

## **ANÁLISE DOS PARÂMETROS MORFOMÉTRICOS DA MICROBACIA DO RIO CAPIVARA, MUNICÍPIO DE LENÇÓIS, CHAPADA DIAMANTINA-BA**

*Jonatas Batista Mattos<sup>1\*</sup> & Jéssica Medeiros Fernandes<sup>1</sup>*

**Resumo** - O presente artigo tem como objetivo identificar os parâmetros morfométricos da microbacia do rio capivara, no município de Lençóis, Chapada Diamantina-BA. Para alcançar os resultados e realizar análises dos parâmetros, foi necessário, práticas de campo para reconhecimento dos canais fluviais, utilização do sistema de posicionamento global (GPS) e uso de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto, a fim de tornar os resultados com o menor percentual de erros possível. As variáveis analisadas foram a área, perímetro, comprimento do rio, extensão hidrográfica, número de rios, hierarquia fluvial, densidade hidrográfica, densidade de drenagem, índice de circularidade, coeficiente de compacidade, padrão de drenagem, altitude, amplitude altimétrica e declividade, todos adequadamente baseados na literatura científica de geomorfologia fluvial e hidrologia. Os resultados indicam que a microbacia do rio capivara tem uma forma alongada, com declives fortes, é esparsa e tem uma profunda dissecação fluvial, com um sistema de drenagem pouco ramificada e dendrítica. A microbacia é uma área de nascentes e tem vulnerabilidades quanto a algum tipo de atividade degradante, bem como potencialidades, como a produção de água de boa qualidade para o consumo humano e atividades turísticas.

**Palavras-Chave** – morfometria, lençóis, bacia de drenagem.

### **ANALYSIS OF THE MORPHOMETRIC PARAMETERS OF THE WATERSHED OF THE RIVER CAPIVARA, CITY OF LENÇÓIS, CHAPADA DIAMANTINA-BA**

**Abstract.** This article aims to identify the morphometric parameters of the watershed of the river capivara, the city of Lençóis, Chapada Diamantina, BA, in northeastern Brazil. To achieve results and perform analysis of the parameters, it was necessary for practical field recognition of river channels, using the global positioning system (GPS) and the use of geoprocessing techniques and remote sensing in order to make the results with the lowest percentage of possible errors. The variables measured and characterized were area, perimeter, length of the river, extension of rivers, number of rivers, fluvial hierarchy, density of rivers, drainage density, index of circularity, compactness coefficient, drainage pattern, altitude, altimetric amplitude and slope, all of them appropriately based on the scientific literature of fluvial landforms and hydrology. The results indicate that the watershed of the river capivara has an elongated shape, with steeper slopes, is sparse and has a deep dissection river, with a drainage system little branched and dendritic. A watershed is an area of springs and has vulnerabilities as some kind of degrading activity, as well as potential, as the production of good quality water for human consumption and tourist activities.

**Keywords** - morphometrics, lençóis, watershed drainage.

## **1. INTRODUÇÃO**

A bacia hidrográfica se constitui como uma eficiente unidade espacial de análise, pois segundo Nascimento e Villaça (2008) o planejamento e gerenciamento da mesma são práticas bastante eficazes quando a questão trata dos recursos hídricos. A bacia varia de tamanho e forma, e

<sup>1</sup> Discentes: Graduação, Universidade Estadual de Santa Cruz, Departamento de Ciências Agrárias e Ambientais, Bacharelado em Geografia, Campus Soane Nazaré de Andrade, Pavilhão Jorge Amado, Km 16 da rodovia Ilhéus-Itabuna, Salobrinho, Ilhéus-BA. jon-mattos@hotmail.com; jeelfernandes@live.com

é composta por um rio principal, afluentes, sub-afluentes e tributários que formam as bacias, sub-bacias e microbacias que cruzam diferentes cidades e em alguns casos estados e países. Elas agem como um sistema coletor de águas em uma área de captação natural de água pluvial e que são compostas por um conjunto de superfícies vertentes e por uma rede de drenagem formada por cursos de água que confluem até resultar em um leito único no seu exutório (Tucci, 1997). Apresentam como divisores de drenagem elevações topográficas que controlam para qual bacia a água de escoamento da precipitação é drenada.

Por conseguinte, vários métodos são constantemente aplicados para obtenção de resultados capazes de mostrar de forma quali-quantitativa as variáveis dentro de uma bacia hidrográfica e dentre elas estão à caracterização morfométrica, obtida neste artigo, através de práticas de campo e técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. Crhistofolleti (1974), afirma que para estabelecer uma análise morfológica do terreno é essencial dividir as formas dos elementos de paisagem, descrevê-las quantitativamente e compará-las de região para região. Dessa forma uma bacia hidrográfica apresenta um complexo modelo biofísico, e esse modelo está agregado à dinâmica de cada variável morfométrica analisada, a qual está vigorosamente correlacionada com a diversidade geomorfológica e a regimes climáticos.

Neste sentido, a morfometria fluvial se caracteriza como um estudo das bacias hidrográficas mediante a uma análise linear, areal e hipsométrica, de forma que mostre quais as características fisiográficas e morfológicas de uma bacia a partir das nascentes dos rios até a foz do canal principal. No contexto histórico, os primeiros estudos em morfometria de bacias de drenagem foram realizados por Robert E. Horton (1945), que procurou estabelecer leis do desenvolvimento dos cursos d'água e suas respectivas bacias. Assim sendo, uma nova metodologia foi concebida, um método quantitativo de mensuração e análises de sistemas e geoformas fluviais.

De acordo com Cardoso et al (2006) a importância da caracterização morfométrica consiste em mensurar a capacidade hidrológica de uma rede hidrográfica mediante a forma da bacia, densidade da drenagem, declividade, altitude e hierarquia fluvial. Com tais dados é possível qualificar o uso dos corpos hídricos de uma bacia, exemplos: escolha de fontes para abastecimento de água; projetos e construções de obras hidráulicas; projetos de drenagem; irrigação; regularização de corpos d'água e controle de inundações; controle da poluição; controle de erosão; navegação; aproveitamento hidroelétrico; operação de sistemas hidráulicos complexos; recreação e preservação do meio ambiente.

Deste modo, o objetivo do presente artigo é mostrar de forma prática como a mensuração dos parâmetros morfométricos de uma bacia hidrográfica podem ser de extrema importância para detectar e apontar as suas potencialidades e vulnerabilidades quanto ao uso e ocupação.

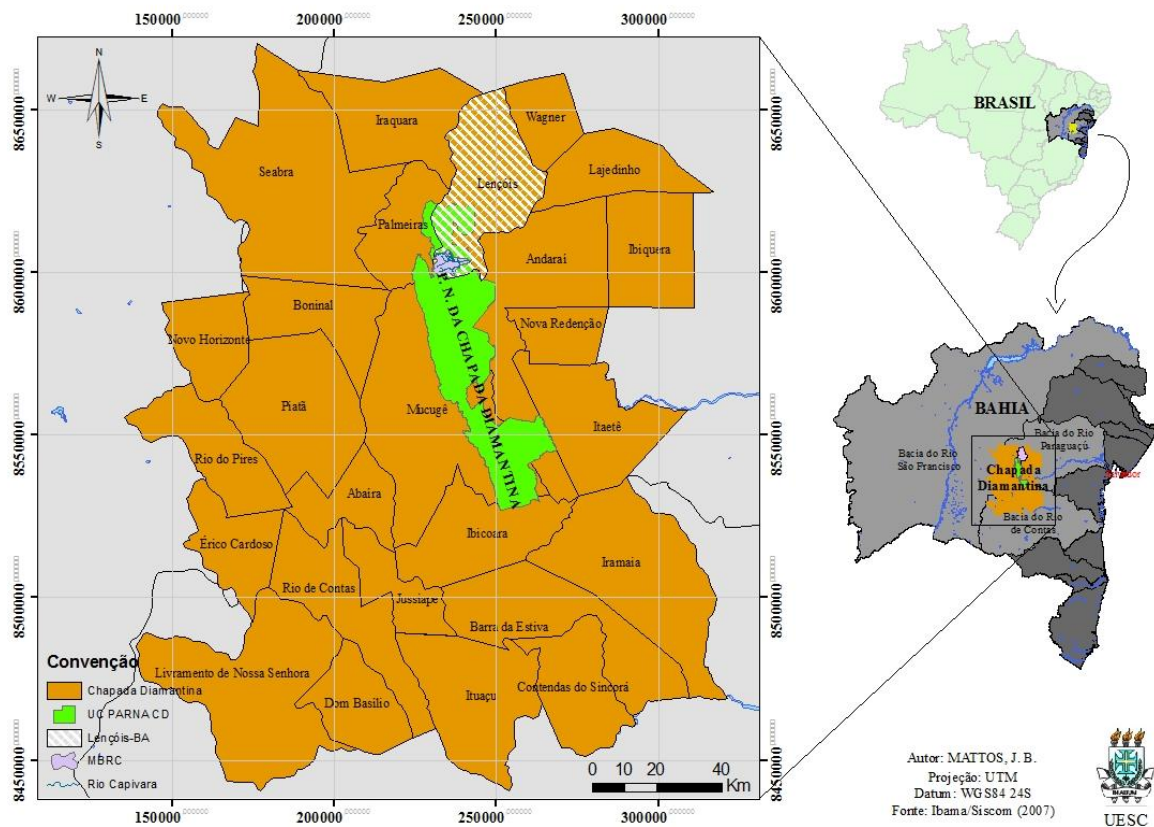
## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1 Área de Estudo**

A área drenada pelo Rio Capivara se caracteriza como uma microbacia, pertencente à sub-bacia do Rio São José, que conflui com o Rio Santo Antônio, que por sua vez é uma sub-bacia e um dos principais afluentes do Rio Paraguaçu que é o rio principal da bacia que leva o seu nome que é integrante de um conjunto de bacias que formam a bacia secundária do Atlântico Leste no litoral Brasileiro. As nascentes do Rio Paraguaçu estão na região administrativa da Chapada Diamantina que se localiza na porção central do estado da Bahia (figura 1).

Quanto à caracterização física da unidade geomorfológica Chapada Diamantina, ela é resultado de um processo tectônico, que formou uma extensa bacia sedimentar, a qual, posteriormente, sofreu um soerguimento através de uma atividade orogênica. Essa orogenia, em conjunto com as ações exógenas, deu origem a diferentes formas de relevo. A principal dessas

formas é representada pelo relevo de dobras, caracterizado por rochas sedimentares que sofreram processos erosivos e preencheram a bacia sedimentar de maneira alternada, por camadas de arenitos, argilitos, quartzitos e calcários, formando um compartimento topográfico de anticlinais aplanados e escavados, sinclinais suspensos. A Chapada está inserida dentro de um pacote rochoso sedimentar, denominado Supergrupo Espinhaço. A área de estudo está dentro de um sub-pacote rochoso do espinhaço, chamado Formação Tombador, formado por rochas sedimentares clásticas, mesoproterozóicas, sendo elas em maioria, os arenitos, os arenitos conglomeráticos, e o quartzo.



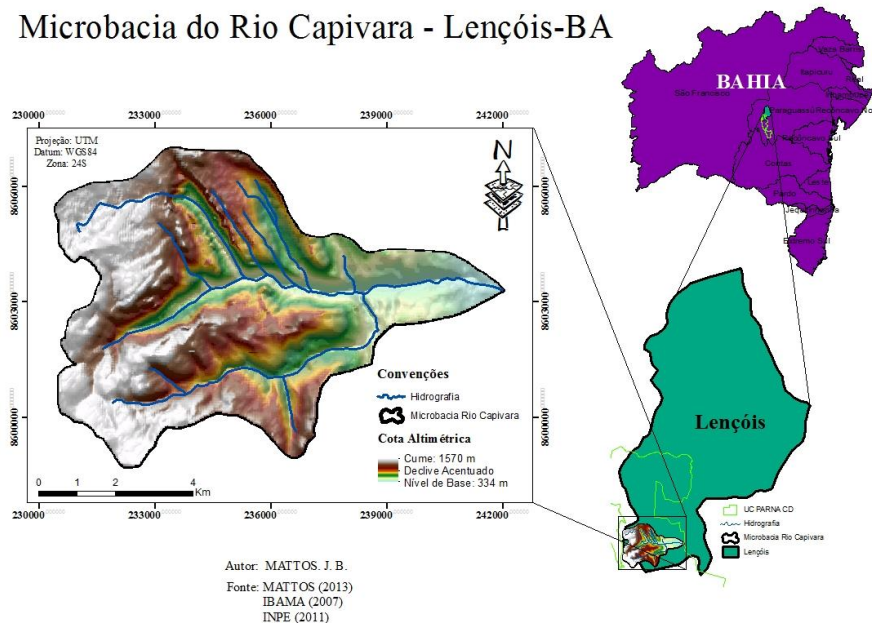
**Figura 1:** Mapa de localização do município de Lençóis dentro dos limites do território de identidade Chapada Diamantina e o parque nacional no território baiano e brasileiro.

Quanto aos aspectos morfoclimáticos, de acordo com a classificação de Köppen (1948), há predominância do clima tipo Cwb (tropical de altitude), com médias anuais de temperatura variando entre 22°C e 24°C, com duas estações bem definidas, isto é, primavera e verão quentes e chuvosos, e outono e inverno mais secos e frios. A média da precipitação anual oscila entre 830mm a 1192mm Giulietti et al., (1996). Se configura como uma área de transição entre os biomas mata atlântica, caatinga e cerrado, apresentando peculiaridades diversas de diferentes meios morfoclimáticos.

O rio capivara e seus afluentes drenam áreas dentro do município de Lençóis e um de seus subafluentes nasce dentro do território do município de Palmeiras, próximo aos limites que separam os dois municípios. A microbacia está entre as coordenadas geográficas em UTM – 230900; 241900 de Latitude Sul e 8580000; 8607500 de Longitude Oeste (figura 2). A área de estudo está inteiramente dentro do perímetro da Unidade de Conservação Parque Nacional da Chapada Diamantina com inúmeros geossítios, paleossítios, cachoeiras, lagoas, áreas alagadas, cavernas, serras, fauna e flora exuberantes além de rico patrimônio cultural.

O parque confere a esta microbacia uma proteção de muita importância, já que garante a manutenção de índices de qualidade da água extremamente altos, contribuindo dessa forma com a produção de água de qualidade para o consumo humano.

### Microbacia do Rio Capivara - Lençóis-BA



**Figura 2:** Mapa de localização, hipsometria e rede hidrográfica com modelo digital de elevação gerado por imagem SRTM – Topodata, da microbacia do rio Capivara, município de Lençóis - BA.

Quanto à etapa metodológica, em um primeiro momento, houve o levantamento de material cartográfico base para a elaboração dos mapas, sendo elas a folha topográfica Lençóis, de código – SD.24-V-A-V, da base de dados da SUDENE – Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (1977), e a grade hipsométrica Topodata de 30 metros, favorecendo dessa forma a identificação dos divisores topográficos e da hidrografia.

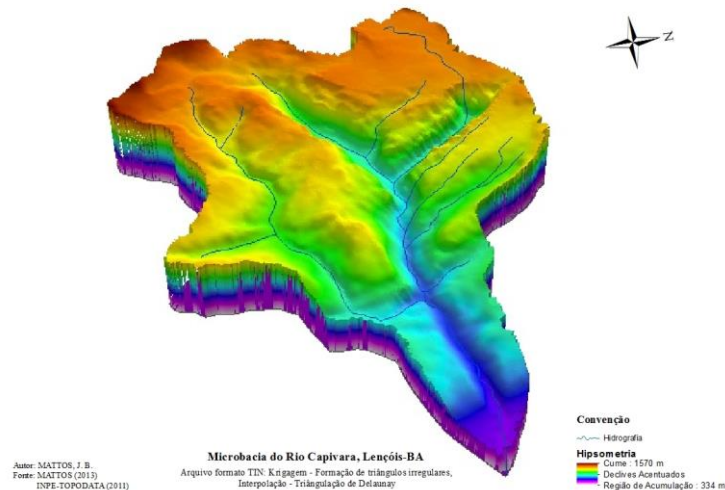
Posteriormente, houve o aperfeiçoamento da caracterização da área de estudo, com o uso do ambiente SIG para fins de mapeamento e análise morfométrica da microbacia. O primeiro momento foi de escolha do sistema geodésico melhor empregado para esse tipo de análise nesta área, e optou-se pelo sistema de coordenadas UTM e Datum: WGS84.

Para utilização do *software ArcGis 10.1*, foi necessário a criação de um banco de dados geográficos que contemplou o uso das informações fornecidas pelo Siscom, IBAMA – MMA para os arquivos vetoriais Shp. de polígonos referentes ao estado da Bahia e cidade de Lençóis, Topodata – INPE para o arquivo raster .Geotiff derivado de imagem SRTM - *Shuttle Radar Topography Mission*, para a geração de modelo digital de elevação de Relevo Sombreado, de código 12\_42\_RS e Hipsometria, de código 12\_42\_ZN, aumentando a percepção topográfica através de técnicas de sensoriamento para melhor aproveitamento dos recursos da imagem, como por exemplo as ferramentas de simbologia *stretch histograms* e *hilshade effect* que modificam as características de cores e sombreamento.

O uso do GPS, dos *softwares BaseCamp* Garmin e da extensão *ArcScene 10.1* foram essenciais. Houve a necessidade de ida a campo para marcação de pontos que também serviram de base para melhor delimitar a microbacia. O uso de imagens de satélite *BirdsEye* facilitou a percepção fisiográfica da área de estudo. E a geração de um modelo digital tridimensional da microbacia com os dados altimétricos de arquivo *Geotif*. da imagem topodata, que gerou uma simulação das geoformas reais a partir da criação de um arquivo no formato TIN (figura 3), que é o resultado da formação e interpolação de cubos e triângulos, através do método de krigagem,



mediante a três eixos de informações: latitude, longitude e altimetria. A partir de tais dados foi possível gerar o polígono com a área da bacia e a ordenação de canais fluviais, a hierarquia fluvial e dessa forma calcular os parâmetros morfométricos com a mensuração dos seguintes índices: Perímetro da bacia; coeficiente de compacidade; comprimento da bacia; índice de circularidade; densidade hidrográfica; densidade de drenagem; cotas altimétricas e declividade.



**Figura 3:** Modelo digital de elevação tridimensional, formato TIN, da microbacia do Rio Capivara.

## 2.2 Área e Perímetro da Bacia

Calculadas através do SIG e necessárias para o cálculo de índice de circularidade, coeficiente de compacidade, densidade de drenagem e densidade hidrográfica. (A e P).

## 2.3 Extensão da Rede Hidrográfica

A soma do comprimento de todos os cursos hídricos integrantes da bacia. Representada pelo símbolo  $\Sigma$ . Necessária para o cálculo de densidade de drenagem.

## 2.4 Índice de Circularidade

O índice de circularidade ( $I_c$ ) é a relação entre a área de uma bacia e a área de um círculo de mesmo perímetro. Como o valor máximo a ser obtido desta relação é igual a 1, quanto maior o valor obtido (mais próximo de 1), mais aproximada da forma circular é a forma da bacia, Christofletti (1969). Para isso, utilizou-se a seguinte equação: Onde o índice de circularidade é igual à divisão da área da bacia pela área do círculo de mesmo perímetro:

$$I_c = \frac{A}{a} \quad (1)$$

que por sua vez é calculada pela multiplicação:

$$A = \pi r^2 \quad (2)$$

em que  $I_c$  é o índice de circularidade, A a área de drenagem ( $m^2$ ), P o perímetro (m),  $r^2$  o raio ao quadrado.

$$\pi = 3,14 \quad (3)$$

## 2.5 Coeficiente de Compacidade

Simultâneo ao índice de circularidade, o coeficiente de compacidade ( $K_c$ ) também relaciona a forma da bacia com um círculo. Constitui a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual à da bacia. Quanto mais irregular for a bacia, maior será o coeficiente de compacidade. Um coeficiente mínimo igual à unidade corresponderia a uma bacia circular e, para uma bacia alongada, seu valor é significativamente superior a 1. Em caso de enchentes, a tendência é mais acentuada quanto

mais próximo de 1 for o valor de  $K_c$ . O  $K_c$  foi determinado baseado no seguinte modelo:

$$K_c = 0,28 \cdot \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (4)$$

Sendo:  $K_c$  o coeficiente de compacidade,  $P$  o perímetro (m) e  $A$  a área de drenagem ( $m^2$ ).

## 2.6 Densidade Hidrográfica e Densidade de Drenagem

Hidrográfica: Número total de canais dividido pela área da bacia ( $km^2$ ).

$$DH = N^\circ \text{ de canais} / A \quad (5)$$

Drenagem: Extensão da rede hidrográfica (km) dividido pela área da bacia ( $km^2$ ).

$$DD = \Sigma / A \quad (6)$$

## 2.7 Padrão de Drenagem

Guerra & Guerra (2011) definem padrão de drenagem como o arranjo espacial da rede hidrográfica que pode se influenciar em seus trabalhos morfogenéticos pela geologia, litologia e pela evolução geomorfológica da região em que se instalam.

## 3. RESULTADOS

A Tabela 1 mostra os resultados dos parâmetros morfométricos, que irão possibilitar múltiplas análises, capazes de diagnosticar as características da microbacia de forma que indiquem qual o tipo de uso que tal área tem potencial.

**Tabela 1- Características físicas da microbacia do Rio Capivara, Lençóis, BA, 2013.**

<b>Características físicas</b>	<b>Resultados</b>
Área da Bacia ( $Km^2$ )	51,2
Perímetro (Km)	35,98
Comprimento Rio Principal (Km)	11,35
Extensão Hidrográfica (Km)	41,76
Nº de Rios	11
Hierarquia Fluvial	3 <sup>a</sup>
Quantidade e % de canais de 1 <sup>a</sup> ordem	08/(72,8%)
Quantidade e % de canais de 2 <sup>a</sup> ordem	02/(18,1%)
Quantidade e % de canais de 3 <sup>a</sup> ordem	01/(9,1%)
Densidade Hidrográfica (quantidade de canais / $km^2$ )	0,21
Densidade de Drenagem (Km de canais/ $Km^2$ )	0,81
Índice de Circularidade	0,49
Coeficiente de Compacidade	1,4058
Padrão de Drenagem	Dendritica Arborescente
Altitude Máxima (metros)	1590
Altitude Média (metros)	965
Altitude Mínima (metros)	340
Amplitude Altimétrica (metros)	1250
Declividade	22,19% (Forte Ondulado)

## 4. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados, pode-se concluir que: Os parâmetros morfométricos da microbacia do Rio Capivara indicam que a bacia não possui formato semelhante ao de uma circunferência, correspondendo, portanto, a uma bacia alongada, o que possibilita maior velocidade no escoamento superficial e menor capacidade de retenção de água pelo sistema, diminuindo dessa forma a possibilidade de inundações, sendo comprovado pelos valores de índice de circularidade

(0,49) e coeficiente de compacidade (1,4058). Isso denota um controle estrutural da drenagem. A densidade de drenagem é de 0,81 km/km<sup>2</sup>, podendo-se afirmar que a microbacia em estudo é esparsa e apresenta uma profunda dissecação fluvial, em função do acentuado declive da nascente até a foz de todos os seus canais.

A declividade média na microbacia corresponde a 22,19%, caracterizando um relevo forte ondulado, segundo classificação da EMBRAPA (1999). A maior área da microbacia está dentro da classe de 8% a 20%, seguida da classe de 20 % a 45%, também com grande área. Existem áreas na microbacia, sobretudo as próximas ao canal principal e no cânion do córrego da fumaça onde as classes atingem declives de 75% a 100%, configurando uma área montanhosa e escarpada.

De acordo com os conceitos de hierarquia fluvial de Strahler (1952), a microbacia do Rio Capivara apresenta hierarquia fluvial de 3ª ordem, cujo rio principal possui uma extensão de 11,3 km, possuindo 11 canais de escoamento de acordo com os conceitos de magnitude de drenagem de Shreve, uma área de drenagem de 51, 2 Km<sup>2</sup> e o perímetro de 35,98 Km. A hierarquia aponta que o sistema de drenagem da bacia é pouco ramificado. As características topográficas ao longo dos canais de toda a microbacia configuram a formação de várias cachoeiras, sendo seis delas de grande porte, dentre as quais a de maior destaque a Cachoeira da Fumaça com 380 metros de queda livre. O Rio Capivara e seus afluentes possuem bastante energia e ainda estão em um período jovial de modelação do relevo, pois os processos erosivos de corte e afundamento do talvegue ainda são atuantes. Dentre os 11 rios formadores da microbacia se destacam o Capivara, Capivarí, Córrego da Fumaça, Córrego Muriçoca e Rio Palmital.

Quanto ao padrão de drenagem da microbacia, foi classificada mediante aos conceitos de Guerra & Guerra (2011), em dendrítica arborescente, onde as correntes tributárias se distribuem em todas as direções se assemelhando a galhos de árvores e se unem formando ângulos agudos de gradações variadas, padrão tipicamente desenvolvido em estruturas sedimentares horizontais, as quais ocorrem em grande escala na área de estudo da MBRC.

Analisando os resultados referentes a fisiografia é possível apontar as vulnerabilidades e potencialidades da microbacia do rio capivara quanto ao uso de seus atributos naturais. Por se tratar de uma área de nascentes, é uma área vulnerável e passível de preservação, o que já acontece em termos legais de legislação, conferindo a esta área proteção integral. Outro fator se refere às geoformas e dinâmicas locais, pois a instalação de urbanização ou culturas agrícolas seria inviável, por conta da acentuada declividade, da geologia e dos tipos de compartimentos topográficos.

No entanto, esta microbacia tem potencial para suprir as necessidades hídricas de pequenas cidades e vilarejos no seu entorno, seguindo os moldes de um planejamento adequado e captação de água equilibrada, assegurando os bons níveis produtivos e de preservação da área. E por fim, outra potencialidade desta microbacia, diz respeito a práticas de turismo, subdividida em categorias: Geoturismo, turismo de aventura e ecoturismo. Tal potencialidade é percebida através de inúmeros geossistemas e ecossistemas, dentre eles: Belas formações geológicas, rios, cachoeiras, cânions, serras, fauna e flora preservadas. Porém esta prática deve ser regulamentada, somente feita com a presença de guias devidamente capacitados e equipados, pois as trilhas são longas, arriscadas e exigem alto grau de esforço físico e atenção.

## 5 – REFERÊNCIAS

CARDOSO, A. C; DIAS, H. C. T.; SOARES C. P. B.; MARTINS S. V. (2006). Caracterização Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Debossan, Nova Frifurgo, Rj. *Revista Árvore, Sociedade de Investigações Florestais*, ISSN: -9088, Viçosa-MG, v.30, n.2, p.241-248.

CHRISTOFOLETTI, A. (1974). *Geomorfologia*. São Paulo. Universidade de São Paulo, 149p.

- CHRISTOFOLETTI, A. (1969). Análise morfométrica de bacias hidrográficas. *Notícia Geomorfológica*. Campinas: v. 9, nº 18, p. 35-64.
- CHRISTOPHERSON, R. W. (2012). Sistema e Geformas Fluviais. In: *Geossistemas – Uma introdução a geografia física*. Tradução, Porto Alegre-RS, 7. ed. p. 429-465.
- EMBRAPA. (1999). Centro Nacional de Pesquisas de Solo. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Brasília, 412p.
- GIULIETTI, A. M.; QUEIROZ, L. P. & HARLEY, R.M. (1996). Vegetação e flora da Chapada Diamantina, Bahia. In: *Anais 4ª reunião especial da SBPC*. Feira de Santana, BA, Brasil: p.144-156.
- GUERRA, A. T; GUERRA, A. J. T. (2011). *Novo Dicionário Geológico – Geomorfológico*. Rio de Janeiro, 9. ed. Bertrand Brasil, 648p.
- HORTON, R. E. (1945). Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. *Geological Society of America Bulletin*, v.56, n.3, p. 275-370.
- IBAMA. SISCOM. (2007). *Instituto Brasileiro do meio ambiente e dos recursos naturais renováveis – Sistema Compartilhado de Informações Ambientais*. Downloads, ShapeFiles. Brasília. Disponível em: <<http://siscom.ibama.gov.br/shapes/>>. Acesso em: 15 de março de 2012.
- INPE. TOPODATA. (2011). *Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Banco de Dados Geomorfológicos do Brasil*. Acesso, Planos de informação em Geotiff (32 bits, extensão .tif), 12\_42\_ZN, 12\_42\_RS. São José dos Campos. Disponível em <<http://www.dsr.inpe.br/topodata/data/geotiff/>>. Acesso em: 23 de maio de 2012.
- KOPPEN, W. (1948). *Climatologia con un estudio de los climas de la tierra* (transl. P. R. H. Peres), Fondo de Cultura e Economica, Mexico City, Mexico.
- MATTOS, J. B; LOURENÇO, R. A.; NASCIMENTO, S. Y. H. (2013). Uso do geoprocessamento como instrumento de análise morfométrica da microbacia do rio capivara, município de Lençóis-BA. In: *Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR*, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 de abril a 18 de abril de 2013, INPE p. 4555-4562.
- NASCIMENTO, W. M; VILLAÇA, M. G. (2008). Bacias Hidrográficas: Planejamento e Gerenciamento. *Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros – Seção Três Lagoas – Três Lagoas-MS*, nº 07, ano 5, ISSN 1808-2653, p. 102-121.
- STRAHLER, A. N. (1952). Dynamic basis of Geomorphology. *Geological Society of America Bulletin*, v.63, p. 923-938.
- SUDENE. (1977). Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste. *Folha Lençóis (SD.24-V-A-V)*. Recife.
- TUCCI, C. E. M. (1997). *Hidrologia: ciência e aplicação*. 2.ed. Porto Alegre: ABRH/Editora da UFRGS. (Col. ABRH de Recursos Hídricos, v.4).