (m)	Cota Inferior (m)	Diferença Altimétrica (m)	Extensão do Trecho (m)	Extensão Total (m)	RDE Trecho	RDE total	RDE Real
Riacho Piabuçu	100	18	82	7783	7.783	-	9,16	9,16
Trecho 1	100	33	67	2980	-	37,42	9,16	4,09
Trecho 2	33	23	10	2327	-	16,45	9,16	1,79
Trecho 3	23	18	5	2476	-	11,87	9,16	1,29

De acordo com os dados expostos nas tabelas de 1 a 5, todos valores apresentaram em alguma porção de sua hidrografia anormalidades morfoestruturais, porém os que se mantiveram com maior expressividades levando em conta não sua intensidade mas, sim pela presença anômala em todo curso do rio, foram o Riacho Riachinho e o afluente localizado na margem esquerda do Rio Gramame, ambos apresentaram diferentemente das outras drenagens escolhidas em todo seu percurso fluvial anormalidades, ambos de padrão retilíneos com a ausência ou pouca ocorrência de afluentes em suas margens (Mapa 06 p 50).

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho trouxe à lume dados que podem ser utilizados para diversas intervenções ocorridas ou que ocorrerão na área estudada, apesar de as delimitações que compreende a carta Conde na escala de 1:25.000 serem um pouco desatualizadas contendo até uma intervenção antrópica no caso da Bacia do Rio Gramame onde foi barrado, não influenciou no objetivo da pesquisa, visto que para o período de tempo geológico décadas significam ínfimos períodos.

A aplicação do índice RDE junto com a análise dos modelos temáticos confirmou a influência neotectônica local, todos os cursos escolhidos para aplicação do índice apresentaram em alguma parte de seu curso fluvial alguma anomalia comprovando assim que o relevo brasileiro não está estagnado em seu aspecto tectônico, o que corrobora para importância do uso morfométrico para estudos de deformações tectônicas.

A tecnologia é um advento que deve ser usado de maneira consciente, pois grande parte do conhecimento contemporâneo se deu a partir de sucessões tecnológicas, o auxílio da geotecnologia foi essencial para o desenvolvimento do trabalho, visto que a aplicação dos índices morfométricos e os modelos temáticos só foram possíveis através do processo de vetorização e interpolação de valores numéricos.

O resultado da pesquisa, expôs a importância de se conhecer os aspectos físico-ambiental em que a relação homem e o meio natural acontece, sugerindo uma convivência harmônica para que assim, possa haver um equilíbrio sustentável garantindo o direito de propagação de gerações futuras.

Espera-se que tais estudos geomorfológicos e tectônicos possam ter continuidade, visto que ainda há muito que relatar sobre a tectônica do estado da Paraíba.

## 7 REFERÊNCIAS

AB'SÁBER, A. N. **A Geomorfologia no Brasil**. Notícia Geomorfológica, Campinas, n. 2, 1958, p. 1-30,

AESA – AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DA PARAÍBA, **Caracterização do Solo**. Disponível em: <[http://www.aesa.pb.gov.br/perh/relatorio\\_final/Capitulo%202/pdf/2.11%20-%20CaracSolo.pdf](http://www.aesa.pb.gov.br/perh/relatorio_final/Capitulo%202/pdf/2.11%20-%20CaracSolo.pdf)> Acesso em: 05 de junho de 2014

ALHEIROS M.M. et al. Sistemas deposicionais na Formação Barreiras no Nordeste oriental. In: Congr. Bras. Geol. Belém, 1988, 35. **Anais...**, Belém, 1988. SBG. v.2: p.753-760.

ALHEIROS, M. M. et al. Definição da Formação Beberibe na faixa Recife-João Pessoa. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 15., Natal, 1993. **Atas...** Natal: SBG, 1993. v. 13, p. 51-54.

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

ARAI, M. A grande elevação eustática do Mioceno: a verdadeira origem do Grupo Barreiras. In: **Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário**. São Paulo, 2005.

ASMUS, H. E. Controle estrutural da deposição mesozoica nas Bacias da margem continental brasileira. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, 1975. v. 5, 3, p.162-175.

BARBOSA, M. E. F. et al. Aplicação do índice Relação Declividade-Extensão na Bacia hidrográfica do rio Gurujá para detecção de deformações neotectônicas sobre os sedimentos do Grupo Barreiras, litoral sul do estado da Paraíba, Brasil. **Geología Colombiana**, 2011. vol. 36 No. 1 - Edición Especial - ISSN 0072-0992.

BARBOSA, J.A; LIMA FILHO, M.F. Aspectos Estruturais e Estratigráficos da Faixa Costeira Recife- Natal: observações em dados de poços. **Boletim de Geociências da Petrobras**. 2006. 14 (2): 287-306.

BARBOSA, J. A. et al. Estratigrafia da Bacia Paraíba: uma reconsideração. **Estudos Geológicos**, 2004. v. 13, p. 89-198.

BEURLIN, K. Estratigrafia da faixa sedimentar costeira Recife-João Pessoa. **Boletim, da Sociedade Brasileira de Geologia**, 1967 v. 16, n. 1, p. 43-53.

BEZERRA, F.H.R.; VITA-FINZI, C. How active is a passive margin? Paleoseismicity in northeastern Brazil. **Geology**, v.28, p. 590 – 594, 2000.

BRITO NEVES, B. B. et al. Novos Dados Geológicos e Geofísicos para a Caracterização Geométrica e estratigráfica da Sub-bacia de Alhandra (Sudeste da Paraíba). **Geologia USP - Série Científica**, 2009. v. 9, p. 63-87.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia** – 2ª ed. **Geomorfologia**. São Paulo, 1980: Edgard Blücher/EDUSP.

CIENTEC - CONSULTORIA E DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS. **Classe de Solo: Podzol e Podzol Hidromórfico**. Disponível em: <[http://www.cientec.net/cientec/InformacoesTecnicas\\_Irriga/Solo\\_PrincClasses\\_28.asp](http://www.cientec.net/cientec/InformacoesTecnicas_Irriga/Solo_PrincClasses_28.asp)> Acesso em: 05 de junho de 2014.

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

DA SILVA, L. M. T.; GUIMARÃES, M. M. M.; JÁCOME, E. D. A.; MARQUES, A. C. N. Uso e Ocupação do Litoral Sul da Paraíba: O Caso de Jacarapé. 2010. João Pessoa **Cadernos do LOGEPA**, 2(1).

DA SILVA, V. D. P.; CAVALCANTI, E. P.; DO NASCIMENTO, M. G.; CAMPOS, J. H. B. D. C. Análises da precipitação pluvial no Est pluvial no Estado da Paraíba com base na teoria da entropia. 2003. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7(2), p. 269-274.

DE LIMA, V. F. **Caracterização Geomorfológica e Tectônica da Folha Rio Mamuaba 1:25.000**. Trabalho de conclusão (Graduação) - Departamento de Geociências, 2014. CCEN, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Solos do Nordeste**.1972. Disponível em <http://www.uep.cnps.embrapa.br/solos/index.php?link=pb>> Acesso em: 10 de junho de 2014.

FUNCEME – FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS. **Podzólicos vermelho-amarelos**. Disponível em:<<http://www.funceme.br/index.php/areas/meio-ambiente/solos/99>> Acesso em: 08 de junho de 2014.

FURRIER, M; ARAÚJO, M. E.; MENESES, L. F. Geomorfologia e tectônica da Formação Barreiras no Estado da Paraíba. **Geologia USP – Série Científica**, 2006. v. 6, p. 61/2-70.

FURRIER, M. **Caracterização Geomorfológica e do meio físico da Folha João Pessoa – 1:100.000**. 2007. 213f. Tese (Doutorado) – Departamento de Geografia, FFLCH. Universidade de São Paulo, São Paulo. 2007

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Ed: Bertrand Brasil. 11ª Ed: Rio de Janeiro. 2010.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. **Novo dicionário Geológico-Geomorfológico**. Ed: 6. Bertrand Brasil – Rio de Janeiro, 2008.

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, 1993. SBG / Núcleo Nordeste. v.1., p. 46-48.

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

HASUI, Y. Neotectônica e Aspectos Fundamentais da Tectônica Ressurgente no Brasil. SBG/MG. **Workshop sobre Neotectônica e Sedimentação Cenozoica Continental no Sudeste Brasileiro**, Belo Horizonte, 1990. v 1: 5-31.

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

IBF – INSTITUTO BRASILEIRO DE FLORESTAS. **Bioma Mata Atlântica**. Disponível em: <<http://www.ibflorestas.org.br/bioma-mata-atlantica.html>> Acesso em: 25 de maio de 2014.

INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Tempo e Clima**. Disponível em: <[http://www.inmet.gov.br/html/informacoes/curiosidade/tempo\\_clima.html](http://www.inmet.gov.br/html/informacoes/curiosidade/tempo_clima.html)> Acesso em 09 de maio de 2014.

INDE – INFRAESTRUTURA NACIONAL DE DADOS ESPACIAIS. **Normas e padrões. Caracterização do Sistema Geodésico Brasileiro**. Disponível em: <[http://www.inde.gov.br/images/inde/rpr\\_01\\_25fev2005.pdf](http://www.inde.gov.br/images/inde/rpr_01_25fev2005.pdf)>. Acesso em: 25 de maio de 2014.

KEGEL, Wilhelm. Um novo membro fóssil da Formação Itamaracá (Cretáceo Superior), Pernambuco. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, 1955. v. 29, p. 373-375.

MABESOONE, J. M. ALHEIROS, M. M. Origem da Bacia sedimentar costeira Pernambuco-Paraíba. **Revista Brasileira de Geociências**, 1988. v. 18, n. 4.

MABESOONE, J. M. Histórico. **Estudos Geológicos**. Série B, 1991. v. 10, p. 11-20.

MABESOONE, J. M.. *Sedimentary basins of northeast Brazil*. UFPE/CT/DG, Recife, 1994.

MARINHO, Eduardo Galliza do Amaral. **Condições termo-pluviométricas do município de João Pessoa**. João Pessoa, 1985. 48 f. Monografia (Bacharelado em Geografia) - Centro de Ciências Exatas e da Natureza, Universidade Federal da Paraíba.

MARINHO, Eduardo Galliza do Amaral. Desenvolvimento e natureza da Geomorfologia. **Cadernos IG / UNICAMP**, Campinas, v. 5, n. 1, p. 9-21, jun. 1995. ISSN 0103-6734. Periódico publicado pelo Instituto de Geociências da Universidade de Campinas - UNICAMP.

MARINHO, Eduardo Galliza do Amaral. **Geomorfologia da Área de Proteção Ambiental da Barra do Rio Mamanguape e Adjacências, no Estado da Paraíba**: Subsídios ao Zoneamento Geo-Ambiental. João Pessoa, 2002. 194 f. Dissertação. (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente - Área de Concentração: Habitat Urbano e Meio Ambiente - Subárea: Gerenciamento Ambiental) - Programa Regional de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente - Subprograma Universidade Federal da Paraíba / Universidade Estadual da Paraíba.

MARINHO, Eduardo Galliza do Amaral. **Bases Geológicas e Geomorfológicas das Organizações Espaciais no Município de João Pessoa (PB)**. Recife, 2011. 318 f. Tese. (Doutorado em Geociências, Área de Concentração em Geologia Sedimentar e Ambiental) - Programa de Pós Graduação em Geociências do Centro de Tecnologia e Geociências (Escola de Engenharia de Pernambuco) da Universidade Federal de Pernambuco.

MATOS, R. M. D. The Northeast Brazilian Rift System. **Tectonics**, 1992. v. 11, n. 4.

MIOTO, R.C.T.; LIMA, T.C.S. de. Procedimentos metodológicos na construção do conhecimento científico: a pesquisa bibliográfica. **Rev. Katál**. Florianópolis, 2007. v. 10 n. esp. p. 37-45.

MELO, A. S. T. de. **Paraíba**: desenvolvimento econômico e a questão ambiental. João Pessoa: Editora Grafset, 2003.

MENDONÇA, I. F.C; LOMBARDI NETO, F.; VIÉGAS, R. A. Classificação da capacidade de uso das terras da Microbacia do Riacho Una. Sapé, PB, 2006. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, 10.4: 888-895.

NÓBREGA, W. R. **Caracterização morfológica e morfotectônica do gráben do Rio Mamanguape e adjacências, borda oriental do estado da Paraíba**. Trabalho de conclusão (Graduação) - Departamento de Geociências, CCEN, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2013.

PARAÍBA. Governo do Estado. Secretaria da Educação. **Atlas geográfico do Estado da Paraíba**. João Pessoa, 1985. Grafset,.

PENTEADO M. M. **Fundamentos de geomorfologia**. FIBGE, Rio de Janeiro, 1974. 186p.

RICCOMINI, C.; ALMEIDA, R. P. GIANNINI, P. C. F. MANCINI, F. Processos fluviais e lacustres e seus registros. In: **Decifrando a terra**. Ed: Companhia Editora Nacional, São Paulo, 2009. Pg. 306 – 333.

ROACH, B. **The rules of rivers**. ProFantasy's Map-making Journal, out. 2012. Disponível em: <<http://www.profantasy.com/rpgmaps/?p=2017>>. Acesso em: 10 de jan. 2014.

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

ROSS, J. L. S. - O registro cartográfico dos fatos Geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do Departamento de Geografia/FFLCH/USP**, São Paulo, 1992. n. 6, 17-29.

ROSSETTI, D. F. et al. Contribution to the stratigraphy of the onshore Paraíba Basin, Brazil. Acad. Bras. Ciênc. **Anais...**, Rio de Janeiro, 2012. v.84 n.2

SAADI, A. Neotectônica da Plataforma Brasileira: esboço e interpretação preliminares Geonomos. **Revista de Geociências da UFMG**, Belo Horizonte, 1993. v. 1, n. 1: 1-15.

SEEBER, L.; GORNITZ, V. River profiles along the Himalayan arc as indicators of active tectonics. *Tectonophysics*, Amsterdam, 1983. v. 92: 335-367.

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**, 2013. v. 10, n. 1, p. 23-33.

SOARES, P. C.; FIORI, A. P. Lógica e sistemática na análise e interpretação de fotografias aéreas em geologia. **Notícia Geomorfológica**, 1976. v. 16, n. 32, p 71-100.

SOUZA, E.M et al. Espectrometria gama e estratigrafia do horizonte fosfático (Formação Itamaracá) na Bacia Paraíba em Paulista - PE. **Estudos Geológicos**, Recife, 2002. v. 12, p. 13-23,. (Série B - Estudos e Pesquisas). ISSN 0080-0244. Periódico publicado pelo Departamento de Geologia do Centro de Tecnologia e Geociências (Escola de Engenharia de Pernambuco) da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE.

SOUZA, E. M; LIMA FILHO, M. Marco estratigráfico nos arenitos calcíferos (Formação Itamaraca) do Campaniano da bacia Paraíba à luz da estratigrafia de seqüências. **Revista de Geologia**, 2005. Vol. 18, nº 1, 61-68.

SOUZA, D. H. de.; HACKSPACHER, P.C.; TIRITAN, C. D.; RIBEIRO, L.F. B.; CAMPANI, M. M. Aplicação de análise morfométrica – Relação declividade VS. Extensão e perfil longitudinal das drenagens – na Bacia do Ribeirão das Antas para detecção de deformações neotectônicas no planalto de Poços de Caldas. **Revista de Geografia**. Recife, 2010. Vol. 27, Nº 1.Esp.

SUDENE - SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE. **Carta Conde SB.25-Y-C-III-3-NO**, Recife, 1974.

SUGUIO, K.; BARCELOS, J. H. Significado Paleoambiental de estrutura “Boudinóide” e outras feições presentes na seção-tipo da formação Santo Anastácio do grupo Baurú, estado de São Paulo. São Paulo – 1983 Bol. IG, **Instituto de Geociências**, USP, V, 14:49 – 54.

SUGUIO, K.; BIDEGAIN, J. C.; MORNER, N. A. Dados preliminares sobre idades paleomagnéticas do Grupo Barreiras e da Formação. São Paulo, 1986. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 16, n. 2, p.171 – 175.

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

SUGUIO, K. **Geologia do Quaternário e mudanças ambientais: (passado + presente = futuro?)**. São Paulo, 1999. Paulo's Comunicação e Artes Gráficas.

SUGUIO, K. **Formação Baurú: calcários e sedimentos detríticos associados**. Tese de Livre Docência. Inst. De Geociência, USP, 1973. 2 vol., 236 p.

SUGUIO, K. **Introdução à sedimentologia**. São Paulo, 1973. Edgard Blücher. 317p.

TÁVORA, V. A.; MIRANDA, M. C. C. Sistemática e Tafonomia de uma fâunula de crustáceos decápodes da Formação Maria Farinha (Paleoceno). Estado de Pernambuco, Brasil. **Revista Brasileira de Paleontologia**, 2004. 7.1: 45-52.