

# Análise Morfométrica Da Bacia Hidrográfica Do Rio Subaé, Bahia, Brasil

## Morphometric Analysis River Basin Of Subaé, Bahia, Brasil

Paula Núbia Soares Dalto Motta<sup>1</sup>(\*)

Thomas Vincent Gloaguen<sup>2</sup>

Marcelo Soares Teles Santos<sup>3</sup>

Anderson Targino da Silva Ferreira<sup>4</sup>

Tiago Oliveira Motta<sup>5</sup>

## Resumo

A análise morfométrica permite investigar as interações entre os processos físicos e as formas do relevo de uma bacia, sob a ótica quantitativa, fornecidas pelas geotecnologias. Dentre essas geotecnologias se destaca o uso de técnicas de Geoprocessamento, a partir do *software ArcMap*<sup>®</sup> 10.2, que possibilita a geração de mapas de hierarquia fluvial, declividade e hipsometria, entre outros. Objetivou-se, neste estudo, calcular, a partir dos mapas gerados, os dados morfométricos da bacia hidrográfica do rio Subaé, visando ao entendimento da morfodinâmica de sua paisagem. Foram estudados, padrões de drenagem, densidade hidrográfica e densidade de drenagem, gradiente de canais e relação de relevo, bem como a delimitação da própria bacia. O padrão de drenagem apresentou-se sob a forma dendrítica, com área de drenagem de 559.23 km<sup>2</sup> e perímetro de 167.56 km, constatando-se que a bacia possui forma alongada, com densidade de drenagem regular, com relevo ondulado a suavemente ondulado, com potencial de escoamento e não susceptível às enchentes.

**Palavras chave:** modelo digital de elevação; morfometria; caracterização hidromorfológica.

1 MSc.; Solos e Qualidade de Solos; Participante de Projeto; Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, UFRB, Brasil. Endereço: Av. Rui Barbosa, 710 Cruz das Almas – BA. CEP: 44380-000 E-mail: pnsd.motta@gmail.com (\*) Autora para correspondência.

2 Dr.; Geociências; Professor na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia; Endereço: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas. Campus Universitário de Cruz das Almas - Cruz das Almas, BA - Brasil. CEP:44380-000; E-mail: thomasgloaguen@ufrb.edu.br

3 Dr.; Ciência e Engenharia de Petróleo; Professor Adjunto da Universidade Federal do Sul da Bahia (Câmpus Jorge Amado em Itabuna/BA); Endereço: Universidade Federal do Sul da Bahia, Centro de Formação em Ciências, Tecnologias e Inovação. Rua Itabuna, s/n, Rod. Ilhéus-Vitória da Conquista, km 39, BR 415. Ferradas - Itabuna, BA - Brasil; CEP: 45613204; E-mail: mstsantos@yahoo.com.br

4 Dr.; Geodinâmica e Geofísica; Professor na Universidade Guarulhos (UNG); Endereço: Universidade Guarulhos, Pós-Graduação - Mestrado em Análise Geoambiental - MAG. Praça Tereza Cristina, 229, Centro - Guarulhos, SP - Brasil. CEP: 07023070; E-mail: atargino@prof.ung.br

5 MSc.; Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente; Professor Adjunto da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB); Endereço: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, CETENS - Centro de Ciência e Tecnologia em Energia e Sustentabilidade. Avenida Centenário, 697 - Feira de Santana, BA - Brasil. CEP: 44085132; E-mail: motta.tiago@gmail.com

## Abstract

The morphometric analysis allows to investigate the interactions among the physics process and the forms of the relief of an watershed, on a quantitative perspective, provided by geotechnologies. Among these geotechnologies stands out the use of Geoprocessing techniques, from software ArcMap® 10.2, which allow the generation of maps of fluvial hierarchy, slope and hypsometry, among others. The objective of this study is calculated, from of the generated maps, the morphometric data of the watershed of the *Subaé* river, for understanding of the morphodynamic of its landscape. They were studied drainage pattern, hydrographic density and drainage density, channel gradient and relief relation, and the delimitation of the own bowl. The pattern of drainage shown in the dendritic form, with the drainage area of 559,23 km<sup>2</sup> and perimeter of 167,56 km. Noting that the watershed have elongated shape, with the regular drainage of density, with wavy relief to gently rolling relief, with potential flow and not susceptible to flooding.

**Key words:** digital elevation model; morphometric; characterization hydromorphological.

## Introdução

A contaminação por metais, provocada pelas atividades de mineração e beneficiamento da galena (PbS), presente em minério de chumbo, pela Companhia Brasileira de Chumbo – COBRAC (subsidiária da multinacional *Penarroya*), tem sido estudada na cidade de Santo Amaro há mais de 40 anos, desde que as primeiras evidências foram encontradas nas águas do rio Subaé. Foi comprovado que o passivo ambiental deixado pela COBRAC, na região, incluía mais de 490 mil toneladas de escória contaminada com metais, sobretudo chumbo e cádmio acumulados no sítio da fábrica (ANJOS; SÁNCHEZ, 2001), além de uma quantidade não estimada, mas considerável, que fora usada na pavimentação de áreas públicas e privadas.

O Ministério da Saúde, em 2003, adotando a metodologia da *Agency for Toxic Substances and Diseases Registry-Atsdr* (EUA), identificou como foco primário da contaminação a área do entorno da fábrica da COBRAC, e, como secundário, o estuário do rio Subaé. Análises realizadas revelaram que os sedimentos do rio Subaé apresentaram concentrações de chumbo, cádmio, cobre, mercúrio, níquel e zinco acima dos valores de referência (BRASIL, 2004). Reis (1975) constatou, por meio de medições feitas em vários pontos da cidade, durante o período de um ano (dezembro de 1973 a dezembro de 1974), que o teor de chumbo e cádmio no rio Subaé foi de até 60 (sessenta) vezes superior ao nível estabelecido pela Organização Mundial de Saúde - OMS para o chumbo, que é de (0,1mg/l).

Dessa forma, a falta de manejo adequado para os rejeitos deixados pela fábrica e o elevado índice de precipitação anual da região acarretaram uma constante lixiviação das pilhas de acumulação das escórias (PEIXOTO, 2014), transportando os sedimentos contaminados por metais, principalmente Pb e Cd, até o rio principal da bacia (ANJOS, 2003). Essa contaminação do rio Subaé ocorre tanto na cidade de Santo Amaro quanto em seu estuário ao norte da Baía de Todos os Santos, com índice de dispersão em locais distantes de mais de 30 km da fonte da contaminação, resultando num vasto impacto nos ecossistemas costeiros e marinhos

(PAOLIELLO; CHASIN, 2001). Ainda, destaca-se a contaminação do solo no entorno da cidade de Santo Amaro (mínimo 4 km de raio), proveniente do aporte constante do poluente no rio Subaé por erosão hídrica (PEIXOTO, 2014).

Considerando tais afirmações, pode-se concluir que a bacia hidrográfica é um elemento importante nos estudos de transporte de sedimentos e poluição associada, uma vez que os processos de erosão de solos e os movimentos de massa fazem com que o escoamento superficial transporte os sedimentos contaminados para o rio que drena a bacia. Conforme a proximidade da área atingida, esses materiais podem chegar imediatamente ao rio e causar dano irreparável ao ecossistema aquático, bem como à saúde da população (COELHO NETO, 2007; BLUM, 2002).

Segundo Florenzano (2008) e Cunha (1995), a geomorfologia da bacia hidrográfica permite estabelecer as relações que envolvem os processos de erosão e deposição resultantes do escoamento da água nos canais fluviais e, assim, as formas de relevo associadas. Trata da evolução da bacia hidrográfica e seus processos fluviais correlatos (GOERL; KOBAYAMA; SANTOS, 2012). Ainda, exerce influência sob o estudo de transporte de sedimentos na bacia hidrográfica, por permitir a compreensão de inúmeras questões geomorfológicas relacionadas aos cursos d'água, pois constituem processo morfogenético dos mais ativos na esculturação da paisagem terrestre (CHRISTOFOLETTI, 1969).

Para o estudo de bacias hidrográficas, técnicas de geoprocessamento têm sido utilizadas no mapeamento e na sua delimitação e representações geomorfológicas, a partir de uma estrutura numérica de dados correspondente à distribuição espacial da superfície do terreno, denominada Modelo Digital de Elevação (MDE) (GARBRUCH; MARTZ, 1997). Os MDEs vêm sendo utilizados em diversos estudos relacionados aos recursos hídricos, a exemplo dos trabalhos apresentados por Valeriano (2004), Valeriano (2005), Torres et al. (2006), Duarte e Assad (2007) e Band (1986), sejam no delineamento de redes de drenagem, na determinação dos limites de bacias hidrográficas, nos cálculos de declividade, altitudes, entre outros.

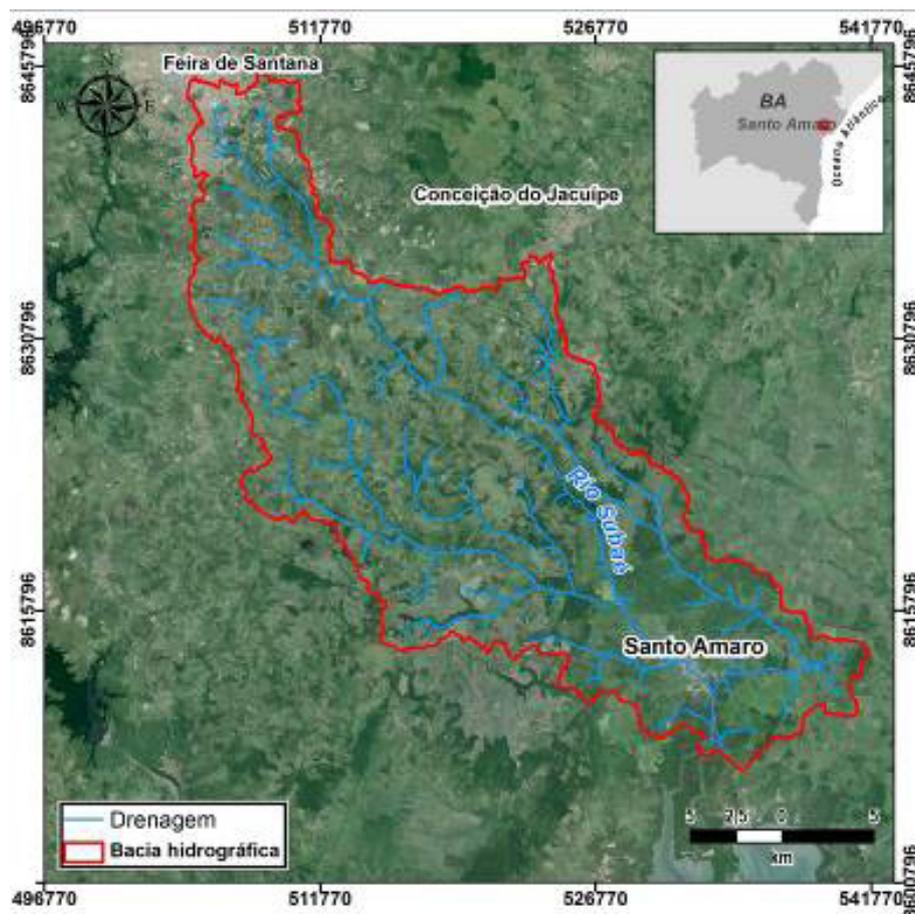
Assim, o objetivo do presente trabalho é apresentar morfometricamente as características hidrográfica e geomorfológica da Bacia Hidrográfica do Rio Subaé (BHRS), para servir de referência aos estudos da hidrodinâmica fluvial, uma vez que há poucos estudos disponíveis sobre a referida bacia e, principalmente, servir de base para estudos voltados à remediação da área contaminada por chumbo na cidade de Santo Amaro-BA.

## **Materiais e Métodos**

### **Área de Estudo**

A bacia hidrográfica do rio Subaé, Bahia (BHRS), está localizada na região denominada Recôncavo Norte, inserida na região Hidrográfica Nacional Atlântico Leste, entre as coordenadas retangulares UTM 8.644.940,0161 e 8.603.531,239 N e 541.502,1928 e 501.685,8892E, Meridiano Central UTM 24 (Figura 1), considerando o Datum WGS1984. O rio principal origina-se na Lagoa do Subaé, na cidade de Feira de Santana, com uma extensão de 55 km. O clima, segundo a classificação de *Köppen's* é Af, tropical úmido a subúmido e seco para subúmido, com precipitações médias de 1000 mm de chuva. No médio curso, há uma maior umidade e distribuição de chuva durante todo o ano, com média anual de 1.600 mm de chuva. A temperatura média anual na bacia varia de 24°C a 26°C.

Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo



Fonte: MOTTA, P. N. S. D. (2015)

A geologia da área é composta por rochas sedimentares pertencentes aos Grupos Barreiras, Brotas, Ilhas e Santo Amaro, compostos por siltito, argilito, arenito, folhelho, dentre outros (BORGES et al., 2014; CARVALHO; RAMOS, 2010).

Predominam solos Vertissolos, Argissolos, Neossolos, além dos Gleissolos nas áreas de manguezais, formados a partir de rochas do grupo Santo Amaro e de depósitos quaternários, sedimentados em meandros do rio Subaé (BRASIL, 1981). Em geral, os solos são jovens, apresentando-se rasos. A topografia da bacia apresenta-se ondulada a suavemente ondulada, com altitudes que variam de 0 a 300 metros, com relevo de topos aplanados e bordas desniveladas, com degraus observados na parte central da bacia e planícies litorâneas.

A área de estudo é representada pela Mata Atlântica, com alto grau de antropização, correspondendo, atualmente, a 5% da área; o restante é composto por pastagem e culturas diversas, a exemplo da cana de açúcar e bambu. Ocorrem, ainda, faixas de manguezais na foz do rio Subaé até as proximidades da cidade de Santo Amaro (SANTOS; DE JESUS; NOLASCO, 2014).

## Modelo do relevo e delimitação da bacia hidrográfica

A delimitação da BHRS foi realizada a partir de técnicas de Geoprocessamento, com uso do Modelo Digital de Elevação (MDE) extraído da imagem orbital do *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) a qual possui resolução espacial de 3" (arcos segundos), aproximadamente 90 m na superfície da Terra, e elipsoide de referência WGS84 (FARR et al., 2007).

Após a conversão para o Datum SIRGAS2000 (SIRGAS, 2014), os dados de densidade de drenagem foram obtidos a partir do *software* ArcGIS® 10.2, da *Environmental Systems Research Institute* (ESRI), através da metodologia apresentada em Tarboton, Bras e Rodriguez-Iturbe (1991). O processo de delimitação automática da bacia hidrográfica foi desenvolvido no mesmo *software*, sendo adicionadas as extensões (“*plugins*”) disponíveis no endereço eletrônico da ESRI: *Spatial Analyst* e *Hydrology Modeling*. A metodologia utilizada nesse processo subdividiu-se em quatro etapas, sendo: i) preenchimento de depressões (“*fill sinks*”); ii) direção de fluxo (“*flow direction*”); iii) fluxo acumulado (“*flow accumulation*”); e iv) delimitação de bacias (“*Watershed*”) (ALVES SOBRINHO et al., 2010).

## Parâmetros morfométricos da bacia hidrográfica

Os parâmetros morfométricos foram determinados a partir das equações definidas por Alves; Castro (2003), Christofolletti (1969), Villela e Mattos (1975), Tonello et al. (2006), Müller (1953) e Schumm (1956).

**Coefficiente de compacidade (Kc):** relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual à da bacia (VILLELA; MATOS, 1975). O coeficiente Kc é determinado por meio da Equação [1]:

$$Kc = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}} \quad [1]$$

sendo:

Kc = coeficiente de compacidade adimensional,

P = perímetro da bacia (km) e

A = área da bacia em (km<sup>2</sup>)

**Fator de forma (F):** corresponde à razão entre a largura média e o comprimento axial da bacia (Eq. 2). Uma bacia com fator de forma baixo é menos suscetível a enchentes (VILLELA; MATOS, 1975).

$$F = \frac{A}{L^2} \quad [2]$$

em que:

F = fator de forma,

A = área de drenagem (m<sup>2</sup>) e

L = comprimento do eixo da bacia (m)

**Índice de circularidade (Ic):** relaciona a área da bacia com a área de um círculo de perímetro igual ao da área da bacia (TONELLO et al., 2006; MÜLLER, 1953; SCHUMM, 1956). Para se determinar o índice de circularidade, utilizou-se a Equação [3]:

$$Ic = 12.57 \frac{A}{P^2} \quad [3]$$

sendo:

IC = índice de circularidade,

A = área da bacia (km<sup>2</sup>) e

P = perímetro da bacia (km)

**Densidade hidrográfica (Dh)** - correlaciona a área da bacia com o número total de canais fluviais mapeados (ALVES; CASTRO, 2003). Para se determinar a densidade hidrográfica, foi utilizada a seguinte Equação [4]:

$$Dh = \frac{N}{A} \quad [4]$$

em que:

Dh = densidade hidrográfica,

N = número de rios ou canais e

A = área da bacia (km<sup>2</sup>)

**Índice de sinuosidade** - razão encontrada do comprimento real do canal principal da bacia e a distância vetorial entre os pontos extremos do canal principal, conforme equação 5 (ALVES; CASTRO, 2003).

$$Is = \frac{Lc}{Lv} \quad [5]$$

onde:

Is = índice de sinuosidade adimensional,

Lc = comprimento do canal principal (km) e

Lv = comprimento vetorial do canal principal (km)

**Densidade de drenagem (Dd)** - considera toda a rede de drenagem vetorizada, correlacionando-a com a área da bacia (VILLELA; MATTOS, 1975). A densidade de drenagem (Dd) foi obtida por meio da Equação [6]

$$Dd = \frac{Lt}{A} \quad [6]$$

em que:

Lt = comprimento total dos canais (km) e

A = área da bacia (km<sup>2</sup>)

## Análises de superfície

Para a análise de superfície, foi utilizada a metodologia de Alves Sobrinho et al. (2010), na geração e análise dos mapas de curvaturas (perfil e plano), através do MDE extraído do SRTM, usando o *software* ArcGIS® 10.2.

## Resultados e Discussão

A bacia possui área de drenagem de 559.23 km<sup>2</sup> e perímetro 167.56 km, com densidade hidrográfica de 12.25 canais/km<sup>2</sup>. Isso indica que essa área tem uma grande capacidade de formar novos canais, sendo classificada como de 5ª ordem na classificação de Strahler (1964).

O rio Subaé (principal rio da bacia) mede 55 km de extensão, com uma densidade de drenagem de 1.015km<sup>-1</sup>. Conforme classificação de Villela e Matos (1975), a bacia possui capacidade de drenagem regular, apresentando relevo com média declividade, rampas longas e solos profundos, com alta capacidade de infiltração. Apresenta forma alongada, indicado por seu índice de circularidade que foi de 0.25, o que favorece o processo de escoamento de suas águas. O Índice de sinuosidade é de 1.01 km<sup>2</sup>, indicando que os canais são mais retilíneos, permitindo maior transporte dos sedimentos.

O resultado da análise dos parâmetros morfométricos da bacia permitiu verificar que esta, em condições naturais, apresenta baixa susceptibilidade a enchentes, parâmetros esses evidenciados pelo fato de o coeficiente de compactidade apresentar valor afastado da unidade (1,38) e, quanto ao seu fator de forma, exibir um valor baixo (0,2503), além das características planialtimétrica e de declividade observadas. Embora apresente uma grande área de contribuição e uma faixa de variação significativa da altitude, contribuindo para vazão de saída, a densidade de drenagem demonstrou-se regular, sendo formada por 21 afluentes diretos.

A relação de relevo foi encontrada com aplicação do parâmetro foi de 5,45. Esse valor indica que a bacia tem uma baixa relação de relevo entre os componentes horizontais (alongada) e verticais (baixa amplitude altimétrica). Além disso, apresenta também, uma área mínima necessária para a manutenção de um metro de canal de escoamento de 0,99 km<sup>2</sup>, calculado por coeficiente de manutenção.

A área da BHRS apresenta quatro grandes unidades: Tabuleiros Interioranos, Tabuleiros Costeiros, Tabuleiros do Recôncavo e Baixada Litorânea. Esta se encontra em posição altimétrica muito rebaixada, não ultrapassando 100 m de altitude (Figura 2), apresentando modelado de acumulação.

As áreas que compreendem os Tabuleiros Costeiros correspondem à geologia do Grupo Barreiras (IBGE, 2009; NUNES, DA SILVA; VILLAS BÔAS, 2011; ALMEIDA JÚNIOR, ANJOS; SAMPAIO, 2013), que compreende relevos de altitude média entre 175 e 225 metros, ondulados, definidas por vertentes com declividade entre 5 e 8% (Figura 3), onde está localizada a nascente do rio Subaé.

Figura 2 – Mapa Hipsométrico da Bacia Hidrográfica do Rio Subaé, BA, 2015

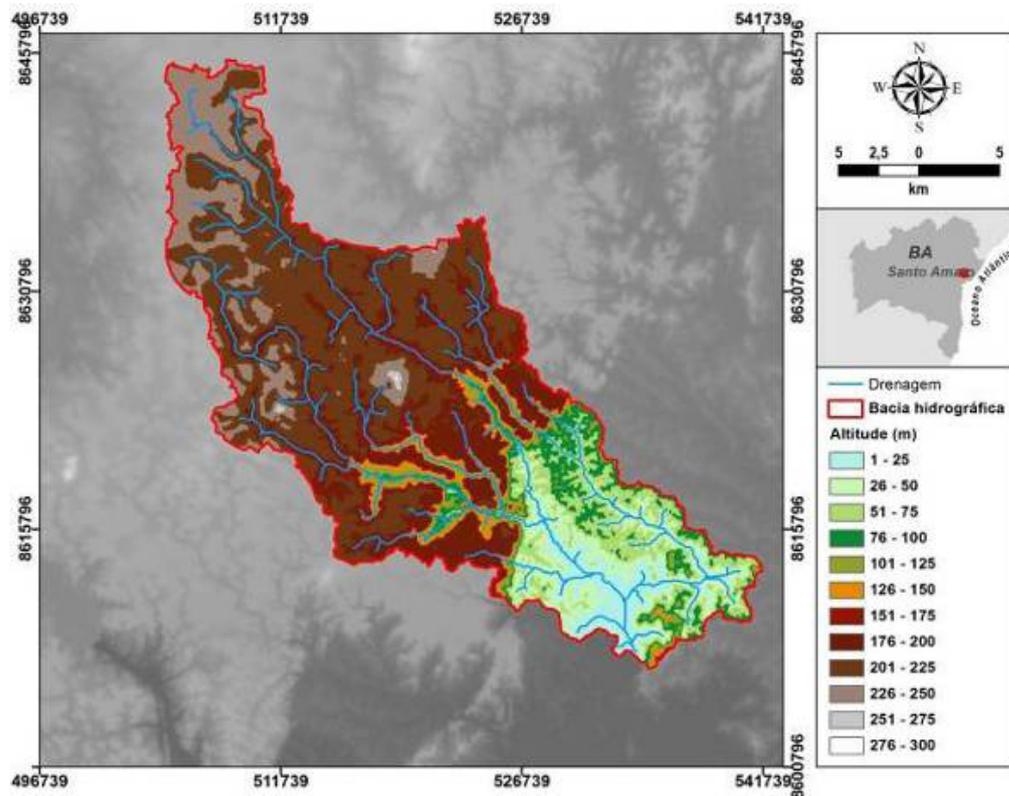
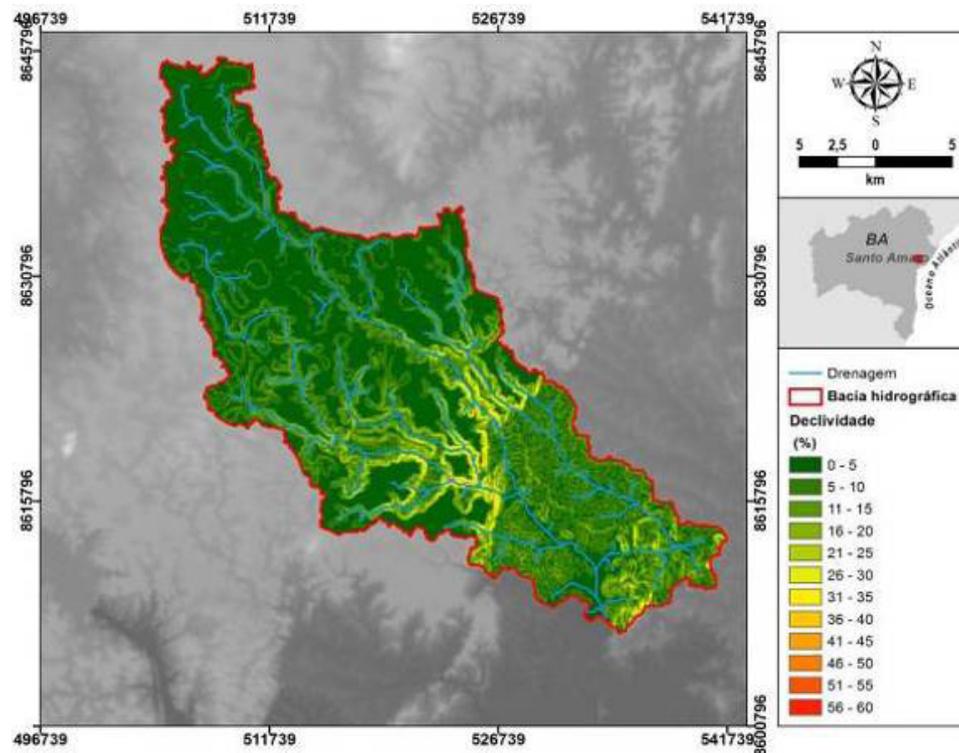


Figura 3 – Mapa de Declividades da Bacia Hidrográfica do Rio Subaé, BA, 2015



Os Tabuleiros Interioranos estão localizados na parte central da BHRS, apresentando feições morfológicas advindas de sucessivos processos de dissecação, com topos aplanados e bordas desniveladas com declividade acentuada, a exemplo dos cânions do Subaé, com cerca de 50m de profundidade e largura em torno de 250m formando cachoeiras. Apresentam, de modo geral, declividades bem acentuadas, superiores a 5%, com altitudes médias superiores a 260 metros.

A Baixada Litorânea, por sua vez, corresponde à parte sudeste da bacia, onde se pode observar que seu exutório é caracterizado pelas Planícies Marinhas e Flúviomarinhas, de acumulação, apresentando formas de relevo plano, a exemplo dos cordões litorâneos e manguezais com até 3% de declividade.

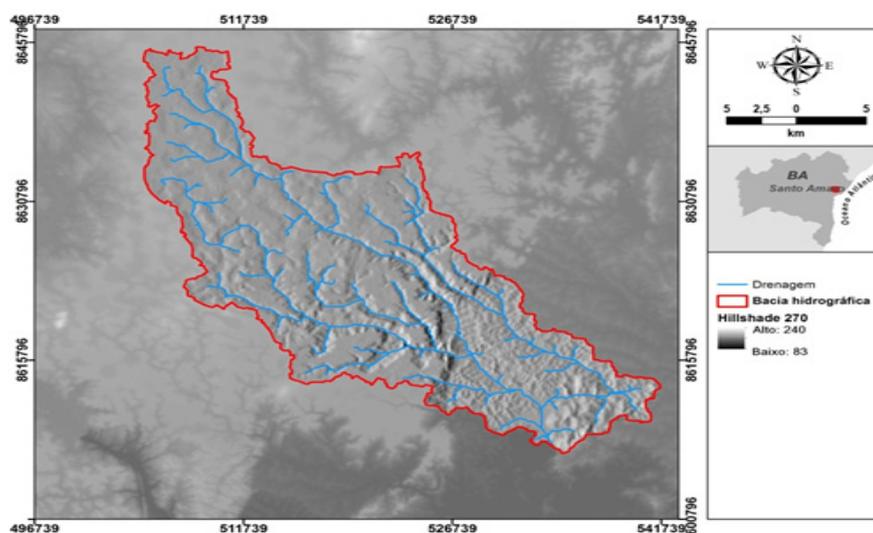
O realce do relevo, pela simulação de diferentes geometrias de iluminação, proporcionou o sombreamento no relevo, dando a impressão de concavidade e convexidade, permitindo visualizar as superfícies rebaixadas e elevadas ou áreas de degradação e agradação, bem como a ondulação do relevo.

Na figura 4, é possível identificar pequenos vales cortados por cursos de água, em sua maioria, perfazendo um padrão de drenagem dendrítico. Em alguns locais observaram-se também cursos de água paralelos, que podem ser identificados no setor N-NE da área de estudo. Verifica-se, ainda, que a bacia estudada apresenta apenas 16% de relevo plano, o qual está associado às menores declividades (inferiores a 5%), que compreendem as planícies de inundação (área de acumulação ou várzeas).

Outro aspecto avaliado foi à orientação de vertentes (Figura 5), gerado considerando um ângulo azimutal de 315 graus e um ângulo zenital (elevação) de 45 graus, sendo determinado pelo grau de insolação devido ao movimento aparente do Sol durante o dia e ano, haja vista que os fenômenos físicos, químicos e biológicos ocorridos na litosfera estão direta ou indiretamente relacionados com a quantidade de radiação solar incidente sobre a superfície.

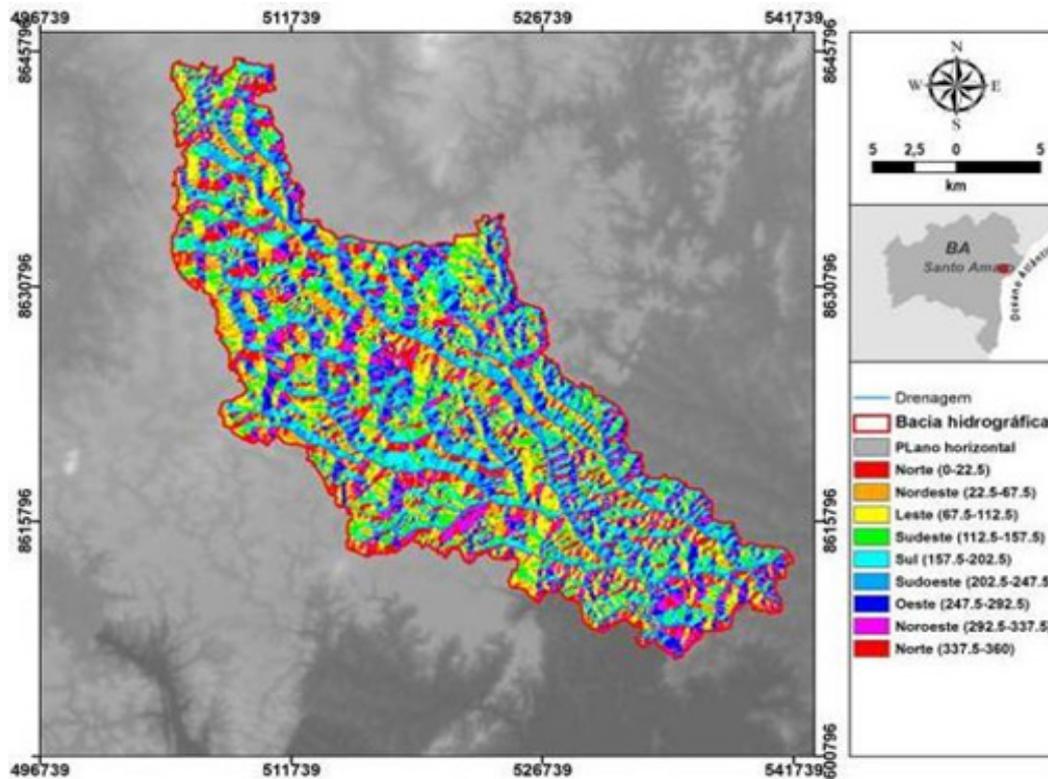
Foram consideradas oito direções quanto à orientação de vertentes na BHRS, verificando-se que as vertentes orientadas para Norte ocupam uma área correspondente a 12.5% da área de estudo.

**Figura 4 - Mapa de relevo sombreado da Bacia Hidrográfica do Rio Subaé, BA, 2015**



Fonte: MOTTA, P. N. S. D. (2015)

**Figura 5 - Mapa Orientação das Vertentes da Bacia Hidrográfica do Rio Subaé, BA, 2015**

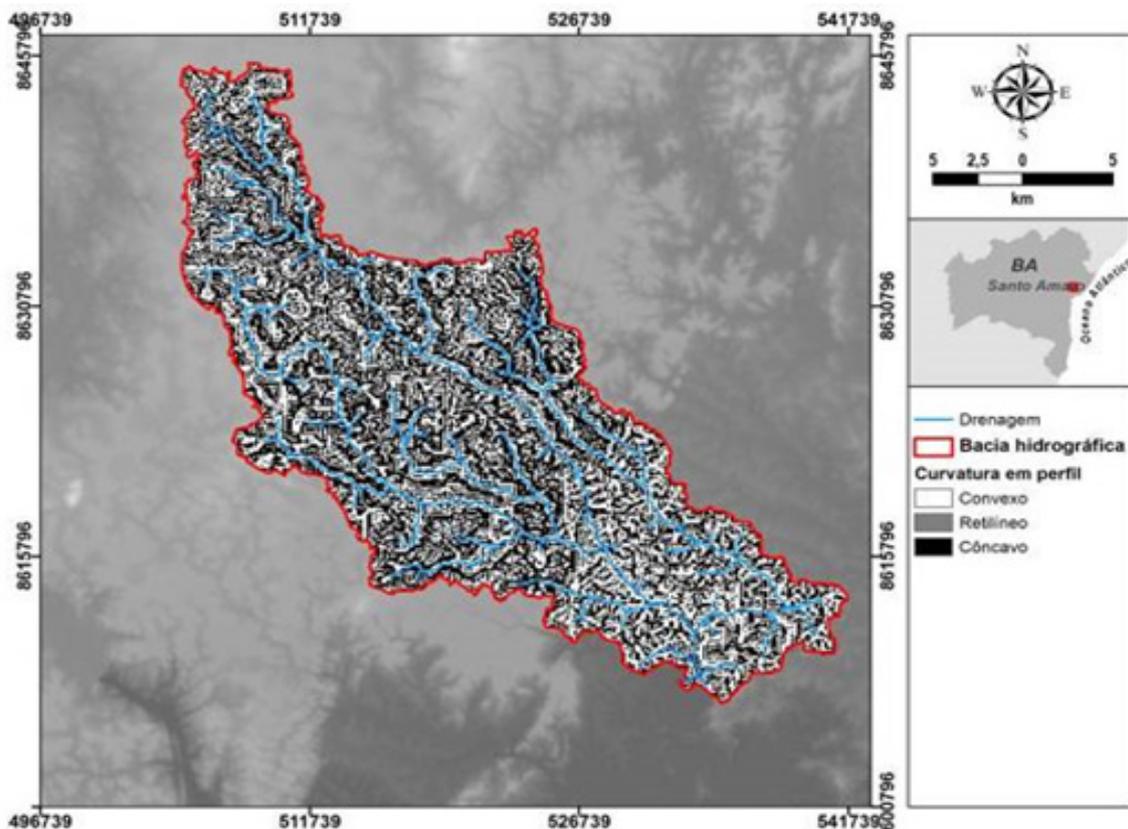


Fonte: MOTTA, P. N. S. D. (2015)

O somatório dos percentuais de área ocupada pelas vertentes Lestes, Nordeste, Norte, obteve-se 37.5% da área total da BHRS. Esse resultado indica que a essa área da bacia recebe maior incidência de radiação solar. As vertentes direcionadas a Sudoeste, Sul e Sudeste, somam 62.5% da área da bacia, e são as vertentes de menor incidência de radiação solar, retendo, assim, ao longo do dia e do ano, uma quantidade maior de umidade no solo e nos materiais inconsolidados superficiais, uma vez que as nascentes de orientações sul e leste são conservadoras de umidade, ao passo que as de norte e oeste são dispersoras. Segundo Castro e Lopes (2001), o fator orientação do relevo afeta as perdas por transpiração e evaporação, devido a sua influência sobre a quantidade de radiação solar recebida pela bacia, refletindo, assim, na manutenção dos ecossistemas.

Na figura 6, é possível observar que as curvaturas das vertentes em perfil. Na parte noroeste da bacia, predominam as formas côncavas das vertentes, as quais favorecem a aceleração do fluxo e o processo de erosão, condizentes com a geomorfologia da área, desenvolvida sobre os sedimentos da formação Barreiras, formada por planalto ondulado e circundado por morros testemunhos de rochas pré-cambrianas (NUNES; DA SILVA; VILLAS BÔAS, 2011).

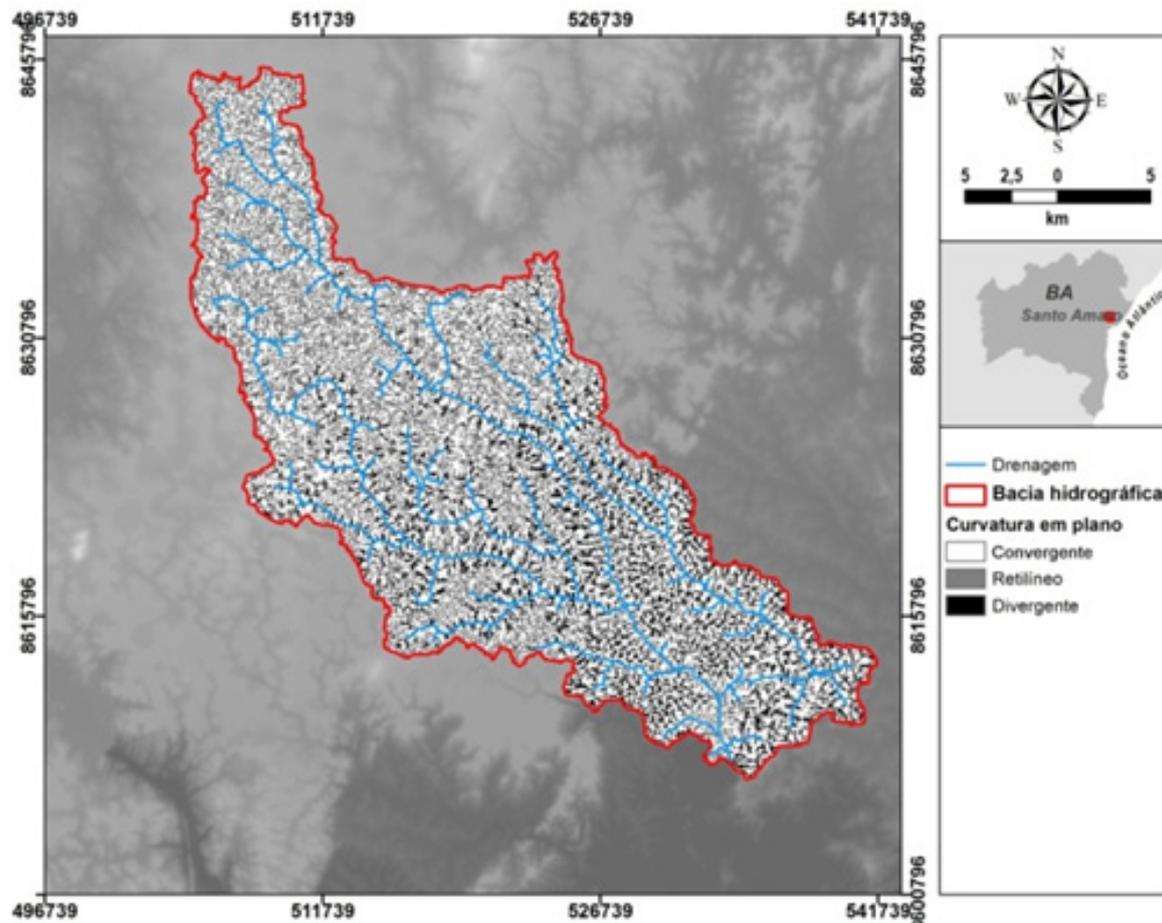
Figura 6 – Mapa curvatura em perfil da bacia hidrográfica do rio Subaé, BA, 2015



Fonte: MOTTA, P. N. S. D. (2015)

Por sua vez, na figura 7 (curvatura em plano), as áreas convergentes e divergentes dispõem-se intercaladas entre si, em curtas distâncias, sendo que as formas divergentes das vertentes favorecem os processos de erosão, observadas, principalmente, nos divisores de água da bacia. Nota-se que, no alto curso da bacia, a geomorfologia ali formada é caracterizada pelo plano de curvatura convergente e declividade superior a 5%, o que pode formar canais de concentração de água, possibilitando a formação de processos morfogenéticos de erosão. Por sua vez, na parte central da bacia, apesar de as declividades serem maiores que 5%, os processos erosivos são atenuados devido ao perfil côncavo e plano de curvatura divergente, os quais fazem com que a água seja dissipada com menor velocidade. Quanto à sua foz, a bacia apresenta perfil e plano de curvatura da unidade (convexo e divergente), onde se observa um aumento da energia do fluxo, porém, por apresentar declividade inferior a 5%, os possíveis processos erosivos existentes são amenizados.

**Figura 7 – Mapa de curvatura em plano da bacia hidrográfica do rio Subaé, BA, 2015**



Fonte: MOTTA, P. N. S. D. (2015)

Destaca-se, ainda, a configuração Retilíneo/Planar no L-SE da bacia, correspondente às planícies fluviais na região de depósitos marinhos continentais costeiros, favorecendo a formação de ambientes de acumulação, bem como áreas aplainadas.

## CONCLUSÕES

A bacia hidrográfica do rio Subaé possui uma área de 559.23 km<sup>2</sup>, classificada como de 5.<sup>a</sup> Ordem. Apresenta grau médio de dissecação do relevo, forma retangular e canais retilíneos,

A densidade hidrográfica foi de 12.25 canais/km<sup>2</sup>, demonstrando grande capacidade de formar novos canais e a densidade de drenagem foi de 1.015km<sup>-1</sup>, indicando que a bacia é bem drenada.

Com base nos resultados encontrados sobre as características morfométricas da bacia do rio Subaé, é possível concluir que sua dinâmica hidrogeomorfológica favorece a manutenção de seu potencial hídrico e sustentável.

A partir dos dados morfométricos, é possível determinar o padrão de drenagem e do relevo, com intuito de avaliar propriedades do terreno, tais como, infiltração e deflúvio das águas das chuvas, além de descrever características geomorfológicas da bacia, que permitem estabelecer as

relações que envolvem os processos de erosão e deposição, e conseqüentemente, a capacidade de escoamento superficial, bem como a dispersão de metais ao longo da bacia.

Os resultados obtidos nesta pesquisa permitirão um melhor embasamento para o estudo da contaminação por metais na região, uma vez que traz informações sobre a morfometria da bacia, permitindo entender o regime hidrológico e os processos erosivos que nela ocorrem, e que estão diretamente relacionados às formas de propagação dos metais, a exemplo da difusão aérea pela chaminé, influenciada pelo relevo, e; por escoamento superficial, decorrentes das atividades da antiga usina metalúrgica de beneficiamento da galena, na cidade de Santo Amaro-Bahia.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estudo da primeira autora e financiamento de toda a pesquisa.

## **REFERÊNCIAS**

ALMEIDA JUNIOR, M. V. C.; ANJOS, J. A. S. A. dos; SAMPAIO, F. J.. Mapeamento geológico da zona costeira limitada pela foz do rio Pojuca e a praia de Imbassaí, Mata de São João-Bahia. **Geologia USP. Série Científica**, v. 13, n. 3, p. 41-50, 2013.

ALVES, J.; CASTRO P. de T. A. Influência de feições geológicas na morfologia da bacia do rio Tanque (MG) baseada no estudo de parâmetros morfométricos e análise de padrões de lineamento. **Revista Brasileira de Geociências**, v.33, n.2. p.117-124, 2003.

ALVES SOBRINHO , T.; OLIVEIRA, P. T. S.; RODRIGUES, D. B. B.; AYRES, F. M. Delimitação automática de bacias hidrográficas utilizando dados SRTM. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v. 30, n. 1, fev. 2010.

ANJOS, J.A.S. A.; SANCHEZ, L. E. Plano de gestão ambiental para sítios contaminados com resíduos industriais: o caso da Plumbum em Santo Amaro da Purificação - BA. **Bahia Análise & Dados**, Salvador/BA, v.10, n. 4, p.306-309, mar. 2001. Disponível em: <[http://jangello.unifacs.br/downloads/Projeto\\_Purifica.pdf](http://jangello.unifacs.br/downloads/Projeto_Purifica.pdf)>. Acesso em: 12 jul. 2013.

ANJOS, José Ângelo Sebastião Araujo dos. **Avaliação da eficiência de uma zona alagadiça (wetland) no controle da poluição por metais pesados:** o caso da Plumbum em Santo Amaro da Purificação/BA. 2003. Tese (Doutorado em **Completar**) - Universidade de São Paulo. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3134/tde-28042004-094552/>>. Acesso em: 11 fev. 2013.

BAND, Lawrence E. Topographic partition of watersheds with digital elevation models. **Water resources research**, v. 22, n. 1, p. 15-24, 1986.

BLUM, W. E. H. **The Role of soil in Sustaining Society and the Environment**: Realities and challenges for the 21<sup>st</sup> Century. Keynote Lectures. In: WORLD CONGRESS OF SOIL SCIENCE, 17<sup>o</sup>, Bangkok, Tailândia, 2002. p. 67-86

BORGES Luiz Felipe Moura Bastos; ARAÚJO, Niédja Sodré; SANTOS, Patrícia Silva; NASCIMENTO, Dária Maria Cardoso. Estudo de Uso e Ocupação da Terra da Bacia Hidrográfica do Rio Subaé – Estado da Bahia. **XXVI Congresso Brasileiro de Cartografia**. Gramado-RS, 2014. Disponível em [http://www.cartografia.org.br/cbc/trabalhos/3/463/CT03-25\\_1403891286.pdf](http://www.cartografia.org.br/cbc/trabalhos/3/463/CT03-25_1403891286.pdf). Acesso em: 15 dez. 2014.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral. **Projeto RADAMBRASIL Folha SD. 24 Salvador**: Geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. MME/SG/Projeto RADAM BRASIL, Rio de Janeiro, 1981.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos. **Recursos hídricos**: conjunto de normas legais. 2. ed. Brasília, DF: MIN, julho de 2004.

CARVALHO, Luiz Moacyr de; RAMOS, Maria Angélica Barreto. **Geodiversidade do estado da Bahia**. Salvador: CPRM, 2010.

CASTRO, P.; LOPES, J. D. S. **Recuperação e conservação de nascentes**. Viçosa, MG: CPT, 2001. 84 p.

CHRISTOFOLETTI, A. Análise morfométrica de bacias hidrográficas. **Notícia Geomorfológica**, v. 9, n. 18, p. 35-64, 1969.

COELHO NETO, A. L. Aplicações de geoprocessamento em bacias de médio e grande porte. **XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil**, p. 2437-2445, 2007.

CUNHA, Sandra Baptista da. **Geomorfologia**: uma atualização de bases e conceitos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995. p. 211-252

DUARTE, Gustavo Garcia Fontes; ASSAD, Maria Leonor Lopes. Avaliação de MDE obtidos por meio de SRTM. **Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil**, p. 21-26, 2007.

FARR, T. G.; ROSEN, P. A.; CARO, E.; CRIPPEN, R.; DUREN, R.; HENSLEY, S.; KOBRICK, M.; PALLER, M.; RODRIGUEZ, E.; ROTH, L.; SEAL, D.; SHAFFER, S.; SHIMADA, J.; UMLAND, J.; WERNER, M.; OSKIN, M.; BURBANK, D.; ALSDORF, D. (2007), **The Shuttle Radar Topography Mission**, Rev. Geophys., 45, RG2004, doi:10.1029/2005RG000183.

FLORENZANO, T. G. **Geomorfologia e Tecnologias Atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

GARBRECHT, Jurgen; MARTZ, Lawrence W. The assignment of drainage direction over flat surfaces in raster digital elevation models. **Journal of hydrology**, v. 193, n. 1, p. 204-213, 1997.

GOERL R.F.; KOBAYAMA M.; SANTOS I. Hidrogeomorfologia: Princípios, conceitos, processos e aplicações. In: **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.13, n.2, p.103-111, Abr./Jun. 2012

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico de Geomorfologia / IBGE**, Coordenação de Recursos naturais e Estudos Ambientais. – 2. ed. - Rio de Janeiro: IBGE, 2009.

MOTTA, Paula Nubia Soares Dalto. **Bacia do Rio Subaé, Bahia**: características hidrográficas, geomorfológicas e hidroquímicas. 2015. Disponível em: <[https://www.ufrb.edu.br/pgsolos/images/DISSERTA%C3%87%C3%95ES/2015/Disserta%C3%A7%C3%A3o\\_SQE\\_-\\_Paula\\_N%C3%BAbia\\_Soares\\_Dalto\\_Motta.pdf](https://www.ufrb.edu.br/pgsolos/images/DISSERTA%C3%87%C3%95ES/2015/Disserta%C3%A7%C3%A3o_SQE_-_Paula_N%C3%BAbia_Soares_Dalto_Motta.pdf)>. Acesso em: 23 de jun. 2014.

MÜLLER, V. C. **A quantitative geomorphology study of drainage basin characteristic in the Clinch Mountain Area**. New York: Virginia and Tennessee. Dept. of Geology. n. 3, p. 30, 1953.

NUNES, F. C.; DA SILVA, E. F.; VILAS BÔAS, G. S. (2011). Grupo Barreiras: características, gênese e evidências de neotectonismo. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento** (Embrapa Solos: Rio de Janeiro) [In Portuguese] Available at: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/68532/1/BPD-194-Grupo-Barreiras.pdf>>. Acesso em: 23 jun. 2014.

PAOLIELLO, M. M. B. E; CHASIN, A.A.M. **Ecotoxicologia do chumbo e seus compostos**. Salvador: CRA, 2001. 144 p. (Cadernos de referência ambiental, v. 3).

PEIXOTO, Jailson de Souza. **Estimativa das perdas de solo e do transporte de chumbo e zinco por erosão hídrica no entorno da cidade de Santo Amaro da Purificação, Bahia**. 2014. Disponível em: <[https://www1.ufrb.edu.br/pgsolos/images/DISSERTA%C3%87%C3%95ES/2013/Disserta%C3%A7%C3%A3o\\_SQE\\_-\\_Jailson\\_Peixoto.pdf](https://www1.ufrb.edu.br/pgsolos/images/DISSERTA%C3%87%C3%95ES/2013/Disserta%C3%A7%C3%A3o_SQE_-_Jailson_Peixoto.pdf)>. Acesso em: 23 jun. 2014.

REIS, J. O.N. **Determinação polarográfica de Pb<sub>2</sub><sup>+</sup> e Cd<sub>2</sub><sup>+</sup> em águas do rio Subaé – Sto. Amaro – Bahia**: UFBA, 1975.

SANTOS, L. T. S de O.; DE JESUS, T. B.; NOLASCO, M. C.. Influência do uso e ocupação do solo na qualidade das águas superficiais do rio Subaé, Bahia. **Geographia**

**Opportuno Tempore**, v. 1, n. 1, p. 68-79, 2014.

SIRGAS. Sistema de referência geocêntrico para as Américas. Disponível em: <<http://www.sirgas.org/index.php?id=15>>. Acesso em: 23 jun. 2014.

STRAHLER, A.N. (1964) Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. Section 4-2. In: Vem te Chow (ed.). **Handbook of applied hydrology**. New York: McGraw-Hill. p. 4-55.

SCHUMM, S.A. Evolution of drainage systems and slopes in badlands of Perth Amboy. **Geological Society of America Bulletin**, n. 67, p. 597-646, 1956.

TARBOTON, D.G.; BRAS, R.L.; RODRIGUEZ-ITURBE, I. **On the extraction of channel networks from digital elevation data**. Hydrological Processes, Chichester, v.5, n.1, p.81-100, 1991.

TONELLO, K. C.; DIAS, H. C. T.; SOUZA, A. L.; ALVARES, C. A.; RIBEIRO, S.; LEITE, F. P. Morfometria da Bacia Hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães – MG. **Revista Árvore**, v.30, n.5, p.849-857, 2006.

TORRES, T. G., PARANHOS FILHO, A. C., TERUYA JUNIOR, H., CORRÊA, L. C., GARCEZ, A. J. S.; COPATTI, A. (2006). Utilização dos dados SRTM na geração dos limites da bacia hidrográfica do rio Formoso (Bonito, MS). **Anais 1º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Campo Grande, Brasil, Embrapa Informática Agropecuária/INPE**, 145-154.

VALERIANO, M. de M. **Modelo digital de elevação com dados SRTM disponíveis para a América do Sul**. São José dos Campos: INPE, 2004.

\_\_\_\_\_. Modelo digital de variáveis morfológicas com dados SRTM para o território nacional: o projeto TOPODATA. **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, v. 12, p. 3595-3602, 2005.

VILLELA, S.M.; MATTOS, A. (1975) **Hidrologia Aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill. 245p.