

# MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO E ÍNDICE TOPOGRÁFICO-ÚMIDO DA BACIA DO ALTO CURSO DO RIO PARAÍBA

---

André Victor Barcia Duarte Furtado  
Universidade Federal da Paraíba

## Resumo

A partir do entendimento da paisagem em geossistemas, visão que compreende os fenômenos naturais como diversas variáveis que irão compor uma totalidade, que serão vistas através de níveis escalares, ao tamanho da área estudada (escala geográfica), tempo e entrada e saída de energia. As bacias hidrográficas, analisadas como um sistema ambiental, apresentam uma série de influências em seus fatores ambientais, como a relação dos elementos bióticos e abióticos, determinando também, as formas de ocupação humana sobre os elementos da paisagem. A bacia hidrográfica, pelas variáveis que a estão em seu interior, poderá ser considerada um recorte, demarcando-se limites entre tais fenômenos, inclusive em categorias de zoneamento ambiental. O zoneamento ambiental é visto como uma forma de se planejar os recursos encontrados no espaço geográfico, trazendo eficiência em seu uso e isso variará de acordo com a hierarquia da legislação, observando os elementos heterogêneos da paisagem. O trabalho seguirá fazendo um “zoneamento”, a partir do recorte da bacia do Alto Paraíba, inclusa em um cenário de semiaridez, apresentando uma área de baixos índices pluviométricos, temperaturas que oscilam entre os 25° e 29° e, teoricamente, uma baixa retenção de umidade na paisagem, associados a um solo de predominância de pediplanos. Realizou-se a elaboração de um mapeamento temático da geomorfologia, aplicando as diretrizes hierárquicas do IBGE (2009), e buscou-se realizar um mapeamento temáticos que retratasse o índice topográfico-úmido. O mapa geomorfológico cristas simétricas, num total de quatro unidades geomorfológicas, encontrou-se um total de 8 inselbergues, 1 crista assimétrica, 4 cristas simétricas, 1 pontão, 11 topos dissecados e 1 topo plano, sendo a maior parte da área da Bacia compreendida como um pedimento. Após as referências bibliográficas, foi indexado um mapa geomorfológico em A3, para uma melhor visualização.

**Palavras-chave:** Mapeamento; Geomorfologia; Rio Paraíba; Índice Topográfico-úmido.

# GEOMORFOLOGICAL MAPPING AND TOPOGRAFICAL-WETNESS INDEX OF THE UPPER-BASIN OF PARAÍBA RIVER

---

## Abstract

Starting about understanding the landscape in geosystems, for viewing that understands the natural phenomena as diverse variables that will compose a totality, that will be seen through scalar levels, to the size of the studied area (geographic scale), time and entrance and exit of energy. The hydrographic basins, analyzed as an environmental system, present a series of influences on their environmental factors, such as the relation of the biotic and abiotic elements, determining also the forms of human occupation on the elements of the landscape. The hydrographic basin, by the variables that are within it, can be considered a cut, marking the boundaries between such phenomena, included in environmental zoning categories. Environmental zoning is seen as a way of planning the resources found in the geographic space, bringing efficiency to its use and this will vary according to the hierarchy of the legislation, observing the heterogeneous elements of the landscape. The work will continue to "zoning", from the Alto Paraíba basin cutout, included in a semiarid scenario, presenting an area of low rainfall, temperatures ranging from 25 ° to 29 ° and theoretically a low retention of humidity in the landscape, associated to a soil of predominance of pediplanos. A thematic mapping of geomorphology was carried out, applying the hierarchical guidelines of IBGE (2009), and a thematic mapping was carried out that portrayed the topographic-wet index. The geomorphological map of the symmetrical ridges, in a total of four geomorphological units, found a total of 8 inselbergues, 1 asymmetric crest, 4 symmetrical crests, 1 pontoon, 11 dissected tops and 1 flat top, most of the area of the Basin being comprised like a pediment. After the bibliographical references, a geomorphological map was indexed in A3, for a better visualization.

**Keywords:** Mapping; Geomorphology; Paraíba River; Topografical-wetness index.

## INTRODUÇÃO

A compreensão dos fenômenos e recursos ambientais físicos, que estão dispostos no semiárido brasileiro é de extrema importância para um destino eficiente dos recursos que são encontrados nessa região, o que afeta diretamente a qualidade de vida das populações locais, que são carentes de manejo territorial, investimentos estatais e privados. A Academia, em conjunto com os órgãos estatais, deverão ser capazes, primeiramente, de suprir tais lacunas de informação.

Visando preencher essas lacunas de conhecimento sobre o relevo da região semiárida paraibana, em especial, a região do Cariri paraibano (uma área que de recursos hídricos em sua paisagem, ficando a sotavento do Planalto da Borborema e com predomínio de relevo cristalino), que apresenta, segundo dados do IBGE, detém aproximadamente 130 mil habitantes e cidades de importância local (como o município de Monteiro), que exercem uma grande pressão sobre os recursos hídricos. Tendo em vista as dinâmicas encontradas sobre os recursos hídricos, este trabalho “recortará” o espaço geográfico e o analisará como uma “bacia hidrográfica”.

A bacia hidrográfica é definida por Camargo (2002) como um corpo hídrico principal e seus afluentes que drenará uma porção de terra. Este conceito é necessário para a compreensão do principal “sujeito” que será discutido nesse trabalho: a Bacia do alto curso do Rio Paraíba. O conceito de bacia hidrográfica será visto como um sistema ambiental físico

Esse trabalho tem o dever de contribuir com os conhecimentos gerados sobre o semiárido brasileiro, podendo ser utilizado na realização de outros estudos e modelos. A Bacia do Alto Paraíba foi selecionada, devido a sua localização no Cariri paraibano, sendo essa uma rede hidrográfica intermitente apresentando fluxo durante o período chuvoso. A compreensão geomorfológica sobre a bacia do Alto Paraíba poderá auxiliar o planejamento dos diversos recursos a serem encontrados naquela área. A escolha por trabalhar a partir de uma bacia hidrográfica dá-se por ela ser conceituadas como sistemas abertos, devido a uma grande diversidade de variáveis contidas, que podem atuar nessa localidade.

Foi escolhido o semiárido brasileiro para a realização desse estudo devido a uma necessidade de discussão e compreensão sobre tal região, tentando gerar uma contribuição para um melhor entendimento da paisagem semiárida a partir do mapeamento geomorfológico.

Por motivos de organização, optou-se por dividir os elementos teóricos que fundamentam esse artigo em tópicos, sendo eles: o sistema geomorfológico, a geomorfologia do semiárido, o mapeamento geomorfológico, unidades de paisagem e mapeamento geomorfológico e Índice topográfico-úmido.

## Sistema geomorfológico

A ciência geomorfológica, responsável por estudar as formas de relevo e os processos responsáveis por sua formação, buscando compreender o que ocorreu no passado, o que está ocorrendo no momento presente e que poderá ocorrer no futuro, a partir dos elementos endógenos e exógenos (CASSETI, 1994). A Geomorfologia apresenta correntes teórico-metodológicas que se adequarão de acordo com o período temporal e necessidades encontradas nas suas respectivas áreas de estudo, como em terras úmidas e secas. Antônio Christofoletti (1980 p. 160 a p. 171) traz, de forma breve, um diálogo entre as principais teorias geomorfológicas, que serão apresentadas a seguir:

As teorias geomorfológicas, havendo entre elas, apresentando diferenças questões temporais, dos principais teóricos que pautam tal ciência. Para haver uma contextualização histórica, do arcabouço teórico de tal ciência, no princípio, durante o século XIX com geólogos ingleses. Sendo a primeira teoria adotada os conceitos de Davis sobre os ciclos geográfico (voltada para ambientes temperados úmidos).

A teoria do ciclo geográfico aborda que o modelado terrestre apresentará três fases evolutivas, distintas, sendo elas: a fase de juventude, maturidade e senilidade. A fase de *juventude* é caracterizada por um movimento tectônico repentino, que soerguerá uma área aplainada, modificando assim, o curso dos rios (e suas drenagens). Devido a alteração da drenagem, os leitos fluviais sofrerão intensos processos erosivos, modificando todos os processos deposicionais. A fase de *maturidade* se caracteriza pelo desenvolvimento pleno da drenagem e das forças atuantes, os perfis longitudinais dos rios são regularizados as partes com maior declividade acabam por se desfazer, terá um entalhamento mais lerdo. A fase de *senilidade* é caracterizada por um ritmo lento no rebaixamento das vertentes, aniquilando totalmente os desníveis da superfície que estão acima do nível de base no final do ciclo evolutivo. Resquícios de rochas mais duras, que estão dispostas desde o início do ciclo, servirão como “testemunho”. A seguir, será abordado sobre o modelo de pedimentação e pediplanação.

O modelo evolutivo do relevo denominado pedimentação e pediplanação se assemelhará a teoria do ciclo geográfico, se diferenciando a partir de do seu conceito sobre os níveis de base. Nesse modelo evolutivo, também é conceituado a partir das fases de *juventude*, *maturidade* e *senilidade*. A próxima teoria, e mais relevante para este estudo é a do *equilíbrio dinâmico*, encaixando os sistemas geomorfológicos na teoria geral dos sistemas.

A teoria do equilíbrio dinâmico compreende o modelado terrestre como um sistema ambiental aberto, que sempre necessita de entrada e saída constante de energia e matéria com

os outros sistemas ambientais que estão no mesmo universo. Todos os sistemas ambientais tentarão chegar a um estado de equilíbrio permanente, o que acarretará em uma constante alteração nos elementos dispostos na paisagem (CHRISTOFOLETTI, 1980 p.168).

De acordo com Phillips (2012) os sistemas geomorfológicos apresentam, diversos níveis escalares que compõem o seu funcionamento, estando dividido em subsistemas e havendo uma sincronia entre todos os seus elementos e operando em diversos níveis escalares. Os sistemas geomorfológicos apresentaram, também, sincronia entre seus níveis escalares e acabam por operar de forma unitária. Como pode ser observado, os diversos sistemas geomorfológicos operam de forma holística, com todas as suas variáveis sendo estudadas de forma unitária.

Após ocorrerem diversos debates interdisciplinares na Geomorfologia, melhorou-se a compreensão sobre como se integrar elementos geológicos, climáticos, pedológicos e sobre o uso e ocupação. Os estudos na geomorfologia contribuem para o entendimento das estruturas da paisagem e suas dinâmicas (SILVA, 2000 – GEOMORFOLOGIA TEORIA I).

Para a Geografia Física, as unidades da paisagem são um elemento fundamental, auxiliando na compreensão dos elementos ambientais, havendo variações entre os conceitos de Bertrand (1992) e Sotchava (1977) (apud VASCONCELOS, 2016) para os geossistemas. Sobre a organização holística dos sistemas ambientais, discutem os autores, respectivamente, um abordando sobre as características homogêneas que compõem as unidades de paisagem e outro discutindo sobre os principais conceitos que correspondem a formação de um sistema ambiental físico, sendo também incluso às variáveis de fatores antrópicos que resultarão em alterações do sistema.

### **Características gerais de uma região semiárida e o Semiárido Paraibano**

As “terras secas”, vulgarmente designando localidades que apresentam baixos índices de umidade na sua paisagem geográfica, sendo caracterizados por áreas desérticas, semidesérticas, áridas, semiáridas. “Terras Secas” variarão, em aspectos gerais, de acordo com elementos como a latitude, altitude e temperatura (TOOTH, 2000). Nas “terras secas” comumente são encontrados rios intermitentes.

Desta maneira, o continente sul-americano apresentará três regiões semiáridas dispersas: no Nordeste Brasileiro, no Cone-Sul, entre a Argentina, Chile e Equador outra no extremo norte do continente, na Venezuela (AB' SÁBER, 1980). Essas regiões semiáridas, no Nordeste brasileiro, podem ser caracterizadas, de maneiras gerais, respectivamente: estar localizada em uma região interplanáltica, disposta entre o planalto da Borborema e a bacia do Parnaíba.

O semiárido brasileiro representa uma área de aproximadamente 10% do território brasileiro, estando localizado na porção nordeste da América Latina, com um índice de chuvas de aproximadamente 400 a 800mm de chuvas anuais com precipitações pouco regulares, havendo temperaturas médias 25° a 29°, apresentando uma drenagem voltada inteiramente para o oceano Atlântico Sul, abaixo da linha do equador. Tal região entra na classificação de semiárido devida a sua longa estação seca e pela intermitência de seus rios, convergindo para o Oceano Atlântico sul (AB' SÁBER, 1980). Neste artigo, o principal cenário estudado será o semiárido paraibano.

No estado da Paraíba, os índices pluviométricos têm diferenças abruptas, quando se compara a parte litorânea com as localidades situadas em seu interior, que não sofrem influência dos fenômenos da maritimidade. Na zona central do Estado, encontramos o vale do Rio do Rio Paraíba (NIMER, 1979). No Vale do Rio Paraíba é possível se encontrar a depressão de Cabaceiras, caracterizada por ser uma área que apresenta um índice pluviométrico de 200mm.

### **Mapeamento Geomorfológico e Índice topográfico-úmido**

O mapeamento geomorfológico é definido como uma representação da interação dos elementos ambientais encontrados na paisagem geográfica. Discute os elementos ligados aos solos e rochas, tendo como variáveis em seus níveis hierárquicos, as escalas temporo-espaciais. Através de tal forma de mapeamento, é possível visualizar a distribuição das formas de relevo na superfície (LIMA, 2014). Assim sendo, é necessário para um manejo eficiente dos recursos hídricos de uma localidade, principalmente, em uma área que carece de tais recursos, como a área a ser estudada: a bacia do Alto Paraíba.

O mapeamento geomorfológico brasileiro iniciou-se com a vinda de professores estrangeiros que começaram a lecionar no país. O primeiro mapeamento geomorfológico a ser amplamente aceito data da década de 1940, realizado pelo professor Aroldo de Azevedo, que considerava as grandes e principais formas de relevo brasileiro, os planaltos, planícies e depressões.

O projeto RADAMBRASIL foi responsável por padronizar os estudos sobre cartografia geomorfológica em território nacional, a partir do ano de 1971. Anteriormente ao RADAMBRASIL, os estudos da geomorfologia brasileira foram realizados a partir vinda de professores estrangeiros ao país, durante o governo de Getúlio Vargas.

Um dos principais responsáveis pelos estudos sobre os fenômenos geomorfológicos brasileiros é Ab'Saber, que foi capaz de caracterizar os grandes biomas brasileiros. Os principais estudos realizados por Ab'Saber buscaram descrever os aspectos naturais e humanos

dos biomas brasileiros, estando presente na obra “Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas”. Há, também, outros autores que apresentaram uma grande contribuição para a geomorfologia brasileira, como Antonio Christofolletti em sua obra “Geomorfologia”, onde se discutiu sobre os principais processos gerais da geomorfologia, usando-se de uma visão sistêmica. O trabalho realizado pelos autores “clássicos” da geomorfologia brasileira contribui para o arcabouço teórico presente nos regulamentos de órgãos estatais, como o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

O IBGE vem realizando diversos trabalhos que são capazes de caracterizar o território brasileiro e estabelecer diretrizes para a realização de trabalhos acadêmicos de terceiros. Os manuais técnicos de Geologia e Geomorfologia, diversos tipos de mapeamentos territoriais e índices estatísticos (socioeconômicos e ambientais) se mostram como os principais produtos do IBGE. O principal regulamento que pautará esse trabalho é o Manual Técnico de Geomorfologia, publicado no ano de 2009.

Pelas diretrizes do IBGE, o estudo das áreas é feito a partir de “recortes cartográficos”, seguindo a Carta Internacional ao Milionésimo (apresenta uma carta com escala de 1:1.000.000, sendo essa, subdividida em cartas com escalas de 1:500.000, 1:250.000, 1:100.000, 1:50.000 e 1:25.000).

O Manual Técnico de Geomorfologia do IBGE (2009) define que para um mapeamento geomorfológico ideal, deve-se seguir determinados procedimentos, primeiramente, a acumulação de uma bibliografia sobre a área a ser estudada, envolvendo a mesma com os documentos cartográficos e imagens do local, interpretação temática, envolvendo a análise da drenagem do local, usando-se de uma escala que possa representar o local estudado, tais conhecimentos sobre o podem ser compreendidos como o “modelado”. Ao mesmo tempo, tem-se a preocupação na compreensão da escala, sendo essa variável de acordo com tamanho da área a ser estudada, sendo assim, isso irá impactar diretamente também na compreensão do tempo que tal fenômeno ocorrerá, na escala cartográfica e geográfica também segue a um “raciocínio” semelhante, como definido por Marques e Galo (2014). Estando a quantidade de detalhamento e tamanho da escala algo inversamente proporcional as escalas de tempo. A regulamentação do IBGE (2009) consistirá em uma divisão dos compartimentos geomorfológicos em unidades que apresentarão as mesmas características.

Os índices topográficos-úmidos, (Topographic Wetness Index), compreendem uma “simulação” da dinâmica de transporte de sedimentos e umidade, que estão dispostos em uma paisagem geográfica. O cálculo de TWI considera dados da declividade do terreno, interpolando-se com dados sobre a direção dos canais fluviais, o que gerará, após o cálculo, um

modelo onde apresenta os principais pontos de acúmulo de sedimentos e principais índices úmidos, presentes na paisagem. Para a compreensão da área estudada, será analisado dados referentes ao TWI (Topographic Wetness Index), sendo tal conceito desenvolvido por Kirkby, 1979, definindo a função  $a/\tan\beta$  (SORENSEN et al, traduzido de 2006). Sorensen et al (2006) define essa função como sendo: Onde a área local ascendente que drena através de um certo ponto por unidade de comprimento de contorno e  $\tan\beta$  é a inclinação local.”

Encontra-se a possibilidade de trabalhar havendo ênfase na retenção de água e sedimentos na bacia, possibilitando mensurar tais dados quantitativamente, buscando áreas homogêneas. Cavalli (2012) discute sobre as principais formas de como se realizam os processos de compreensão dos dados quantitativos obtidos de uma determinada área, sendo verificada a partir do acompanhamento dos movimentos realizados pelos sedimentos de uma determinada área, tais variáveis para a abstração da conectividade da paisagem são verificadas a partir elementos também relacionados a topografia da área.

O conceito de “conectividade da paisagem” pode ser entendido como a interação dos elementos (sedimentos e energia) presentes nas diversas seções encontradas na paisagem, levando-se em consideração as suas respectivas escalas espaciais. A forma como esses elementos interagem irá controlar diretamente o progresso dos ambientes fluviais (SOUZA, 2014). Ao se compreender o conceito de conectividade da paisagem, é possível elaborar modelos digitais que simulem esses processos.

Os índices de conectividade da paisagem Cavalli (traduzido de 2013, p.31) abordam os procedimentos necessários para a elaboração dos modelos de conectividade da paisagem, em:

“Na estimativa da conectividade dos sedimentos, consideramos dois aspectos: (i) a distribuição de sedimentos através de todo o sistema de drenagem (isto é, a ligação potencial dos sedimentos entre as colinas e as saídas de captação) e (ii) o acoplamento de sedimentos. A escolha da modelagem destes dois aspectos decorre da necessidade de abordar duas questões principais de gestão de sedimentos: (i) qual é a probabilidade de que o sedimento de uma determinada fonte de sedimentos chegue à saída da bacia? (ii) qual é a probabilidade de que o sedimento erodido das colinas alcance a rede de drenagem?”

A partir dessa citação de Cavalli (2013, p.31) pode-se verificar, de forma mais detalhada, sobre os índices de conectividade da paisagem, seguindo algumas variáveis de como o caminho em que o sedimento percorre, do ponto onde ele foi retirado até alcançar a rede de drenagem.

Os compartimentos geomorfológicos também podem ser entendidos como Unidades de Paisagem, consistindo em a paisagem geográfica como produto oriundo de como as interações antrópicas modificando determinada porção do espaço, sempre de acordo com seu período temporal, refletindo assim, as disposições tecnologias atuantes. A formação do Espaço Geográfico se deve também entre a relação entre fenômenos climáticos e geológicos, que irão originar o relevo (VITTE, 2007). É de importância que o profissional responsável pela elaboração de tal mapeamento tenha conhecimentos sobre os fenômenos a serem observados, como variações na vegetação, nas imagens de satélite, devido a vegetação presente no semiárido brasileiro ter variações intensas, em períodos chuvosos (presença de folhas) e nos períodos secos (ausência de folhas).

### **Unidades de Paisagem**

De acordo com o dicionário Aurélio, o significado da palavra *paisagem* é “Extensão de território que se abrange com um lance da vista” e esse significado, de maneiras gerais, também será aplicado para a Geografia. Os conceitos de paisagem, ao longo do tempo histórico, são carregados de significados construídos pela imaginação dos atores sociais e que lhe designa uma função social (VITTE, 2007).

Vitte (2011) discute sobre como se deu a formação de determinados elementos da paisagem, advindo da realização das pinturas renascentistas, que procuravam esboçar o ambiente que as mesmas estavam inseridas. Tem-se as primeiras abordagens sobre o conceito de georelevo, sendo esse advindo de Humbolt, da totalidade harmônica da natureza. A partir da compreensão dos elementos da paisagem, como um resultado dos processos do georelevo, paisagens naturais e variáveis antrópicas. A forma de como a paisagem é enxergada também será importante para a Geografia Física.

A conceituação de paisagem para a Geografia Física é compreendida como sendo algo fundamental para a avaliação dos elementos de do ambiente, observando-se a fisionomia do relevo, sendo esses os elementos responsáveis por indicar dos processos atuantes na paisagem, como por exemplo, relevo, clima, vegetação e etc. Vale ressaltar as principais que até o final do século XIX para a metade do século XX, tem-se o surgimento dos conceitos de geossistema e geocologia, sendo tais conceitos influenciando na forma de como se ver a paisagem.

A partir do uso da visão sistêmica, ocorreu que começou a visualizar a paisagem como havendo características de um “todo”, observando os mais diversos níveis sistêmicos, que irão variar de acordo com a escala, sendo elas formadoras de um conjunto maior (TROPMAIR E GALINA, 2006).

O zoneamento é ambiental se consiste em ser uma forma de se realizar um “inventário” dos recursos ambientais que estão dispostos em uma determinada porção do espaço. Através do planejamento, os recursos do meio ambiente poderão ser utilizados de uma maneira mais eficiente pela população. Para a realização do zoneamento, é necessário que haja o mapeamento da área, com o intuito de se localizarem os elementos heterogêneos encontrados na paisagem, com o intuito de se encontrar as fragilidades, uso e potencialidades do solo que a paisagem possui (BARBOSA, ANDRADE e ALMEIDA, 2009). NEVES et al. Aborda sobre as legislações brasileiras que regulamentam os planejamentos, no Brasil.

Os sistemas ambientais tem a principal característica de dispor de variáveis que os formam, podendo ser caracterizados de acordo como a forma que o mesmo trata a “energia” (input), sendo sistemas isolados, abertos ou fechados, significando respectivamente: um sistema que não troca energia com o ambiente, que trocam energia com o meio circundante e que trocam apenas energia (SALES, 2004). Há também uma divergência escalar, sendo ela temporal ou espacial, variável de acordo com a magnitude do fenômeno a ser estudado.

Os sistemas ambientais apresentam também, níveis de relevância em sua estrutura organizacional sendo necessária um olhar para cada sistema e subsistema, observando sua ordem de atuação. Christofolletti (1990) aborda que as principais fontes de energia nos sistemas ambientais estão ligadas as influências que os mesmos recebem no fornecimento de energia, e dependendo do sistema, se estando ligado a geomorfologia, o mesmo servirá como um agente do modelado. Os sistemas se caracterizam por apresentar o conceito de “holismo”, sendo caracterizado como uma visão que propicia a compreensão do sistema como sendo um “todo”. Os diversos sistemas que encontramos ativos no Planeta Terra apresentam também, níveis de entropia, caso haja processo de degradação do mesmo.

Sendo a variável escalar geográfica vista de acordo com tamanho da área a ser estudada, sendo assim, isso irá impactar diretamente também na compreensão do tempo que tal fenômeno ocorrerá, na escala cartográfica e geográfica também segue a um “raciocínio” semelhante, como definido por Marques e Galo (2014). Sendo a quantidade de detalhamento e tamanho da escala algo inversamente proporcional as escalas de tempo.

A complexidade de um sistema ambiental físico será determinada de acordo com a escala geográfica do fenômeno a ser estudado. Em uma escala geográfica grande, inclui-se uma quantidade de variáveis proporcionais ao tamanho de sua magnitude.

Para a Geografia Física, as unidades da paisagem são um elemento fundamental, auxiliando na compreensão dos elementos ambientais, havendo variações entre os conceitos de Bertrand (1992) e Sotchava (1977) (apud VASCONCELOS, 2016) para os geossistemas. Sobre

a organização holística dos sistemas ambientais, discutem os autores, respectivamente, um abordando sobre as características homogêneas que compõem as unidades de paisagem e outro discutindo sobre os principais conceitos que correspondem a formação de um sistema ambiental físico, sendo também incluso às variáveis de fatores antrópicos que resultarão em alterações do sistema.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

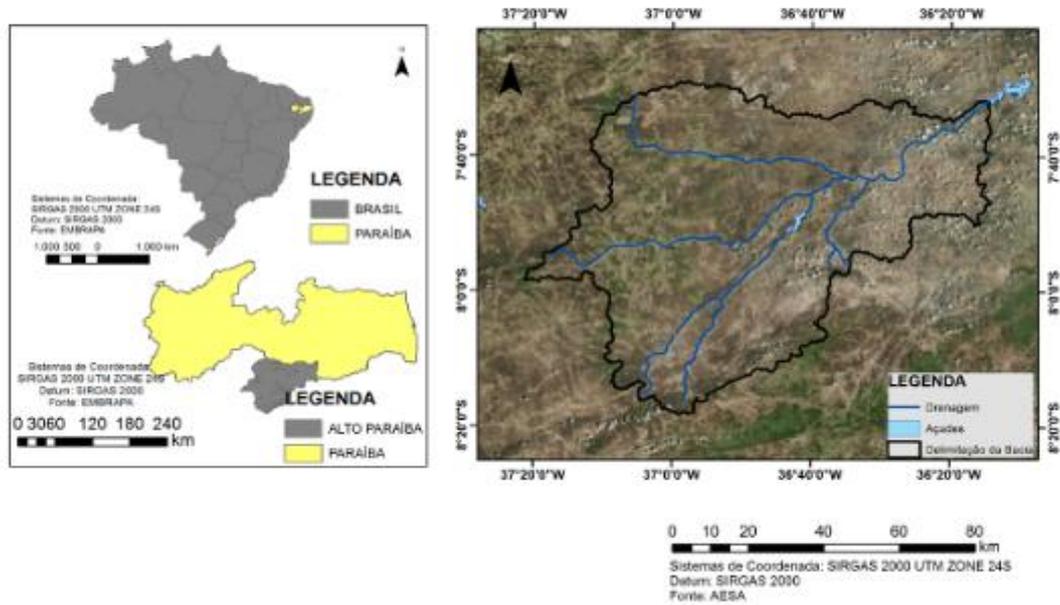
A área escolhida é a bacia hidrográfica do Alto Paraíba, representando uma média de 400mm de chuva anuais, estando a sotavento do Planalto da Borborema, definido por Paraíba (1985) como sendo um complexo gnáissico-migmatítico-granodiorítico caracterizada por conter áreas com as menores taxas de umidade do Brasil, como por exemplo, na cidade de Cabaceiras – PB.

A vegetação encontrada na localidade se inclui no bioma da caatinga e solos da localidade compreendem-se por serem rasos com a rocha matriz exposta. Fez-se o uso dos pressupostos metodológicos da abordagem sobre mapeamento geomorfológico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, o IBGE (2009) e a verificação a partir de imagens SRTM e cartas topográficas do Semiárido Nordeste, bem como a delimitação das principais bacias.

Foi realizada a elaboração do mapa na escala de 1:100.000, considerado assim um mapa geomorfológico de detalhamento, a fim de ressaltar os principais processos e formas que ocorrem em tal espaço. O processamento de dados será realizado a partir do Arcgis 10.2.2, delimitando as principais áreas a serem estudadas e imagens aéreas do Cariri paraibano. A figura 01 mostra a área de localização da Bacia do Alto Paraíba.

**Figura 01:** Mapa de Localização

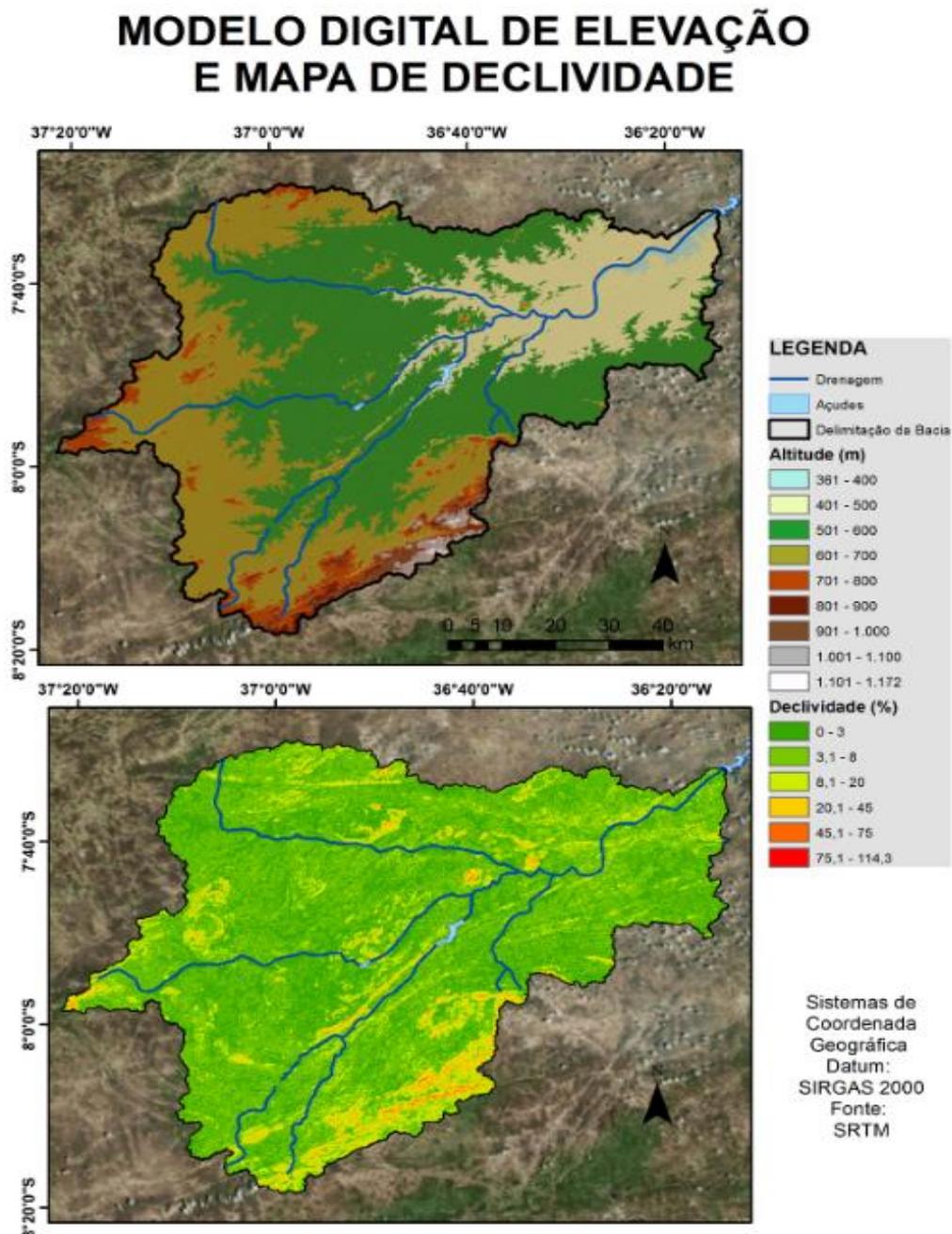
### MAPA DE LOCALIZAÇÃO BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO PARAÍBA



**Fonte:** autor, 2016

Para a realização do mapeamento geomorfológico e do índice topográfico-úmido, são essenciais as variáveis a elaboração das variáveis do modelo digital de elevação (MDE) e do mapa de declividade (SLOPE). A figura 02 expõe essas duas variáveis

**Figura 02:** Mapa de Declividade (em porcentagem) e Modelo Digital de Elevação



Fonte: autor, 2016

O IBGE (2009) define que haja níveis que serão utilizados na classificação dos estudos ligados aos fenômenos geomorfológicos, sendo esses níveis taxonômicos variáveis de acordo com o tamanho da área de estudo. Sendo esses classificados com níveis de 01 a 06. Ross aborda que tais níveis de classificação são fundamentais para se atribuir uma ordem que enfatize o tamanho da área.

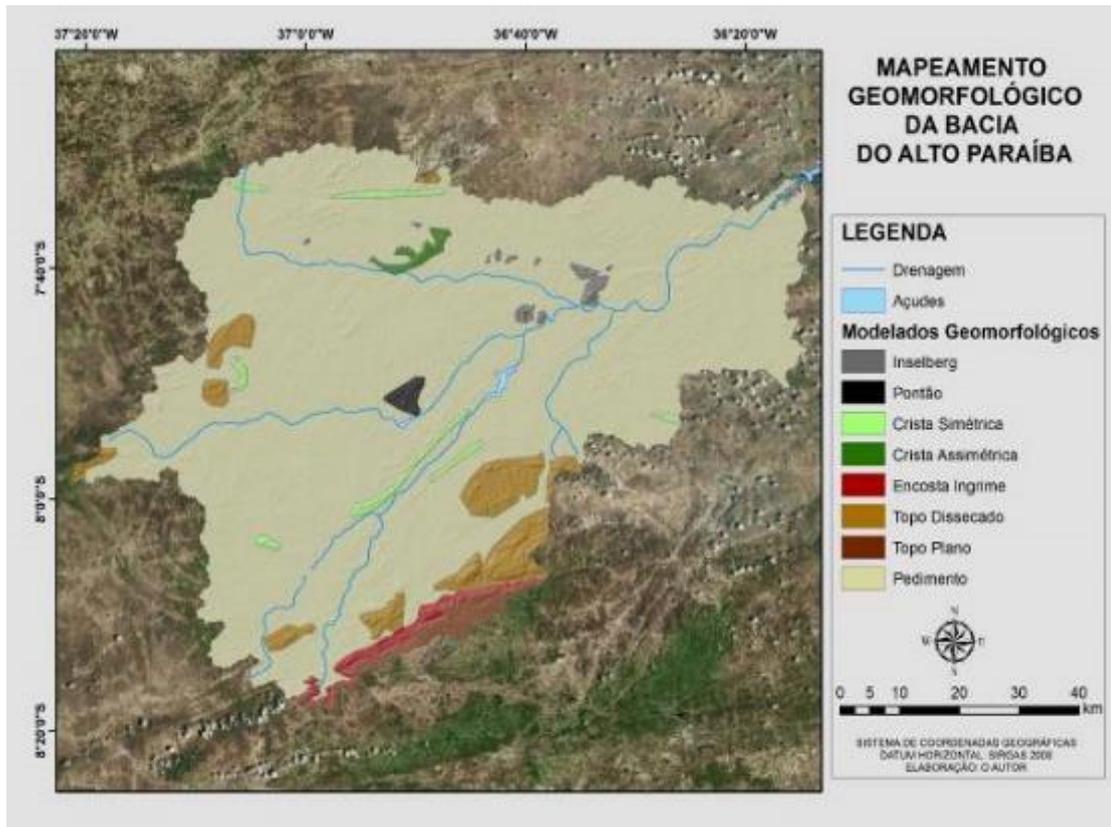
Os táxons escolhidos para serem utilizados neste trabalho, seguindo os regulamentos do IBGE, sendo esses responsáveis por atribuir “ordens de grandeza” aos elementos que serão verificados na paisagem geográfica serão o terceiro nível taxonômico, representando as unidades geomorfológicas, quarta ordem de grandeza, representando os modelados.

Para a realização do índice topográfico-úmido será utilizado o Arcgis 10.2.2., a partir da obtenção das Imagens tipo SRTM, foi realizado a “preparação” das imagens, com a inclusão de dados que estavam em falta na imagem obtida do USGS. Houve-se a interpolação de dados da SRTM de 90 metros junto aos dados da SRTM de 30 metros. Após isso, foi-se elaborado a variável que retrate somente a declividade. Os resultados encontrados a partir do cálculo do TWI indicaram o quão suscetível é a paisagem em acumular sedimentos e umidade, sendo indicada por 5 classes simbólicas, em dois mapas de TWI, um que não apresente os canais fluviais e outro que apresente os canais fluviais. Através da função de “calculadora raster”, aonde se converteu os dados de declividade serão convertidos de graus para radianos e serão realizados a interpolação dos dados do MDE e Declividade. A fórmula usada foi  $\text{Ln}((\text{“FLOWACC”} * 900) / \text{Tan}(\text{“SLOPE”}))$ . Onde “Ln” é “logaritmo”, “FLOWACC” é a área de captação, “Tan” é a tangente e “SLOPE” será a declividade em radianos. A multiplicação por “900” é a metragem da imagem SRTM (30 metros) elevada ao quadrado.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os táxons a serem analisados, de acordo com a Classificação do IBGE (2009), estão na ordem de relevância proposta, como sendo às Regiões Geomorfológicas, como sendo um resultante dos fatores geológicos de climáticos da área, sendo esse o segundo da ordem, sendo que a bacia se encontra em área de escudo cristalino, primeiro táxon, na unidade do Planalto da Borborema, segundo táxon. Unidades Geomorfológicas, inclusas no terceiro táxon, compreendidas como tendo formas e altimetria semelhante, sendo esses a Depressão Interplanáltica Paraibana e Maciços Remobilizados do Domínio da Zona Transversal. A figura 03 mostra o mapeamento geomorfológico realizado sobre a bacia do Alto Paraíba.

**Figura 03.** Mapa Geomorfológico da bacia do Alto Paraíba



**Fonte:** autor, 2016

Melo, 1956 (apud, CORRÊA et al, 2010) aborda que o Planalto da Borborema tem como principais características um antigo planalto, com uma parte rebaixada que apresenta resquícios do antigo relevo sedimentar e em sua outra parte altitudes que vão até 1000 metros. CORRÊA et al, 2010 discute também sobre os vários compartimentos que são encontrados, se destacam apenas dois, que definem o Alto Curso do Rio Paraíba, sendo esses Depressão Interplanáltica Paraibana e Maciços Remobilizados do Domínio da Zona Transversal, sendo compreendidos respectivamente como uma área que está delimitada de leste a oeste por encostas, por não apresentar perturbações tectônicas, contém feições aplainadas apresentam limites ao sul pelos Maciços Remobilizados do Domínio da Zona Transversal. A semiaridez favorece a não formação de regolitos, expondo as rochas a superfície e a área que mais recebeu interferência dos arqueamentos que incidem no planalto, com relevos mais íngremes, apresentando uma grande quantidade de maciços isolados, cristas e depressões Interplanálticas estreitas, Durante a classificação das formas encontradas na área do Alto Curso do Rio Paraíba, podese perceber (figura 03) a presença de algumas formações como cristas simétricas, num total de quatro

unidades geomorfológicas, encontrou-se uma totalidade de 8 inselbergues (38km<sup>2</sup>), 1 crista assimétrica (31km<sup>2</sup>), 4 cristas simétricas (80km<sup>2</sup>), 1 pontão (25km<sup>2</sup>), 11 topos dissecados (348km<sup>2</sup>) e 1 topo plano (100km<sup>2</sup>), sendo a maior parte da área compreendida como um pedimento (5520km<sup>2</sup>).

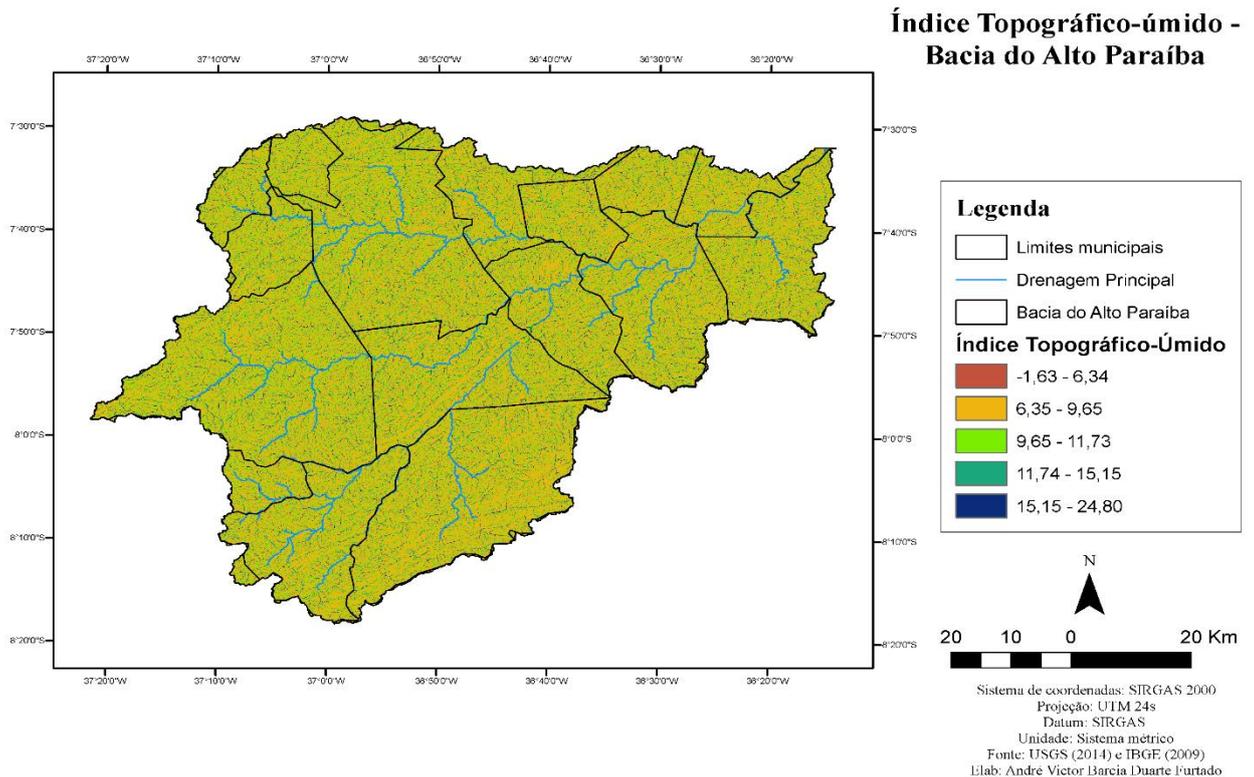
Na definição do IBGE (2009) mostra os conceitos sobre cada compartimento geomorfológico. A Crista Assimétrica é caracterizada como um tipo de Hogback, tendo suas encostas uma angulação superior a 30° e a maioria desses tipos de formação geológica são compostas por rochas metamórficas, a Crista Simétrica é conceituada por ser um formato de “linhas contínuas”, estando isolada e marcada por declividades acentuadas, os Inselbergues são caracterizados por serem maciços residuais com uma angulação de aproximadamente 50°, coincidindo em áreas de depressão periférica e apresentando rochas metamórficas e o Pontão apresenta variadas características, como encostas íngremes, convexas e desgastadas por esfoliação, conhecidas também como formas residuais de batólitos, o Topo Plano é uma área do Planalto da Borborema, os Topos Dissecados encontrados são característicos por serem caracterizados como homogêneos, sendo esses definidos como áreas que não apresentam controles estruturais marcantes, tendo morros e colinas predominantes, o Pediplano é a maior área encontrada, estando definido como uma superfície aplainada, suavizada, contendo material detrítico descontínuo sobre a rocha, não havendo deposição excessiva nem dissecção marcada, apresentando uma forte angulação em seus quando há contato com a vertente montanhosa. Na bacia do Alto Paraíba, esses elementos são encontrados na divisa da superfície pediplanada do Planalto da Borborema, na zona de sotavento.

O Topo Plano está em uma área pertencente ao Planalto da Borborema. Os Topos Dissecados encontrados são característicos por serem caracterizados como homogêneos, sendo esses definidos como áreas que não apresentam controles estruturais marcantes, tendo morros e colinas predominantes. O Pediplano, compreendido como a maior área encontrada, é definido como uma superfície aplainada, suavizada, contendo material detrítico descontínuo sobre a rocha, não havendo deposição excessiva nem dissecção marcada, apresentando uma forte angulação em seus quando há contato com a vertente montanhosa. Na bacia do Alto Paraíba, isso pode ser encontrada na divisa da superfície pediplanada com o início do Planalto da Borborema, sendo essa na zona em sotavento. As figuras 02 e 03 abordam, respectivamente, a localização e os resultados gerais de todo o mapeamento, seguindo as diretrizes do manual do IBGE.

A partir da elaboração dos cálculos de TWI no Arcgis 10.2.2, encontrou-se os principais pontos, na Bacia do baixo-Piarcó, propensos a o acúmulo de sedimentos e umidade

na paisagem. A Figura 04 mostra o índice topográfico-úmido da Bacia do Alto Paraíba. Para uma melhor visualização do mapa do Índice topográfico-úmido, será indexado, no final do artigo, uma imagem em tamanho A3.

**Figura 04.** Mapa Geomorfológico da bacia do Alto Paraíba



**Fonte:** autor, 2018

As áreas que estão menos propensas ao acúmulo de sedimentos e umidade na paisagem estão ligadas às localidades mais íngremes, localizadas nos arredores das cristas, inselbergs e na divisa com o Planalto da Borborema, que estão no sul da bacia. A geologia de tais formações está caracterizada por ser de origem cristalina e de difícil acúmulo de umidade. As localidades na paisagem mais propensas ao acúmulo de sedimentos e umidade, além dos canais fluviais, são as áreas mais rebaixadas e próximas aos canais fluviais. As áreas mais afastadas dos canais e com maior declividade serão menos propensas ao acúmulo e retenção de sedimentos e umidade. Vale ressaltar que, por ser o trecho mais elevado do curso do Rio Paraíba,

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

. Neste trabalho, buscou-se inserir todos os resultados obtidos alinhados com a visão dos geossistemas, considerando as variáveis que podem ser mensuradas dentro dos conceitos da paisagem geográfica (de tudo aquilo que pode ser abstraído ao olhar humano). Os resultados encontrados, nos âmbitos do mapeamento geomorfológico e TWI indicaram o quanto os principais pontos serão suscetíveis ao acúmulo de sedimentos e umidade na paisagem, mostrando que a Bacia do Alto Paraíba é uma área de retirada de sedimentos.

A partir do mapeamento geomorfológico realizado com as mais novas diretrizes do IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, sendo possível se caracterizar as unidades geomorfológicas presentes na Bacia do Alto Paraíba, podendo-se chegar a uma conclusão de que a área estudada, estando inclusa em uma área que possui pouca capacidade de absorção de água, devido a apresentar solos litóticos e vertissolos (LUCENA e PACHECO, 2016). Tais conhecimentos podem ser utilizados na gestão de recursos hídricos dessa localidade. As unidades morfoestruturais encontradas, definidas por CORRÊA et al, 2010, Depressão Interplanáltica Paraibana e Maciços Remobilizados do Domínio da Zona Transversal.

Este trabalho é capaz de mensurar os elementos presentes na paisagem é importante para a formação de um bacharel em geografia, que estuda os conceitos da geografia física e a interação disso com o geoprocessamento básico. Considero que o objetivo principal e objetivos secundários foram devidamente alcançados.

## Referências Bibliográficas

- AB' SÁBER, Aziz. Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003;
- AB' SÁBER, Aziz. O domínio morfoclimático do Semiárido das caatingas brasileiras. São José do Rio Preto: Universidade Estadual Paulista, 1980;
- BEVEN, K. J. KIRKBY, M. J. A physically based variable contributing area model of basin hydrology. *Hydrological Sci*, 24. 1979.
- BORSELLI et al. Prolegomena to sediment and flow connectivity in the landscape: A GIS and field numerical assessment. *Catena* 75. 268–277, 2008
- CORRÊA et al. Megageomorfologia e morfoestrutura do Planalto da Borborema. **Revista do Instituto Geológico**, Ano 31 (1/2), 35-52. São Paulo: 2010.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística; **Manual Técnico de Geomorfologia**. 2ª ed Rio de Janeiro: Gerência de Biblioteca e Acervos Especiais, 2009.
- LIMA, G de. G. **Análise comparativa de metodologias de mapeamento geomorfológico na Bacia do Rio Salomanca, Cariri Cearense**. Dissertação de mestrado apresentado ao programa de pós-graduação em Geografia da Universidade Federal de Pernambuco, 2014.
- LUNA et al. O Cariri paraibano: aspectos geomorfológicos, climáticos e vegetação. Disponível em:  
<http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal12/Procesosambientales/Climatologia/25.pdf>. Acesso em: 15/08/2016
- MAIA et al. **Geomorfologia do Nordeste**: concepções clássicas e atuais acerca das superfícies de aplainamento nordestinas. *Revista de Geografia*. Recife: UFPE – DCG/NAPA, v. especial VIII SINAGEO, n. 1, set. 2010
- MARQUES, J. A.; GALO, T. B. L. A. Escala geográfica e escala cartográfica: distinção necessária. **Bol. geogr.**, Maringá, v. 26/27, n. 1, p. 47-55. Maringá: 2008.
- MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. Nova delimitação do semiárido brasileiro. **Brasília: MIN/Secretaria de Políticas de Desenvolvimento Regional**, p. 35, 2005
- NIMER, E. Pluviometria e recursos hídricos dos Estados de Pernambuco e Paraíba. Rio de Janeiro: IBGE: SUPREN, 1979. 128 p. il. (Série Recursos Naturais e Meio Ambiente, 3).
- PARAÍBA, GOVERNO DO ESTADO. Secretaria de Educação. Universidade Federal da Paraíba. Atlas Geográfico da Paraíba. João Pessoa: Grafset, 1985.
- PHILLIPS, J. D. Synchronization and scale in geomorphic systems. **Geomorphology**, v. 137, n. 1, p. 150–158, 2012.

ROSS, S. L. J. Suporte da geomorfologia aplicada: os táxons e a cartografia do relevo. **Deopto De Geografia/USP**. São Paulo.

SORENSEN et al. On the calculation of the topographic wetness index: evaluation of different methods based on field observations. *Hydrological Earth System Science Discussions* v. 2, p. 1807–1834, 2006.

SOUZA et al. Desertificação e seus efeitos na vegetação paraibana. Disponível em: <http://www.mercator.ufc.br/index.php/mercator/article/viewFile/250/231>. Acesso em: 15/08/2016

SOUZA, de P. O. J. Análise da precisão altimétrica dos modelos digitais de elevação para a área semiárida do Nordeste brasileiro. **Revista do Departamento de Geografia - USP**, Volume 30 (2015), p. 56 a 64. São Paulo: 2010.

SOUZA, de P. O. J.; ALMEIDA, de M. D. J. Modelo digital de elevação e extração automática de drenagem: dados, métodos e precisão para estudos hidrológicos e geológicos. **Bol. Geogr.**, v. 32, n. 2, p. 134-149, mai.-ago. Maringá: 2014.

TOOTH, S. Process, form and change in dryland rivers: a review of recent research. School of Geosciences, University of Wollongong. Wollongong, 2000.

VITTE, C. A. Desenvolvimento do conceito de paisagem e a sua inserção na geografia física. **Mercator - Revista de Geografia da UFC**, ano 06, número 11. Fortaleza: 2007

TROPPEMAIR E GALINA. GEOSISTEMAS. **Mercator - Revista de Geografia da UFC**, ano 05, número 10, 2006.