

## BACIA DO RIO PERUÍPE (BA): ENSAIO DE CLASSIFICAÇÃO MORFOMÉTRICA POR MEIO DE DADOS SRTM

**Sírius Oliveira Souza**

Mestrando em Geografia - UFES  
[biogeografia1@gmail.com](mailto:biogeografia1@gmail.com)

**Cláudia Câmara do Vale**

Profa. Dra. do Departamento de Geografia - UFES  
[camaravale@gmail.com](mailto:camaravale@gmail.com)

**Fabício Holanda Nascimento**

Licenciado em Geografia - UFES  
[fhngeoufes2008@gmail.com](mailto:fhngeoufes2008@gmail.com)

### RESUMO

O objetivo deste trabalho é definir as principais unidades morfométricas presentes na bacia hidrográfica do rio Peruípe, com base em dados SRTM, assim como, espacializar os dados referentes à hierarquia fluvial, à declividade e à hipsometria. A área em estudo constitui a bacia hidrográfica do rio Peruípe, inserida no extremo sul do estado da Bahia, ocupando uma área de 4.632,00 km<sup>2</sup>, localizada entre os paralelos 17°24' e 17°58'S e os meridianos 39° 21' e 40° 09' W. Para o mapeamento utilizou-se como base as imagens orbitais obtidas por meio do SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*). Tais imagens, posteriormente, foram integradas e processadas no Sistema de Informação Geográfica, pelo *software* ArcGis em quatro etapas: delimitação da bacia hidrográfica, da hierarquia fluvial, da hipsometria, da declividade e extração de outros parâmetros morfométricos, tais como índice de circularidade (IC), Coeficiente de compacidade (Kc), densidade de drenagem (Dd), dentre outros. Os resultados confirmam valores compatíveis com informações dispostas em cartas topográficas correspondente à área e, também, aqueles conferidos em campo com uso de GPS, demonstrando uma expressiva precisão e confiabilidade dos produtos gerados. Assim, a automatização da demarcação de unidades morfométricas em bacias hidrográficas, por meio de dados do SRTM em ambiente SIG, apresenta proveitosa relação custo-benefício, visto que além de estabelecer a padronização do traçado, o mapeamento realizado pretende contribuir aos estudos de evolução da paisagem e subsidiar propostas de planejamento para o uso e a ocupação da terra ao longo da bacia hidrográfica.

**Palavras-chave:** Bacia Hidrográfica. Geotecnologias. Análise Morfométrica.

### PERUÍPE (BA) RIVER WATERSHED: MORPHOMETRIC CLASSIFICATION WITH SRTM DATA

#### ABSTRACT

The aim of this study is to define the main morphological units present in hidrographic basin based on SRTM data, as well as to spatialize data relating hierarchy river, slope and hypsometry. To this end, this work is the study area the Peruípe river basin, inserted in the extreme south of Bahia state, occupying an area of 4,632 km<sup>2</sup> between the parallels 17°24' and 17°58'S and the meridians 39°21' and 40°09'W of Greenwich. For the mapping used as the basis of satellite images obtained from SRTM project. These images were subsequently processed and integrated in Geographic Information System ArcGis in four steps: delimitation of river basin, of river hierarchy, of hypsometry, slope and the extraction of other morphometric parameters such as circularity index (CI), compactness coefficient (Kc), drainage density (Dd), among others. The results confirm an amount consistent with information arranged in topographical maps corresponding to the area and also the conference in the field using GPS showing a significant accuracy and reliability of the products generated. Thus, the automation of demarcation units

---

Recebido em 25/03/2013

Aprovado para publicação em 06/09/2013

morphometric in hidrographic basin through SRTM data in a GIS environment, presents useful in relation to cost and proportionate benefit, besides establishing the standardization of the trace. The mapping done in this work aims to contribute for studies of landscape evolution and planning proposals for the use and occupation of the land along the river basin.

**Keywords:** Watershed. Geotechnologies. Morphometric Analysis.

## INTRODUÇÃO

A busca por informações relacionadas com o espaço geográfico, desde o século XIX, como por exemplo, a distribuição territorial de recursos minerais, a distribuição das zonas industriais, a distribuição da flora e da fauna, dentre outros, sempre representou uma parte importante dos estudos geográficos. No entanto, isto era feito apenas em documentos e mapas impressos. Hoje, vive-se a era das tecnologias, e o desenvolvimento de *softwares* e modelos matemáticos focados na análise espacial, proporciona possibilidades diversas, dentre elas a capacidade de armazenar, recuperar e combinar os dados disponíveis sobre um determinado sistema ambiental (CRUZ; CAMPOS, 2005).

Atualmente os enfoques dos trabalhos ambientais têm considerado a necessidade de diminuição dos impactos urbanos, além da conservação do solo, da produção de energia, dentre outras ações, a fim de tornar o uso dos recursos naturais mais sustentáveis. Neste contexto, segundo Oliveira *et. al.* (2010) a bacia hidrográfica tem sido amplamente utilizada como recorte espacial em determinados estudos geográficos, ao passo que vários autores apontam a bacia hidrográfica como uma unidade ambiental que possibilita tratar dos elementos e da dinâmica necessária ao planejamento e a gestão dos sistemas ambientais.

Sabe-se que a funcionalidade dos ambientes naturais é alterada pelas ações humanas em um ritmo mais intenso que aquele normalmente produzido pela natureza. Assim, quando não planejadas, tais alterações proporcionam uma série de desequilíbrios funcionais que, muitas vezes, acarretam consequências drásticas à vida humana (ROSS, 2006).

Tendo como área em estudo a bacia do rio Peruípe, localizada entre os paralelos 17°24' e 17°58'S e os meridianos 39° 21' e 40° 09' W, inserida no extremo sul baiano, este trabalho se propõe a definir as principais unidades morfométricas presentes na bacia hidrográfica do rio supracitado, com base em dados SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*). Assim como pretende espacializar os dados referentes à hierarquia fluvial, declividade e hipsometria com vistas a subsidiar ações voltadas ao planejamento territorial.

Dessa forma, a caracterização morfométrica da bacia foi estabelecida por meio da integração de informações de relevo trabalhadas em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG). Os elementos do espaço são representados por uma estrutura numérica de dados correspondente à distribuição espacial da altitude e da superfície do terreno, denominada modelo digital de elevação (MDE). Utilizou-se como base as imagens orbitais adquiridas de sensores a bordo do ônibus espacial Endeavour, no projeto SRTM. Tais imagens posteriormente foram integradas e processadas no *software* ArcGis (ESRI, 2010) em quatro etapas: preenchimento de *sinks*, direção de fluxo, fluxo acumulado e delimitação de bacias. De posse dos resultados preliminares, realizou-se a instrumentalização dos mesmos, aplicando algumas fórmulas reconhecidas no ambiente científico e construindo uma análise pautada no referencial teórico estudado que está discutido ao longo do trabalho.

A importância da bacia do rio Peruípe se deve à exploração intensa dos seus recursos hídricos, que pela Empresa Baiana de Águas e Saneamento S.A. (EMBASA) são distribuídos em sete municípios do extremo sul baiano, fornecendo água tratada para aproximadamente, oitocentos mil habitantes (SEI, 2011). Tal proposta de pesquisa justifica-se pelas intensas transformações no uso e na ocupação da terra na área em estudo, que não consideram os níveis de fragilidade e acentuam os problemas ambientais, bem como pela inexistência de estudos que definam os aspectos morfométricos da bacia do rio Peruípe. Tais aspectos poderão subsidiar no entendimento da dinâmica hidrogeomorfológica da bacia do rio Peruípe.

## DISCUSSÕES ACERCA DO TEMA

O processo histórico de uso e ocupação do espaço evidencia que a relação sociedade-natureza, efetivada por meio do trabalho, ocorre de forma dialética, pois no momento em que a sociedade transforma a natureza, ela também se transforma. Dessa forma, o entendimento da dinâmica natural de diversos ambientes tende a ser uma das metas dos estudos geográficos. Reconhecer os ambientes garante ao homem a sua sobrevivência, seja como protagonista, ao extrair recursos do meio, seja como figurante, ao possibilitar a conservação do princípio socioeconômico vigente (BERNARDES; FERREIRA, 2003; AMORIM, 2007).

Para Guerra e Marçal (2006) as mudanças ambientais ocorridas durante o período Quaternário pela ação do homem, sempre aconteceram. Entretanto, as taxas relacionadas a essas alterações são cada vez maiores, atingido estágios nunca imaginados. Tais alterações ambientais, quando não planejadas, comprometem a eficiência dos sistemas naturais. Processos de degradação ambiental como a erosão, a lixiviação, o desmatamento, as enchentes, os movimentos de massa, ocorrem com ou sem a presença do homem. No entanto, o que se observa é que determinadas ações antrópicas têm acelerado estes fenômenos.

Exemplos dessas alterações podem ser visualizados na maioria das bacias hidrográficas situadas na zona costeira brasileira. Segundo Dominguez (2008), nas últimas décadas as bacias hidrográficas sofreram com a implantação inapropriada de novas formas de uso da terra. O desmatamento, o lançamento de efluentes nos cursos d'água, o aterramento e construção em antigos leitos de rios, denunciam a falta de ordenamento do território. Tais formas, muitas vezes, não consideraram a fragilidade ambiental destas áreas, causando danos irreversíveis. Deste modo, a bacia do rio Peruípe é uma área que vem sendo alvo da especulação imobiliária desordenada e de uma série de desmantelamentos ambientais promovidos pela ação antrópica.

Para Ross (2003), é inequívoco que qualquer interferência realizada nos sistemas naturais necessitem de estudos prévios, ou seja, a um conhecimento do quadro ambiental onde se deseja atuar. Neste contexto, a Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997 (BRASIL, 1997), incorpora princípios e normas para a gestão de recursos hídricos adotando a definição de bacias hidrográficas como unidade de estudo e gestão. Assim, é de notável importância para gestores e pesquisadores a compreensão do conceito de *bacia hidrográfica* e suas representações.

Diversas definições de bacia hidrográfica foram formuladas ao longo do tempo (STRAHLER, 1952; CHRISTOFOLETTI, 1991; GUERRA; CUNHA, 1997). Na maioria dos conceitos há uma eminente semelhança e consideração deste recorte espacial, baseado na área de concentração de determinada rede de drenagem. Assim, se considera bacia hidrográfica ou bacia de drenagem, enquanto área da superfície terrestre drenada por um rio principal e seus tributários, onde ocorre a captação da água precipitada convergida para a desembocadura. Tal conceito abrange todos os espaços de entrada, circulação, armazenamento e saída de água e materiais por ela transportados, constituindo um sistema de drenagem hierarquicamente organizado (CHRISTOFOLETTI, 1991; CUNHA; GUERRA, 2003;).

Lima e Zakia (2000) acrescentam ao conceito geomorfológico da bacia hidrográfica, o conceito da abordagem sistêmica. Uma vez que os mesmos consideram as bacias hidrográficas enquanto sistemas abertos, que recebem energia através de agentes climáticos e perdem energia por meio do deflúvio, podendo ser descritas em termos de variáveis interdependentes, que oscilam em torno de um padrão, e, desta forma, encontram-se em equilíbrio dinâmico. Deste modo, qualquer variação no recebimento ou na liberação de energia, ou modificação na forma do sistema, ocasionará uma mudança compensatória que tende a minimizar o efeito da alteração e restituir o estado de equilíbrio dinâmico.

A bacia hidrográfica também pode ser dividida em sub-bacias e microbacias, as quais estabelecem unidades de estudo e planejamento, definidas operacionalmente em função das aplicações a que se destinam. No Brasil, o Decreto/Lei nº94. 076, de 05 de março de 1987 (BRASIL, 1987), define a microbacia como uma *área drenada por um curso d'água e seus afluentes, a montante de uma determinada seção transversal, para a qual convergem as águas que drenam a área considerada*. Sobre isso Calijuri e Bubel (2006) complementam ao

conceituar microbacias como unidades espaciais menores, formadas por canais de primeira e segunda ordem e, em alguns casos, de 3ª ordem, devendo ser definida como base na dinâmica de processos hidrológicos, geomorfológicos e biológicos.

Portanto, além de conceituar a bacia hidrográfica e deliberar suas aplicabilidades, faz-se necessário uma diferenciação dos seus principais aspectos fisiográficos, a fim de facilitar os estudos que a tenham como recorte espacial. Neste caso, a caracterização morfométrica é um dos procedimentos mais comuns executados em análises hidrológicas, e tem como objetivo subsidiar as várias questões relacionadas ao entendimento da dinâmica ambiental, local e regional (TEODORO *et. al.*, 2007).

Segundo Tonello (2005) as características morfométricas podem ser divididas em características geométricas, características do relevo e características da rede de drenagem, conforme quadro 01.

**Quadro 1.** Características morfométricas de bacias hidrográficas

<b>Características Morfométricas</b>	<b>Tipos de Análises</b>
<b>Geométricas</b>	Área Total Perímetro Total Coeficiente de compacidade (kc) Fator de Forma (F) Índice de circularidade (IC) Padrão de drenagem
<b>Características Morfométricas</b>	Orientação Declividade mínima
<b>Geomorfológicas</b>	Declividade média Declividade máxima Altitude mínima Altitude média Altitude máxima Declividade média do curso d'água principal
<b>Rede de drenagem</b>	Comprimento do curso d'água principal Comprimento total dos cursos d'água Densidade de drenagem (Dd) Ordem dos cursos d'água

**Fonte:** Tonello (2005). Adaptado pelos autores.

É importante ressaltar que as características morfométricas de uma bacia possuem relevante papel nos processos do ciclo hidrológico, influenciando, dentre outros, a infiltração, a quantidade de água produzida como deflúvio, a evaporação e os escoamentos superficial e sub-superficial. Sobre isso, atualmente, a caracterização morfométrica de bacias hidrográficas é feita com a integração de informações em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG) (TONELLO, 2005).

Estes sistemas hoje representam as principais ferramentas computacionais para a análise e modelagem espacial. Conceituados por Coelho (2007, p.117) como:

Um conjunto de procedimentos computacionais que, operando sobre uma base de dados integrada possibilita a execução de análises e cálculos que variam desde a álgebra cumulativa (operações tipo soma, subtração, multiplicação, divisão, etc.) até a álgebra não cumulativa (operações lógicas), permitindo a elaboração de mapas politemáticos, reformulações e sínteses sobre os dados ambientais disponíveis [...]

Implementados na década de 1960, no Canadá, a partir de um programa governamental que objetivava a criação de um inventário de recursos naturais, e com posterior desenvolvimento da tecnologia de computadores e de ferramentas matemáticas para análise ambiental, os SIG's

introduziram possibilidades diversas aos sistemas de informações geográficas, iniciando assim, um acelerado crescimento perpetuado até os dias atuais (VALERIANO, 2004).

Com este advento, a obtenção de imagens orbitais com alto grau de detalhe e precisão tem se tornado cada vez mais comum. Um exemplo a ser citado são os MDE (Modelos Digitais de Elevação), aqui definidos como representações numéricas de dados correspondentes à distribuição espacial da altitude e da superfície do terreno. Esses modelos são obtidos, hoje, por meio da interpolação de curvas de nível extraídas de uma carta topográfica ou por meio de imagens de sensores remotos (OLIVEIRA *et al.*, 2010).

O emprego de MDE em SIG proporciona benefícios como os recursos digitais (velocidade, repetitividade e integração com outras bases de dados), a redução de intervenções manuais e, portanto, redução da subjetividade e a possibilidade de representação paramétrica. Assim, os MDE vêm sendo utilizados em diversos estudos focados em recursos hídricos, tais como: delineamento de redes de drenagem, definição de limites de bacias hidrográficas, cálculo de declividade, cálculo de altitude, verificação da direção do escoamento e como parte integrante de modelos hidrológicos (OLIVEIRA *et al.*, 2010).

Modelos digitais de elevação determinados a partir de informações de sensoriamento remoto, tal como *Interferometric Synthetic Aperture Radar* (InSAR), têm recebido destaque em estudos ambientais, principalmente por advirem de uma técnica rápida e acurada de coletar dados topográficos. O levantamento do *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) incorpora a técnica InSAR e disponibiliza gratuitamente seus dados em escala global por intermédio da *United States Geological Survey* (USGS). Tal aquisição de dados se deu a partir de 11 dias de trabalho, em que o radar SRTM obteve dados de altimetria estereoscópica de 80% da superfície terrestre, gerando imagens com resolução espacial (nos dados fontes) de um arco segundo para os Estados Unidos e três arcos segundo para o restante do mundo e com uma amplitude de grade 30 metros para o SRTM 1 e 90 metros para o SRTM 3, projetados para uma acurácia vertical e horizontal absoluta de 16 e 20 metros, respectivamente, com 90% de confiança (RABUS *et al.*, 2003).

Santos *et al.*, (2006) analisando várias bases para geração de MDE, inclusive cartas topográficas, concluíram que a missão SRTM é um passo de estimável importância no detalhamento acurado dos MDE's do globo terrestre, uma vez que o MDE obtido a partir de dados SRTM apresentou melhores resultados altimétricos quando comparado com o MDE gerado a partir de cartas topográficas em escalas 1:100.000. Assim, diversas pesquisas vêm sendo conduzidas objetivando-se analisar, comparar e atualizar informações das características morfométricas de determinadas bacias hidrográficas por meio de dados SRTM.

## CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO

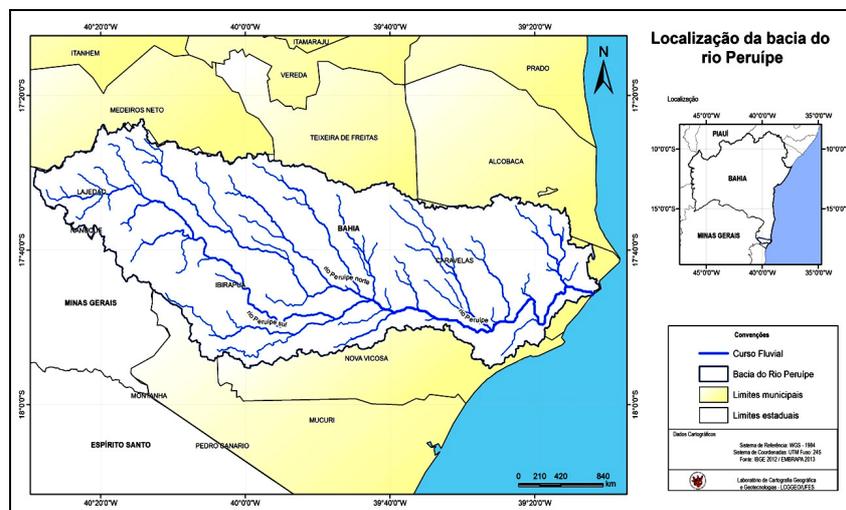
A bacia do rio Peruípe limita-se ao norte pela bacia do rio Itanhém, ao sul e oeste pela bacia do rio Mucuri e a leste pelo oceano Atlântico, inserida no extremo sul do estado da Bahia. Ocupa uma área de 4.632 km<sup>2</sup> (MMA/SRH, 1997) e apresenta uma espessa malha de drenagem em forma de leque. Dentre os seus rios tributários, se destacam os rios Peruípe Sul e Peruípe Norte.

O rio Peruípe Sul têm sua nascente à aproximadamente 345 m de altitude, no Município de Ibirapuã (BA), próximo à divisa estadual Minas Gerais-Bahia, com uma extensão de 63 km e possui sentido de escoamento nordeste até sua confluência com o rio Peruípe Norte. O rio Peruípe Norte é formado pelas confluências do córrego do Vinho e córrego Barcelona. Este afluente da bacia tem uma extensão de 45 km e seu sentido de escoamento é sudeste, até o ponto de confluência deste com o rio Peruípe Sul. O curso fluvial principal, denominado rio Peruípe (Figura 1) recebe este nome após a confluência dos rios Peruípe Norte e Peruípe Sul, aproximadamente 5 km à montante do distrito de Helvécia (Nova Viçosa - BA), e tem uma extensão de 78 km (MMA/SRH 1997).

Segundo a classificação de Köppen o tipo climático predominante na área da bacia do rio Peruípe é o Am - Clima tropical úmido, com temperatura do mês mais frio superior a 18°C e do mês mais quente superior a 22°C. Tendo como temperatura média anual 24,4°C, justificada pelo fato desta região estar inserida na faixa zonal de baixa latitude reforçado pelos fatores de maritimidade, altitude e, conseqüentemente, uma inexpressiva amplitude térmica anual. As

variações da temperatura média compensada são breves, podendo variar de 21,9°C a 26,3°C, sendo o mês de fevereiro o mais quente e o mês de julho o mais frio (SOBRINHO, 2008).

**Figura 1.** Localização da bacia do rio Peruípe



A análise do regime pluviométrico da área de estudo evidencia uma perda gradativa da precipitação do litoral em direção ao interior do continente, com valores na costa em torno de 1.350 mm e em áreas continentais próximas de 1.050 mm ao ano (SOBRINHO, 2008). O que contribui para o desenvolvimento dos seguintes tipos de cobertura vegetal: Floresta Ombrófila Densa e Formações Pioneiras (DOMINGUEZ, 2008).

Tomando como base os remanescentes e gradientes ecológicos, Dominguez (2008) esclarece que na região estudada, a Floresta Ombrófila Densa (Mata Atlântica) ocupa os tabuleiros costeiros e as porções mais úmidas das serras próximas ao litoral. Tal formação conglera um diversificado mosaico de ecossistemas florestais com estruturas e composições florísticas bastante individualizadas, tendo como elemento comum a exposição aos ventos úmidos oceânicos. Segundo o autor supracitado, esta cobertura vegetal está praticamente ausente, restando apenas alguns remanescentes nas vertentes dos vales encaixados da Formação Barreiras. Tal conjuntura se faz principalmente em razão da introdução de áreas de pastagens, silvicultura, sobretudo eucalipto, e lavouras de ciclos curtos.

No que se refere às Formações Pioneiras, Dominguez (2008) elucida que as mesmas ocupam áreas na planície costeira de idade quaternária, compreendendo áreas de influência marinha, fluvial e fluviomarina. As áreas de influência marinha compreendem aos espaços cujo substrato arenoso é coberto por vegetação do tipo mata de restinga. Enquanto as áreas de influência fluvial, sujeitas às inundações cíclicas ao longo dos rios são recobertas por formações herbáceo-graminóides. Já as áreas de influência fluviomarina são caracterizadas pelas oscilações das marés e substrato argiloso, no qual se desenvolvem a vegetação que compõe os manguezais. Embora tenham sido pontualmente alteradas, segundo o autor, tais formações encontram-se ainda bem conservadas.

Quanto ao embasamento geológico-geomorfológico, a bacia está assentada principalmente sobre os sedimentos areno-argilosos de idade terciária, sob os terrenos da Formação Barreiras, que se distinguem pela existência de vales profundos e bordas escarpadas, e uma superfície geral inclinada em direção ao litoral, constituindo os tabuleiros costeiros. Em sua constituição predominam camadas de sedimentos arenosos finos e seixosos mal selecionados, com interestratificações de argilas. Ao se aproximar da sua desembocadura, a bacia passa a se ajustar sobre a planície quaternária, constituída por depósitos de areias litorâneas regressivas pleistocênicas e holocênicas. Tais depósitos encerraram sua acumulação controlada pelas variações do nível relativo do mar que afetaram a costa brasileira durante o Quaternário (ANDRADE; DOMINGUEZ, 2002).

A formação dos solos na bacia do rio Peruípe está diretamente associada às distintas unidades geológico-geomorfológicas presentes. Assim, nos sedimentos que compõem os tabuleiros

costeiros, instalam-se processos pedogenéticos que deram origem aos Argissolos Amarelos Distróficos, Latossolos Vermelhos, Vertissolos, dentre outros. Nas planícies fluviais e fluvio-marinhas, instalam-se processos que originam os Espodossolos Hidromórficos, Gleissolos Háplicos e Organossolos Háplicos. Por fim, nos sedimentos que compõem os cordões litorâneos das planícies quaternárias, implantam-se os Neossolos Quartzarênicos (ANDRADE, 1994).

No que se refere ao uso e ocupação da terra, a urbanização dos municípios inclusos na área em estudo tem se dado por meio da expansão de bairros periféricos, incorporados à mancha urbana sem qualquer planejamento. Em virtude de ser um processo ainda em expansão, essas áreas periféricas se caracterizam pelo alto incremento demográfico, baixo nível de renda, sérios problemas de infraestrutura e péssimas condições de saúde e educação, com tendências a ampliar substancialmente os danos até agora provocados e a comprometer o futuro social e ambiental do lugar e até mesmo a inerente vocação turística, que poderá estar ameaçada com índices de pobreza, miséria e degradação do ambiente (ANDRADE, 1994).

Atualmente, a ocorrência de ocupações em ambientes de preservação ambiental afronta a ideia de desenvolvimento urbano sustentável, e se constitui em exemplos de modelos e processos econômico, social e ambientalmente inadequados. A inexistência de planos diretores e ausência de definições e limites legais de uso e ocupação da terra, contribuem para a permanência desses processos de ocupação inadequada. Trata-se de um amplo desafio, sobretudo quando se pondera a população do Extremo Sul da Bahia, com cerca de 761 mil habitantes e o fato de que mais de 43% desta população vivem às margens da bacia do rio Peruípe (SEI, 2011).

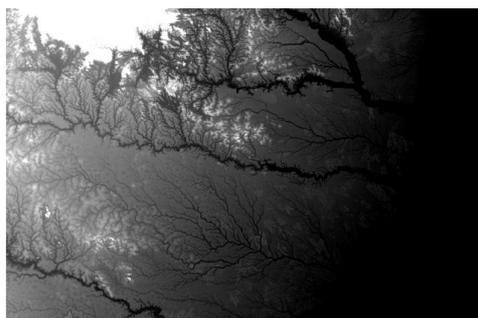
## PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para alcançar os objetivos propostos neste estudo, o mesmo foi dividido em três principais etapas sendo a primeira composta pela realização de revisão bibliográfica acerca do tema sobre bacias hidrográficas e análise morfométrica. A segunda composta pela aquisição da imagem SRTM e integração dos materiais levantados, tais como: mapa topográfico, cotas de elevação, planos de informações municipais, dentre outros, em ambiente SIG com o uso do *software* ArcGIS™ 10.1. A terceira etapa é caracterizada pela extração dos parâmetros morfométricos aplicando as respectivas equações e pela redação final da pesquisa. Apresenta-se a seguir, o detalhamento dos principais procedimentos relativos à segunda e terceira etapas.

### Aquisição do MDE/SRTM e dados vetoriais

A aquisição do MDE/SRTM (Figura 2) foi realizada no site da Embrapa, disponível em: <<http://www.embrapa.br/>>, acessado em 22 de janeiro de 2012.

**Figura 2.** MDE adquirido (SE-24-V-D)



**Fonte:** EMBRAPA, 2012.

Conforme já mencionado, esses produtos foram gerados a partir de dados de radar, obtidos de sensores a bordo do ônibus espacial Endeavour, no projeto SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), uma parceria das agências espaciais dos Estados Unidos (NASA e NIMA), Alemanha (DLR) e Itália (ASI). O arranjo do radar foi projetado para coletar medidas tridimensionais da superfície terrestre através de interferometria.

Outras características do modelo adquirido e que devem ser pontuadas referem-se ao:

- Formato: GEOTIFF (16 bits)

- Resolução espacial: 90 metros
- Unidade de altitude: metros
- Datum: WGS-84
- Projeção: Transformada para UTM ( Para obtenção de métricas no sistema Internacional de Unidades)
- Sistema de Coordenadas: Geográfica

Os dados vetoriais, como divisão política do Brasil e limite municipal do estado da Bahia foram adquiridos através do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE,2013) gratuitamente pelo *site* <[http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/default\\_prod.shtm#TOPO](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/default_prod.shtm#TOPO)>.

### **Delimitação da bacia hidrográfica**

Após a ativação da ferramenta *Hydrology* (*Spatial Analyst Tools*), foram utilizados os seguintes comandos/funções:

- *Fill* para correção MDE; ( Preenchimento de depressões espúrias)
- Identificação da direção de fluxo *Flow Direction*
- Cálculo do Fluxo acumulado *Flow Accumulation*
- *Watershed* (delimitação da bacia)

Após a delimitação da bacia foi utilizado corte através do comando *Clip* e nomeação dos principais rios (*Start Editing*) com base nas cartas do IBGE. Em seguida procedeu-se com o corte da imagem *raster* com o comando: *Extract by Mask* dando prosseguimento à elaboração de outros mapas.

### **Delimitação da hierarquia fluvial**

A hierarquia fluvial foi classificada de acordo com a estabelecida por Strahler (1952), muito utilizada em todas as ciências da natureza, entre elas a Geografia e a Geomorfologia. Neste método, os menores canais sem tributários são considerados de primeira ordem; os canais de segunda ordem surgem da confluência de dois canais de primeira ordem, e só recebem afluentes de primeira ordem; os canais de terceira ordem surgem da confluência de dois canais de segunda ordem, podendo receber afluentes de segunda e primeira ordens, assim sucessivamente.

Para gerar a hierarquia dos canais foram utilizadas as ferramentas do *Hydrology*. A partir dos seguintes comandos:

- *Flow Direction* para determinar as direções dos fluxos hídricos
- *Flow Accumulation* no sentido de indicar os fluxos hídricos acumulados
- Extração automática das principais drenagens pela função *Conditional* ( Inserindo a expressão *value>50* condizente a escala trabalhada que é a de 1:150.000)
- *Stream Order* para estabelecimento das hierarquias.

### **Confecção do mapa hipsométrico (TIN)**

Para a elaboração do mapa hipsométrico, utilizou-se a estrutura de grade triangular, também conhecida como *Triangular Irregular Network* (TIN), que possibilita a representação do relevo por um conjunto de faces triangulares. O comando utilizado para a geração do TIN é o comando *3D Analyst* e *Create/Modify TIN*. Para que este modelo seja gerado é necessário que se tenha em mãos as curvas de nível. Neste contexto, tais curvas foram geradas a partir do comando *Spatial Analyst Tools* e *Countour* tendo as cotas de equidistância estabelecidas de 20 m em 20 m.

### **Confecção do mapa de declividade**

Para a geração do mapa de declividade foi necessário o MDE, já com o comando *Fill* aplicado. Em seguida foi utilizado a ferramenta *3D Analyst*, e os comandos *Surface Analysis* e *Slope*. Após esse procedimento, o modelo gerado foi reclassificado através da ferramenta *Reclassify*

com base nas classes de declividade da classificação proposta pela Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária (1999), apresentada no Quadro 2:

**Quadro 2.** Enquadramento do relevo a partir das características topográficas.

Classe de relevo	Características do relevo
<b>Plano</b>	Superfície de topografia esbatida ou horizontal, onde os desnivelamentos são muito pequenos, com declividades de 0 a 3%.
<b>Suave ondulado</b>	Superfície de topografia pouco movimentada, constituída por conjuntos de colinas e/ou outeiros (elevações de altitudes relativas até 50 m e de 50 a 100 m, respectivamente), apresentando declives suaves. Predominantemente variáveis de 3 a 8 %.
<b>Ondulado</b>	Superfície de topografia pouco movimentada, constituída por conjunto de colinas, apresentando declives moderados, predominantemente variáveis de 8 a 20 %.
<b>Forte ondulado</b>	Superfície de topografia movimentada, formada por outeiros e/ou morros (elevações de 50 a 100 m e de 100 a 200 m de altitudes relativas, respectivamente) e raramente colinas, com declives fortes, predominantemente variáveis de 20 a 45%.
<b>Montanhoso</b>	Superfície de topografia vigorosa, com predomínio de formas acidentadas, usualmente constituídas por morros, montanhas, maciços montanhosos e alinhamentos montanhosos, apresentando desnivelamentos relativamente grandes e declives fortes e muito fortes, predominantemente variáveis de 45 a 75 %.
<b>Escarpado</b>	Áreas com predomínio de formas abruptas, compreendendo superfícies muito íngremes e escarpamentos, tais como: aparados, frentes de cuevas, falésias, vertentes de declives muito fortes, usualmente ultrapassando 75 %.

Fonte: EMBRAPA, 1999.

#### Extração de outros parâmetros morfométricos

Com os mapas confeccionados, inicia-se a extração de outros parâmetros morfométricos aplicando-se as equações encontradas em Antoneli e Thomaz (2007), Christofolletti (1969), Villela e Mattos (1975), Tonello (2005) e Cardoso (2006), apresentadas a seguir:

Coefficiente de compacidade (Kc) obtido pela equação 01, relaciona a forma da bacia com um círculo e constitui a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual à da bacia (CARDOSO *et al.*, 2006).

$$Kc = 0,28 * \frac{P}{A} \quad (01)$$

Em que:

Kc – coeficiente de compacidade (adimensional)

P – perímetro da bacia, m

A – área de drenagem, m<sup>2</sup>

Segundo Cardoso *et al.*, (2006), simultaneamente ao Kc, o índice de circularidade (IC) tende para a unidade à medida em que a bacia se aproxima da forma circular e diminui sempre que a forma se torna alongada. No cálculo do IC utilizou-se a equação 02 que se segue:

$$IC = \frac{12,57 * A}{P^2} \quad (02)$$

Em que:

IC – índice de circularidade (adimensional)

A – área de drenagem, m<sup>2</sup>

P – perímetro, m

A densidade de drenagem (Dd) indica o nível de desenvolvimento do sistema de drenagem de uma bacia hidrográfica, fornecendo uma indicação da sua dinâmica. O cálculo de Dd é

expresso pela relação entre o somatório do comprimento total dos canais com a área da bacia de drenagem, por meio da Equação 03.

$$Dd = \frac{Lt}{A} \quad (03)$$

Em que:

Dd – densidade de drenagem, km km<sup>2</sup>

Lt – comprimento total de todos os canais, km

A – área de drenagem, km<sup>2</sup>

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

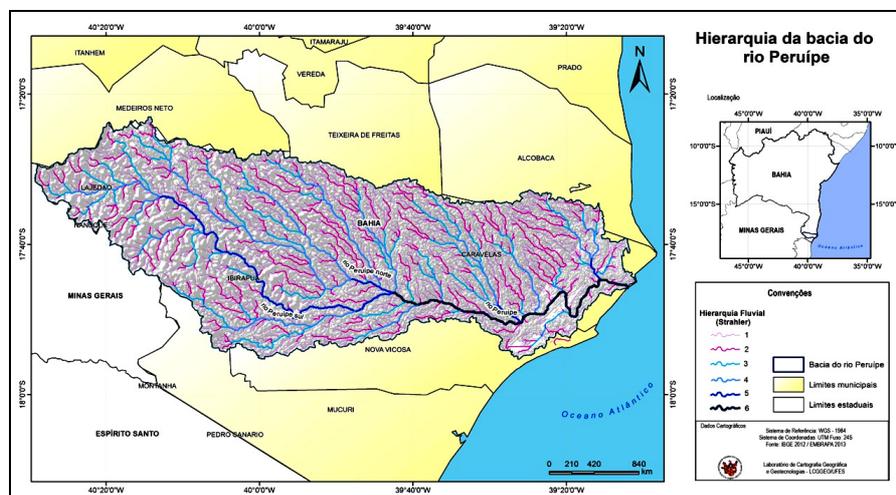
Com a finalidade de definir as principais unidades morfométricas presentes na bacia hidrográfica do rio Peruípe, a seguir apresentam-se os aspectos morfométricos e os resultados da espacialização dos dados referentes à hierarquia fluvial, declividade e hipsometria.

### Hierarquia fluvial

Segundo Christofletti (1980) a hierarquização dos canais é realizada com a função de facilitar os estudos morfométricos em bacias hidrográficas (análise linear, areal e hipsométrica). Visto que, quanto maior a participação percentual de canais de primeira ordem, maior é a fragilidade da paisagem, pois os mesmos indicam maior dissecação do relevo, que pode ser provocada por controle estrutural, como falhas, fraturas ou dobramentos.

Assim, o ordenamento dos canais fluviais realizado comprova a fragilidade ambiental da bacia do rio Peruípe, logo que os cursos classificados como de primeira ordem representam a maioria dos canais presentes (47,5%) o que evidencia o alto grau de ramificações (Figura 2).

**Figura 02.** Mapa da hierarquia fluvial da bacia do rio Peruípe (BA)



Os cursos classificados como de segunda ordem representam 24% da bacia. Os de terceira ordem somam 12,15%. Os de quarta ordem representam 9,15%. Os de quinta ordem 4% e, finalmente, os canais classificados como sexta ordem representam apenas 3,20% da bacia.

### Aspectos hipsométricos

Os indicadores hipsométricos possibilitam estudar as inter-relações existentes em determinada unidade horizontal de espaço no tocante a sua distribuição em relação às faixas altitudinais, indicando a proporção ocupada por determinada isoípisa base (CHRISTOFOLETTI, 1980).

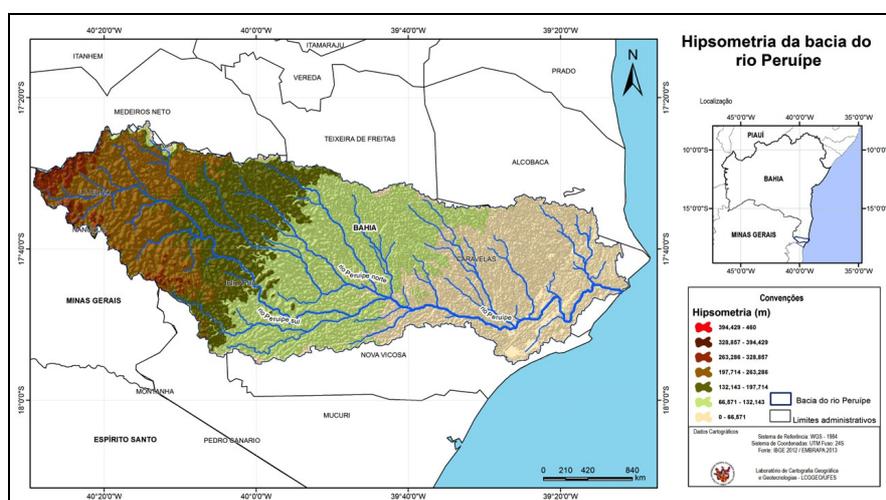
A altitude na bacia hidrográfica variou de 0m a 460m, sendo a altitude média de 75m. De acordo com Tonello (2005), “[...] a altitude média influencia a quantidade de radiação que a

bacia hidrográfica recebe e, conseqüentemente, influencia a evapotranspiração, temperatura e precipitação.

Quanto maior a altitude da bacia, menor a quantidade de energia solar que o ambiente recebe e, portanto, menos energia estará disponível dentro do sistema hidrológico. Além do balanço de energia, a temperatura também varia em função da altitude; amplas variações na altitude acarretam significativas alterações na temperatura, que, por sua vez, ocasionam uma série de conseqüências para o sistema hidrológico.

A bacia do rio Peruípe, no que se refere ao seu escopo hipsométrico quando relacionada aos padrões de relevo estabelecidos por Ross (1992) evidenciam que ela é morfoesculturalmente composta basicamente por extensas planícies e tabuleiros costeiros ocupando 73,22%, ou seja, mais da metade da área total da bacia, que corresponde aproximadamente a 3.392 km<sup>2</sup> da área da bacia não ultrapassam os 161m. Em seqüência, uma porção de 26,74%, representativa da área total, apresenta o relevo intermediário, atingindo o seu ponto máximo de altitude a 460m, em áreas próximas a montante (Figura 3).

**Figura 03.** Mapa hipsométrico da bacia do rio Peruípe (BA)



### Aspectos Clinográficos

A feição clinográfica de uma bacia, juntamente com a densidade da cobertura vegetal, solos predominantes, intensidade das chuvas e a inserção antrópica tem essencial influência nas taxas de escoamento superficial, nos processos de erosão do solo, no assoreamento dos rios e nos episódios de inundações. Assim, o mapeamento de declividade é uma forma de representação quantitativa do comportamento espacial do relevo, e tem as mais diversas aplicações, notadamente nas áreas de geomorfologia e planejamento territorial, tanto para o cumprimento da legislação ambiental brasileira, quanto para avaliar a eficiência das intervenções do homem no ambiente (ROMANOVSKI, 2001).

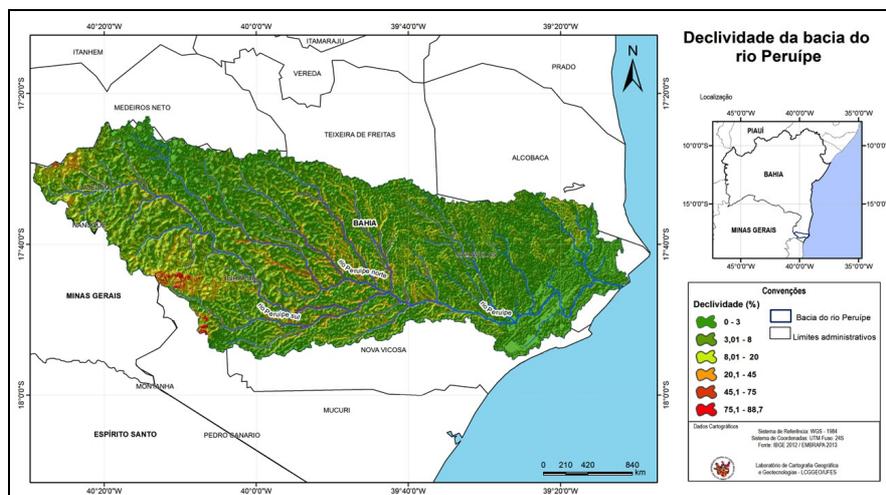
Após determinar a declividade partir das características topográficas (Quadro 2), pode-se observar na figura 4 que 82,56% da área da bacia apresentam declividade de 0% a 8%, sendo classificado como espaços planos a suave ondulados, o que corresponde a uma de área de 3.844,56 km<sup>2</sup>. Observa-se que 15,53% da área apresentam declividade de 8% a 20% sendo classificados como superfícies onduladas.

Neste domínio, onde ocorrem os tabuleiros e planícies costeiras, a declividade varia de 0 a 15%, o que pela Lei n° 6.766/1979 (BRASIL,1979), em seu artigo 3º, dispõe-se como área suscetível à urbanização sem restrições. Os espaços com declividade entre 15% e 30% são considerados passíveis de urbanização com restrições. Já as vertentes com declividade entre 30% e 47% são consideradas como extremo limiar dentro do qual a exploração é permitida, desde que associada a práticas de reflorestamento e manejo.

Comprova-se que a bacia não apresenta características de forte declividade, uma vez que apenas 1,91% da área apresentam declividade superior a 20%, classificadas como forte

onduladas, montanhosas ou escarpadas, o que indica o seu potencial urbano, dentro de um planejamento do uso e ocupação.

Figura 4. Mapa clinográfico da bacia do rio Peruípe (BA)



### Demais Aspectos Morfológicos

A análise morfológica de bacias hidrográficas consiste na realização de um diagnóstico quantitativo da organização dos elementos que geram sua expressão e configuração espacial: o conjunto das vertentes e canais que compõem o relevo, sendo os valores aferidos correspondentes às características desses elementos. Conforme os estudos realizados, a bacia do rio Peruípe é de 6ª ordem de grandeza, o que indica que suas ramificações a caracterizam como bacia pequena ou média, com uma área de 4.632 km<sup>2</sup> e perímetro de 464,15 km.

O comprimento do canal principal é de 79,98 km. A densidade de drenagem é de 1,1 km/km<sup>2</sup>, sugerindo dessa forma, segundo Christofolletti (1999), uma baixa capacidade de drenagem. Sendo assim, este índice fornece um indicio da dinâmica da drenagem da bacia, sendo expressa pela relação entre o somatório dos comprimentos de todos os canais da rede; sejam eles perenes, intermitentes ou temporários; e a área total da bacia.

O padrão de drenagem é do tipo dendrítico ou arborescente da montante até o término da Formação Barreiras, de acordo com a classificação geométrica dos padrões de drenagem proposto por Suguio e Bigarella (1990). Quando os rios alcançam a planície costeira, os mesmos assumem um padrão caótico, ora infletindo para o sul, ora infletindo para o norte, sendo orientados pela existência dos cordões arenosos pleistocênicos e holocênicos. Já no que se refere à configuração da bacia, Tonello (2005) ilustra que a forma influencia diretamente o tempo de residência da água. Isto é, o tempo necessário para a saída da água após uma precipitação. Sobre isso, o Coeficiente de compacidade encontrado de 1,9 e o Índice de circularidade de 3,6, indicam que a bacia não possui formato similar ao de uma circunferência, podendo se inferir que esta bacia apresenta menor risco de enchentes nas condições comuns de precipitação. Os demais resultados da caracterização morfológica estão apresentados no quadro 3.

Quadro 3. Características morfológicas da bacia hidrográfica do rio Peruípe – BA

<b>Geométricas</b>	Área Total = 4.632 km <sup>2</sup> Perímetro Total = 464,15 km Coeficiente de compacidade (Kc) = 1,9 Índice de circularidade (IC) 3,6 Padrão de drenagem predominante - Dendrítico	Continua
<b>Geomorfológicas</b>	Orientação – SE/NE Declividade mínima – 0,0% Declividade média – 3% Declividade máxima – 88,7 % Altitude mínima - 0m Altitude média – 90 m Altitude máxima – 740 m Declividade média do curso d'água principal – 3%	

<b>Rede de drenagem</b>	Comprimento do curso d'água principal - 79,98 km Densidade de drenagem (Dd) – 1,1 km/km <sup>2</sup>
-------------------------	---

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em conformidade com a metodologia empregada e resultados encontrados, observa-se que o uso de dados SRTM em ambiente SIG, permite a caracterização morfométrica automatizada de bacias hidrográficas podendo auxiliar a gestão e o gerenciamento dos recursos hídricos, razão por que se demonstra uma alternativa viável ao minimizar custos e tempo na execução dos trabalhos.

A partir dos resultados obtidos pode-se classificar a bacia hidrográfica do rio Peruípe como de baixa suscetibilidade a enchentes em condições comuns de precipitação. A espacialização dos dados referentes à hierarquia fluvial, declividade e hipsometria identificam a bacia do rio Peruípe como de 6ª ordem de grandeza, com declividade média de 3% e altitude média de 90 metros. As unidades morfométricas presentes devem auxiliar a definição das potencialidades e fragilidades interativas desta área, contribuindo para um efetivo planejamento do uso e ocupação destas terras.

## REFERÊNCIAS

- AMORIM, R. R. **Análise Geoambiental com ênfase aos setores de encosta da área urbana do município de São Vicente-SP**. Campinas, 2007. 194p. Dissertação (Mestrado em Geografia), Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas.
- ANDRADE A.C.S. **Geologia da região costeira de Caravelas (Bahia): contribuição ao planejamento ambiental**. Dissertação de Mestrado, Curso de Pós-Graduação em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia. 1994.
- ANDRADE ACS & DOMINGUEZ JML. Informações Geológico-Geomorfológicas como Subsídios a Análise Ambiental: o Exemplo da Planície Costeira de Caravelas – Bahia. **Boletim Paranaense de Geociências**, nº 51, p.9-17, jun. 2002. Editora UFPR, Curitiba.
- ANTONELI, V; THOMAZ, E.L. Caracterização do meio físico da bacia do Arroio Boa Vista, Guamiranga-PR. **Rev. Caminhos da Geografia**, Uberlândia, v.8, n.21, p46-58, jun. 2007.
- BERNARDES, J. A.; FERREIRA, F. P. M. Sociedade e natureza. In: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (org.) **A questão ambiental: diferentes abordagens**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. 160p.
- BRASIL. **Lei n. 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, Brasília, DF.
- BRASIL. **Lei n. 6.766, de 19 de dezembro de 1979**. Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras Providências, Brasília, DF.
- CARDOSO, C. A. et al. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo-RJ. **Árvore**, Viçosa, v.30, n.2, p.241-248, jun. 2006.
- CALIJURI, M.C.e BUBEL, A. P.M. Conceituação de Microbacias in: **As Florestas Plantadas e a água**. LIMA, W. P. e ZAKIA, M. J. B. (org.), ed. RIMA, CNPq, 2006.
- CHEREN, L. F. S. **Análise Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Alto Rio das Velhas – MG**. Belo Horizonte, 2008. 230f. Dissertação (Mestrado em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais). Universidade Federal de Minas Gerais.
- CHRISTOFOLETTI, A.. **Geomorfologia**; A análise de Bacias Hidrográficas, 2ª edição, São Paulo: Editora Edgard Blucher, 1980. 110p.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgard Blücher, 1999, 186p.
- CHRISTOFOLETTI, A.L.H. **Estudo sobre a sazonalidade da precipitação na bacia do Piracicaba**. São Paulo, 1991. 175f. Dissertação (Mestrado em Geografia) FFLCH – Universidade de São Paulo.

CRISTOFOLETTI, A. Análise morfométrica de bacias hidrográficas. **Rev. Geomorfol.**, Campinas, v.18, n.9, p.35-64, out. 1969.

COELHO, A. L. N. Modelagem Hidrológica da bacia do rio Doce (MG/ES) com base em imagens SRTM (Shuttle Radar Topography Mission). **Caminhos de Geografia**. Uberlândia. v.8,n.22.p. 116-131. ag. 2007. Revista On Line.

CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T.. **Geomorfologia do Brasil**, 3ª Edição, Editora Bertrand Brasil, RJ, 2003. 210p.

CRUZ, I.; CAMPOS, V. B. G.. Sistemas de informações geográficas aplicados à análise espacial em transportes, meio ambiente e ocupação do solo. In: Rio de Transportes, III, Rio de Janeiro. **Anais**. Rio de Janeiro. 2005. Disponível em: [http://www.ime.eb.br/~webde2/prof/vania/pubs/\(15\)SIG-AE2.pdf](http://www.ime.eb.br/~webde2/prof/vania/pubs/(15)SIG-AE2.pdf). Acesso em: 15/11/2012.

DOMINGUEZ, J. M. L. (org.). **Costa das Baleias: Caracterização da Zona Costeira dos Municípios de Alcobaca, Caravelas, Nova Viçosa e Mucuri**. Salvador: CBPM / UFBA – CPGG / LEC, 2008. 92p.

**EMBRAPA** – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, DF: Embrapa Produção de informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p

\_\_\_\_\_. Brasil em relevo. 2012. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br/>>. Acesso em: 11/11/2012

**ESRI** - Environmental Systems Research Institute Inc. ArcGIS Desktop 10.1 New York. CD-ROM. 2010.

GUERRA, A. J. T.; MARÇAL, Monica dos Santos. **Geomorfologia Ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006, p. 50-55.

GUERRA A. J. T. e CUNHA S. B. da. **Novo dicionário geológico-geomorfológico** – 8ª ed.- Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1997, 648p.

HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins: Hydrographical approach to quantitative morphology. **Geological Society of America Bulletin**, v.56, n.2, p.275-370, 1945.

**IBGE**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Bahia. Disponível em:<<ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas/topograficos/topo50/pdf>>. Acesso em: 21 de Maio de 2012.

**IBGE**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Malha Municipal Bahia. Disponível em:<[http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/territ\\_doc1.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/territ_doc1.shtm) >. Acesso em: 21 de Janeiro de 2013.

LIMA, W. P.; ZAKIA M.J.B. Hidrologia de matas ciliares. In: RODRIGUES; R.R.; LEITÃO FILHO; H.F. (Ed.) **Matas ciliares:conservação e recuperação**. 2.ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2000. 210p.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE/ SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS). 1997. **Plano diretor de recursos hídricos da bacia do extremo sul**. Volume 6. Documento síntese. Governo do Estado da Bahia. Superintendência de Recursos Hídricos, Salvador.

OLIVEIRA, E. D.; CUNHA, M. C.; VESTENA, L. R. e THOMAZ, E. L. Aspectos Morfométricos da Bacia Hidrográfica do Rio Cascavel, Guarapuava – PR. In: V SimpGeo (Simpósio Paranaense de Pós-Graduação e Pesquisa em Geografia, UFPR, **Anais**, Curitiba, 2010. 36-51 p.

RABUS, B.; EINEDER, M.; ROTH, A.; BAMLER, R. The shuttle radar topography mission: a new class of digital elevation models acquired by spaceborne radar. **ISPRS Journal of Photogramme-try & Remote Sensing**, v.57, n.4. p.241-262, 2003.

ROMANOVSKI, Z. **Morfologia e aspectos hidrológicos para fins de manejo da microbacia da Rua Nova, Viçosa-MG**. Viçosa, MG. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Viçosa. 2001. 99f.

- ROSS, J. L.S. **Geomorfologia: Meio Ambiente e Planejamento**. 7ª Ed. São Paulo: Contexto.2003.120p.
- ROSS, J. L.S. **Ecogeografia do Brasil: Subsídios para planejamento ambiental**. 1ª ed. Editora Oficina de Textos, São Paulo 2006.120p.
- SANTOS, P. R. A.; Gaboardi, C.; Oliveira, L. C. Avaliação da precisão vertical dos modelos SRTM para a Amazônia. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, v.58, n.1. p.101-107, Abr. 2006.
- SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA BAHIA. **Anuário estatístico da Bahia**. V. 1. Salvador: SEI .2011.
- SOBRINHO, T. R. G. S.. **Levantamento e avaliação de dados meteorológicos para estudos e planejamentos de projetos agro-ambientais no município de Caravelas, Bahia, Brasil**. Belo Horizonte, MG. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade Estadual de Minas Gerais. 2008.
- STRAHLER, A. N. **Quantitative analysis of watershed geomorphology**. Trans. American Geophysical Union, 38,1952. 920p.
- SUGUIO, K. e BIGARELLA, J. J. **Ambientes fluviais**. 2ª Ed. Florianópolis. Ed. UFSC. 1990. 183p.
- TEODORO, V. L.; TEIXEIRA, D.; COSTA, D. J. L. e FULLER, B. B. O Conceito de Bacia Hidrográfica e a Importância da Caracterização Morfológica para o Entendimento da Dinâmica Ambiental Local. **REVISTA UNIARA: Revista do Centro Universitário de Araraquara**, Araraquara/SP, v. 03, n. 20, p. 137-156, 2007.
- TONELLO, K.C. **Análise Hidroambiental da Bacia Hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães, MG**. Viçosa, 2005. 69p. Tese (Doutorado em Ciências Florestal) – Universidade Federal de Viçosa.
- VALERIANO, M. M.. **Modelo digital de elevação com dados SRTM disponíveis para a América do Sul**, São José dos Campos, SP INPE: Coordenação de Ensino, Documentação e Programas Especiais, 2004. 72p.
- VILLELA, S. M. MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo, McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245p.