

Diagnóstico geoambiental da microbacia do rio Una, Sul da Bahia: morfometria, vegetação e uso do solo

Geoenvironmental diagnostic of microwatershed Una river, South of Bahia: morphometry, vegetation and land use

Jonatas Batista Mattos^{1(*)}
Cézar Augusto Teixeira Falcão Filho²
Débora Alves Santos³
Francisco Carlos Fernandes De Paula⁴

Resumo

Este trabalho tem como objetivo identificar a atual condição físico-ambiental da microbacia do rio Una, localizada entre os municípios de Arataca, São José da Vitória e Una, Sul da Bahia, região Nordeste do Brasil. Para alcançar tal objetivo optou-se por um diagnóstico geoambiental feito através da mensuração da morfometria fluvial da microbacia e da classificação dos tipos de cobertura vegetal e uso do solo. O levantamento morfométrico foi feito por geoprocessamento com o uso de dados espaciais, lineares e hipsométricos da microbacia, obtidos por campanhas de campo e sensoriamento remoto. O mapeamento de cobertura vegetal e uso do solo baseou-se em testes de processamento digital de imagens dos satélites *RapidEye* (2010) na estrutura SIG, e na vetorização de classes a partir de interpretação visual e dados de campo. Os resultados indicam que a microbacia é levemente alongada, de declividade forte ondulada, com uma hidrografia de baixa a média densidade, tipologia litológica de baixa porosidade e padrão de drenagem dendrítico arborescente. A microbacia é composta por uma cobertura vegetal densa de floresta e agrofloresta, ocupando juntas 94% da área. As dinâmicas hidrogeomorfológicas locais definem o padrão de uso do solo e cobertura vegetal, sendo que o potencial de uso identificado se

-
- 1 Geógrafo; Mestrando em Geologia Ambiental e Recursos Hídricos no Programa de Pós-Graduação em Geologia da Universidade Federal da Bahia, UFBA; Endereço: Avenida Ademar de Barros, 147, *Campus* Universitário Ondina, CEP: 40170-290, Salvador, Bahia, Brasil; E-mail: jon.geociencia@gmail.com (*) Autor para correspondência.
 - 2 Mestre em Sistemas Aquáticos Tropicais; Geógrafo; Doutorando em Geologia Ambiental e Recursos Hídricos no Programa de Pós-Graduação em Geologia da Universidade Federal da Bahia, UFBA; Endereço: Avenida Ademar de Barros, 147, *Campus* Universitário de Ondina, CEP: 40170-290, Salvador, Bahia, Brasil; E-mail: cezarfalcaof@gmail.com
 - 3 Geógrafa; Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Sistemas Aquáticos Tropicais da Universidade Estadual de Santa Cruz, UESC; Endereço: Rodovia Jorge Amado, km 16, Bairro Salobrinho, *Campus* Soane Nazaré de Andrade, CEP: 45662-900, Ilhéus, Bahia, Brasil; E-mail: debb.alvesantos@hotmail.com
 - 4 Geólogo; Professor Titular do Departamento de Ciências Agrárias e Ambientais na Universidade Estadual de Santa Cruz, UESC; Endereço: Rodovia Jorge Amado, km 16, Bairro Salobrinho, *Campus* Soane Nazaré de Andrade, CEP: 45662-900, Ilhéus, Bahia, Brasil; E-mail: depaula@uesc.br

Recebido para publicação em 15/02/2016 e aceito em 14/04/2016

restringe à preservação, em troca de um serviço ambiental de alto valor fornecido pela microbacia, que é a produção de água.

Palavras-chave: PARNA Serra das Lontras; RapidEye; Buerarema.

Abstract

This paper aims to identify the current physical and environmental conditions of the Una River microwatershed located between the municipalities of *Arataca*, *São José da Vitória* and *Una*, South of *Bahia*, Northeast region of Brazil. To achieve this objective, it was decided by a geoenvironmental diagnostics made through measurement of fluvial morphometry of the microwatershed and the classification of types of vegetation and land use. The morphometric survey was conducted through geoprocessing using spatial data, linear and hypsometric of microwatershed obtained by field surveys and remote sensing. The mapping of vegetation cover and land use was based on digital processing tests of images of RapidEye (2010) satellites in the GIS structure and classes vectoring from visual interpretation and field data. The results indicate that the microwatershed is slightly elongated, strong corrugated slope with a hydrographic of low and medium density, low porosity lithologic type and arborescent dendritic drainage standard. The microwatershed is comprised of a dense vegetation cover of primary forest and agroforestry systems, occupying about 94% of the area. The dynamic hydro geomorphological define the standard of land use and vegetation cover, whereas the potential use identified to be the preserve in exchange of an environmental service of high value provided by microwatershed, which is the produced water.

Key words: *Serra das Lontras* National Park; RapidEye; Buerarema.

Introdução

As demandas atuais por recursos naturais de que a sociedade necessita têm exigido aplicações práticas e eficientes do conhecimento científico adquirido em busca de soluções técnicas para eventuais problemas como falta de água, poluição, degradação dos solos, inundações, dentre outros. Os métodos estão cada vez mais otimizados com o advento da tecnologia e dos sistemas de informação e, dessa forma, respostas rápidas e precisas podem ser obtidas. Dentre esses métodos, destacam-se o geoprocessamento

e sensoriamento remoto (GROHMANN, 2004; VALERIANO et al., 2006) que, juntos, são capazes de monitorar e modelar qualquer ambiente, seja ele urbano, agrícola ou natural.

Como unidades básicas da paisagem terrestre, as bacias hidrográficas assumem papéis territoriais importantes e, nesse sentido, precisam ser estudadas detalhadamente, já que em seus domínios acontecem as principais dinâmicas ecológicas do ambiente natural (HAUER et al., 1997). A drenagem escoar através da bacia hidrográfica e dependendo do grau de preservação ambiental ou atividade antrópica

instalada em seu território, definirá sua qualidade ambiental, sobretudo no que concerne à produção de água apropriada para usos nobres, como é o consumo humano.

Santos et al. (2011) abordam exatamente essa questão de uso inadequado do território na bacia hidrográfica como fator de redução hídrica e propõe medidas compensatórias que assegurem uma produção excedente. Sendo assim, a identificação através do Sistema de Informação Geográfica (SIG) de alterações físico-ambientais e ecológicas em bacias hidrográficas auxilia de maneira eficaz a gestão dos recursos hídricos, como mostram Erol e Randhir (2013), ao desenvolver, no SIG, uma modelagem de impactos do uso do solo e qualidade da água em ecossistemas de bacias hidrográficas e comprovar, com bom grau de precisão, a eficiência do sistema nesse tipo de aplicação. Nessa premissa, Moraes et al. (2015) analisam métricas da paisagem com o uso do Sistema de Informação Geográfica (SIG) em uma zona de amortecimento de uma unidade de conservação e também alcançam resultados consistentes que podem auxiliar a gestão ambiental.

Em qualquer estudo de caráter ambiental, em bacias hidrográficas, o primeiro levantamento que se deve fazer é o da morfometria fluvial, pelo fato de ser ela capaz de diagnosticar a aptidão de uso da bacia e, de acordo com Menezes et al. (2014), podendo servir como um referencial que auxilie a tomada de decisões envolvendo os recursos físico-ambientais da região. A morfometria fluvial baseia-se na agrimensura e na análise matemática da configuração da forma e dimensão da drenagem e relevo, sendo uma análise facilmente executada pelo uso de geotecnologias. Segundo Alpino et al. (2007) e Ali e Khan (2013), o uso destas surge

como subsidio ao conhecimento da relação entre o relevo e a dinâmica hídrica ambiental disposta na bacia hidrográfica.

Aliado à morfometria, o mapeamento de cobertura vegetal e uso do solo contribui com a complementação do diagnóstico geoambiental, já que, além de trazer informações do meio físico-ambiental, permite o entendimento das relações natureza-sociedade. Esse tipo de mapeamento depende circunstancialmente da precisão do sensoriamento remoto para definição de sua qualidade final, como afirma Comber et al. (2012), ao elencar subjetividades detectadas em etapas dos processamentos de imagens de satélite. Tipo de sensor, resolução espacial e espectral, bandas espectrais, condições climáticas são algumas das variáveis que podem gerar ou não resultados satisfatórios sob a demanda de usos concretos.

Nesse sentido, o objetivo deste estudo é realizar um diagnóstico geoambiental que possibilite a identificação da atual condição físico-ambiental da microbacia do rio Una, Sul da Bahia. Para tal, optou-se pela mensuração da morfometria fluvial e classificação da cobertura vegetal e uso do solo.

Material e Métodos

Área de estudo

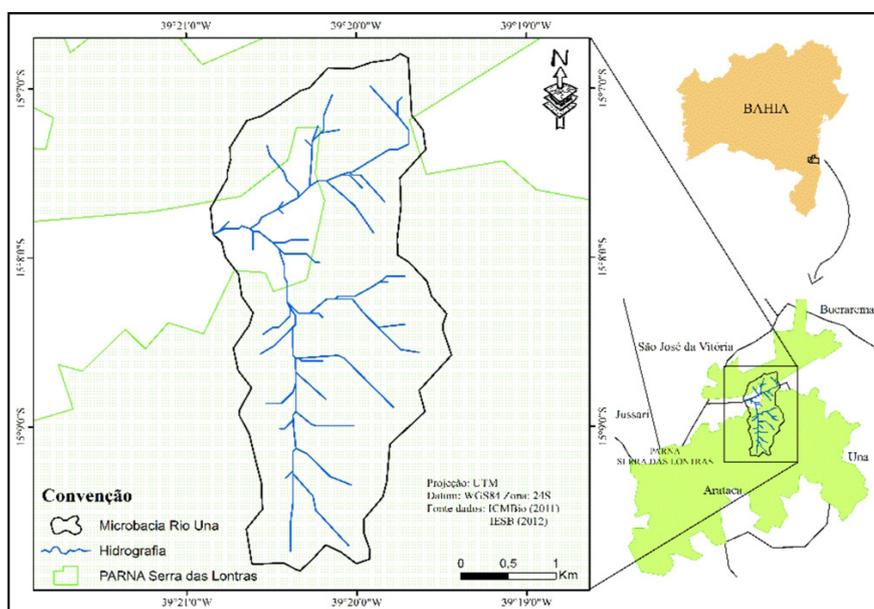
A área drenada pelo rio Una é localizada entre os municípios de São José da Vitória, Arataca e Una, região Sul do estado da Bahia, entre as coordenadas geodésicas 15° 06' 50"; 15° 09' 50" de Latitude Sul e 39° 19' 28"; 39° 20' 52" de Longitude Oeste, na zona 24S (Figura 1), ocupando uma área de 924 hectares (ha), dos quais, 86% (797 hectares) estão alocados dentro dos limites do Parque Nacional da Serra das Lontras (PNSL). As

águas produzidas por essa microbacia são destinadas ao abastecimento dos municípios de São José da Vitória e Buerarema com, respectivamente, 5.162 e 15.277 habitantes na área urbana (IBGE, 2010).

A vegetação local é caracterizada por florestas de montana e terras baixas, com

relevante importância ecológica devido à grande quantidade de espécies endêmicas de fauna e flora. O parque apresenta uma função de mini corredor ecológico, com a finalidade de preservação da Floresta Atlântica e da biodiversidade local, bem como uma densa rede de drenagem de um conjunto de

Figura 1 – Mapa de localização da microbacia do rio Una, Sul da Bahia



Fonte: Autores (2014); ICMBio (2011); IESB (2012).

microbacias hidrográficas pertencentes ao sistema fluvial do rio Una.

A tipologia climática da região pela classificação de Köppen, é definida como do tipo Af (Tropical Quente-Úmido sem estação seca definida), com altas taxas de precipitação anual, em uma média de 2.000 mm e temperatura média de 23 °C (SEI, 1999).

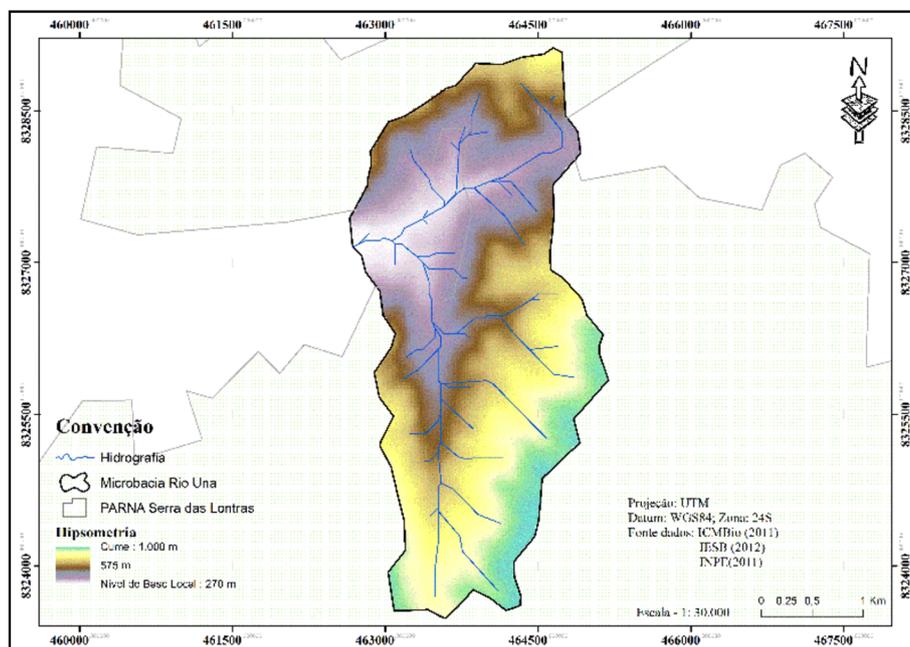
Os aspectos fisiográficos da microbacia do rio Una se apresentam em um terreno de embasamento cristalino, datado da era pré-cambriana, com rochas ortognáissicas do complexo Buerarema, relacionadas com um importante direcionamento estrutural

NW-SE. As águas subterrâneas estão condicionadas à presença de aquíferos fissurais, pertencentes à Província Hidrogeológica do Escudo Oriental nos Domínios do Cristalino (CPRM, 2004). Os solos são predominantemente representados por Latossolos profundos, porosos e bem drenados nas partes mais baixas, além de solos pouco desenvolvidos (Litólicos), ocupando áreas geomorfologicamente movimentadas com vertentes íngremes e vales suspensos, tornando propícia à manutenção da exuberante Mata Atlântica localizada na região.

Tais atributos estão relacionados a uma unidade geomorfológica bastante influenciada pela estrutura geológica local, que deu formas ao relevo, escavando as linhas de drenagem e definindo os encaixes dos vales, conforme expõe Nacif et al. (2009). O relevo é bem ondulado, apresentando acentuados graus de declividade. A paisagem

da área é composta por mares de morro, tendo, em seu conjunto, colinas, morros e serras, com uma altitude aproximada em seu ponto mais alto de 1.000 metros, e em áreas mais baixas, como os fundos de vale, uma altitude de 270 metros. O mapa hipsométrico representado na figura 2 ilustra uma amplitude significativa na variação das

Figura 2 - Mapa hipsométrico da microbacia do rio Una, Sul da Bahia



Fonte: Autores (2014); ICMBio (2011); IESB (2012); INPE (2011).

cotas altimétricas na microbacia do rio Una, indicando uma acentuada declividade.

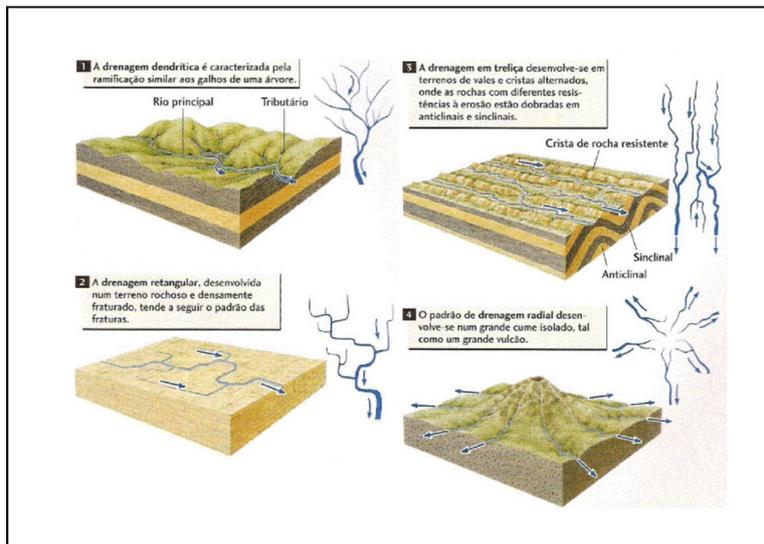
Morfometria Fluvial

Para definição dos parâmetros morfométricos utilizou-se o SIG para a extração de informações lineares, areais e hipsométricas das imagens do satélite *RapidEye* e do projeto Topodata através das grades de relevo sombreado 15S_405 RS e altimetria 15S_405 ZN. Idas ao campo

também foram necessárias para uso do Sistema de Posicionamento e Navegação Global por Satélites (GPS-GNSS) para marcação de pontos estratégicos que serviram de base para um mapeamento mais acurado da forma da bacia e da rede de drenagem.

Com esses dados, buscou-se a consistência hidrológica em modelos digitais através de ferramentas de modelagem hidrológica no ArcGis 10. Assim, foi possível delimitar a área da bacia e a ordenação de canais fluviais identificando a hierarquia

Figura 2 - Principais padrões de drenagem encontrados no ambiente



Fonte: Adaptado de Press, F. et al. (2006).

fluvial e o padrão de drenagem a partir da convenção de arranjos espaciais da rede hidrográfica, conforme ilustra a figura 3.

Dessa forma, foi possível calcular os parâmetros morfométricos com a mensuração dos seguintes índices: coeficiente de compacidade; fator de forma; comprimento da bacia; índice de circularidade; densidade hidrográfica; densidade de drenagem; cotas altimétricas e declividade.

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).

Extensão da rede hidrográfica

A soma do comprimento de todos os cursos hídricos integrantes da bacia. Representada pelo símbolo Σ . Necessária

para o cálculo de densidade de drenagem.

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 dessa relação é igual a 1, quanto maior o valor obtido (mais próximo de 1), mais aproximada da forma circular é a forma da bacia (CHRISTOFOLETTI, 1969). Para isso, utilizou-se a equação 1: onde o índice de circularidade é igual à divisão da área da bacia pela área do círculo de mesmo perímetro:

$$I_c = A/a \quad (1)$$

A área da bacia com área de círculo de mesmo perímetro calculada pela equação 2:

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

I_c é o índice de circularidade, A , a área de drenagem (m^2) e r^2 o raio ao quadrado, sendo $\pi = 3,1$.

Coefficiente 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 modelo da equação 3:

$$K_c = 0,28 \cdot P / (\sqrt{A}) \quad (3)$$

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

Fator de forma

É a relação entre a largura média da bacia e o comprimento axial do curso d'água. O comprimento é medido seguindo-se o curso d'água mais longo desde a cabeceira mais distante da bacia até o exutório. A largura média é obtida pela divisão da área da bacia pelo comprimento da bacia. O cálculo é executado através da equação 4:

$$K_f = A/L^2 \quad (4)$$

Densidade hidrográfica e densidade de drenagem

Hidrográfica: número total de canais dividido pela área da bacia (km^2), como mostra a equação 5:

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

Drenagem: extensão da rede hidrográfica (km) dividido pela área da bacia (km^2), equação 6:

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

Padrão de drenagem

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

Declividade

De acordo com Villela e Mattos (1975) a declividade dos terrenos de uma bacia controla a velocidade com que se dá o escoamento superficial e, dessa forma, quanto mais íngreme for o terreno, mais rápido será o escoamento superficial, o tempo de permanência no sistema fluvial será menor e os picos de enchentes maiores. Foi determinada através do SIG, calculada com o uso dos dados de altimetria (diferença da cota altimétrica e distância entre as curvas de nível) e representada por um mapa de isovalores em porcentagem.

Classes de uso e ocupação do solo

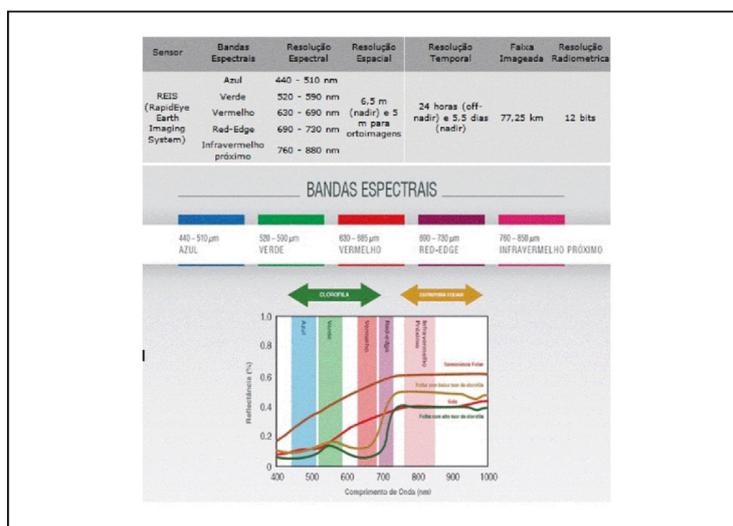
Para realizar o mapeamento de cobertura vegetal e uso do solo, foram necessárias idas ao campo para fins de reconhecimento e investigação, com o uso de material cartográfico base e do Sistema de Posicionamento Global por Satélites - GPS. Em etapa pós-campo buscou-se utilizar técnicas de sensoriamento

remoto e geoprocessamento em imagem de satélite da série *RapidEye*, com resolução espacial original de 6,5 metros, podendo ser ortorretificada para 5 metros. O sistema *RapidEye*, segundo Felix et al. (2009) é formado por 5 satélites com sensor multiespectral (*pushbroom imager*), capazes de capturar imagens em 5 bandas espectrais (*Red, Green, Blue, Red-Edge, Near IR*), com

alcance de comprimento de onda entre 440 μm e 850 μm (Figura 4). A banda *Red-Edge* permite a visualização da atividade fotossintética da cobertura vegetal, podendo, assim, separar grupos específicos de vegetação e monitorar a saúde desses grupos.

Para gerar a classificação, foi usado o *software* ArcGis®, versão 10 (ESRI, 2010), e o primeiro passo consistiu na escolha do melhor

Figura 4 – Comprimentos de onda das bandas espectrais das imagens *RapidEye*



Fonte: Adaptado de Geopixel, 2016..

arranjo das 5 bandas espectrais disponíveis que melhor representassem os atributos da imagem para a finalidade do mapeamento. Feita a mais eficiente combinação RGB para identificação das classes (*Red*: Banda 4, *Green*: Banda 5, *Blue*: Banda 2), foi realizada uma extração em máscara com base nos limites da microbacia, com a intenção de otimizar o manuseio e o tempo de processamento do arquivo raster (Figura 5). A etapa seguinte consistiu na criação de assinaturas espectrais a partir da seleção de *pixels*, de interesses em elementos clássicos de análise e interpretação de imagens para geração do arquivo contendo a informação espectral das amostras de treinamento, conforme orienta Florenzano (2002).

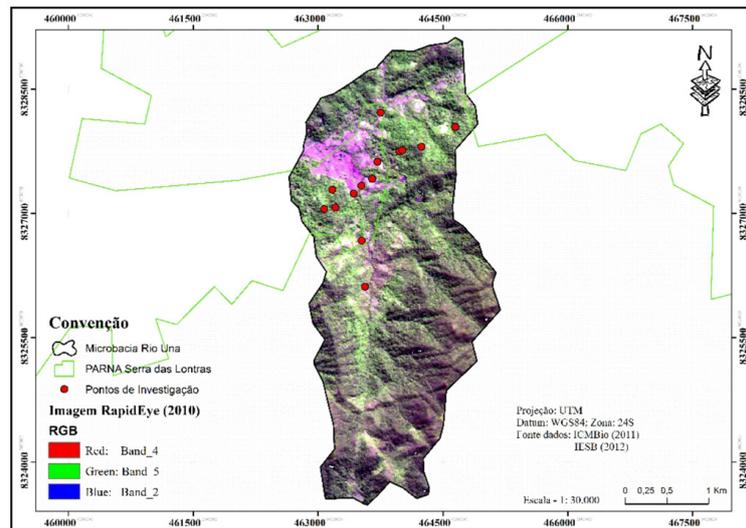
Vários testes foram realizados para classificação, usando principalmente a ferramenta *MaxVer* (método do algoritmo da máxima verossimilhança), que é paramétrico e considera a ponderação das distâncias entre médias e covariâncias dos níveis digitais das classes utilizando a posição dos *pixels*. No entanto, os resultados dessa classificação não atenderam à percepção de campo, muito por conta das configurações fisiográficas na microbacia, relevo bastante acidentado, gerando muito sombreamento na imagem de satélite e, dessa forma, influenciando nos resultados.

Nesse bojo, optou-se pela interpretação visual da imagem em outro arranjo espectral

(Red: Banda 3, Green: Banda 2, Blue: Banda 1), vetorizando os grupos identificados a partir das rugosidades vegetais e dos dados de

campo. Dessa forma, foi possível, contemplar no mapeamento, zonas de classes menores e isoladas em algumas ocasiões, além de

Figura 5 - Imagem de satélite (*RapidEye*, 2010) usada para classificar o uso do solo e vegetação



Fonte: Autores (2014); ICMBio (2011); IESB (2012); RapidEye (2010)..

evitar classificações com excesso de ruídos e informações inconsistentes.

Resultados e Discussão

Morfometria fluvial

A tabela 1 mostra os resultados da morfometria, os quais possibilitam diagnosticar o perfil fisiográfico que a microbacia do rio Una dispõe. Dessa forma, é aferida a capacidade de movimentação dos fluxos (precipitação e escoamento) na microbacia, além das potencialidades e vulnerabilidades para determinadas atividades de procedência antropogênica.

Tomando como base os conceitos de hierarquia fluvial de Strahler (1952), a microbacia é de 3ª ordem, possuindo 20 canais de escoamento de acordo com a definição de magnitude de drenagem de Shreve (1966).

Essa hierarquia aponta que o sistema de drenagem da bacia é pouco ramificado. A configuração da topografia ao longo dos canais fluviais é repleta de cachoeiras e quedas d'água, que têm importância relevante na oxigenação das águas do rio Una.

Quanto ao padrão de drenagem da microbacia, foi classificada mediante aos conceitos de Guerra e Guerra (2011), em dendrítica arborescente, onde as correntes tributárias se distribuem em todas as direções, assemelhando-se a galhos de árvores. Essa classificação da paisagem física está fortemente associada à geologia da região, visto que é composta de terrenos argilosos e rochas cristalinas de resistência uniforme, sendo um padrão típico de escoamento superficial e de baixa permeabilidade. A declividade média na microbacia corresponde a 36,46%, sendo um relevo forte ondulado (Figura 6),

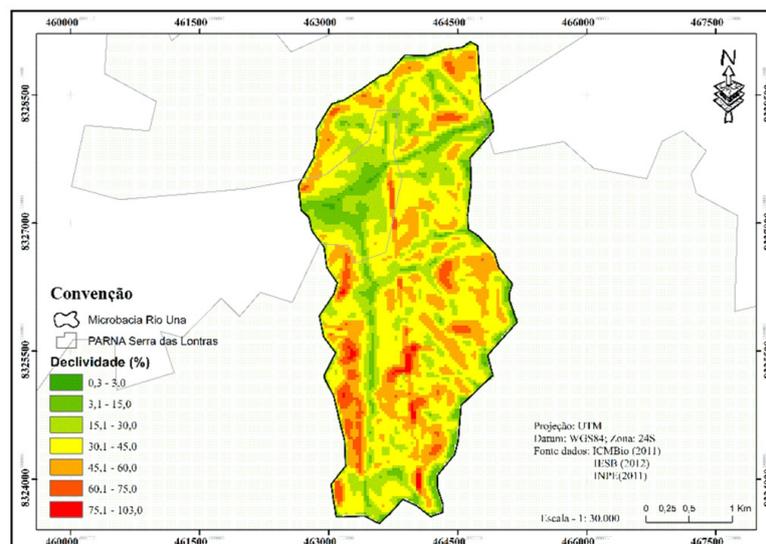
segundo classificação da EMBRAPA (1999). A declividade predominante (aprox. 45%) está dentro da classe de 30% a 45%, também definida como um relevo forte ondulado.

Tabela 1 – Morfometria da microbacia do rio Una, Sul da Bahia, 2015

Características físicas	Resultados
Área da Bacia (km ²); Área da Bacia no PNSL (km ²)	9,2; 7,9
Perímetro (km)	15
Comprimento Rio Principal (km)	4,1
Extensão Hidrográfica (km)	21,3
Nº de Rios (1:30.000)	20
Hierarquia Fluvial (1:30.000)	3 ^a
Densidade Hidrográfica (quantidade de canais / km ²)	2,17
Densidade de Drenagem (km de canais / km ²)	2,31
Índice de Circularidade	0,51
Fator de Forma	0,54
Coefficiente de Compacidade	1,39
Padrão de Drenagem	Dendrítica Arborescente
Amplitude Altimétrica (metros)	730
Declividade Média	36,46% (Forte Ondulado)

Fonte: Autores (2015).

Figura 6 – Mapa de declividade da microbacia do rio Una, Sul da Bahia



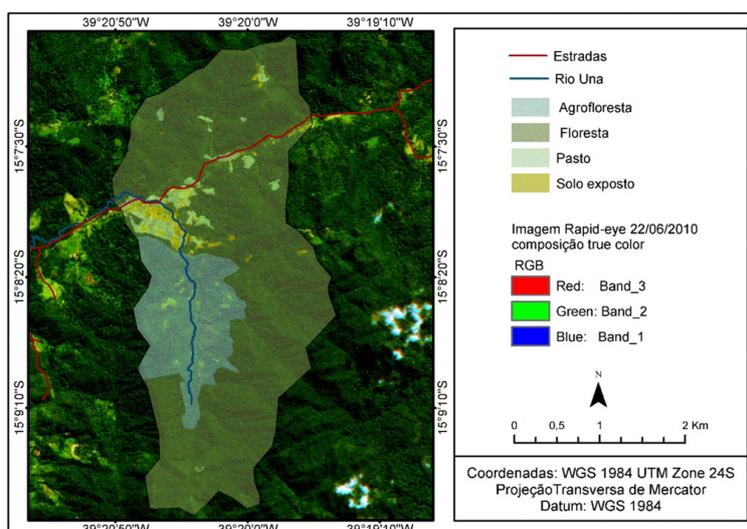
Fonte: Autores (2014); ICMBio (2011); IESB (2012); INPE (2011)..

Uso e ocupação do solo

O mapeamento das classes de cobertura vegetal e uso do solo indicaram que a microbacia apresenta cobertura vegetal densa, com elevado percentual de floresta, seguido por sistemas agroflorestais (SAF)

de cacau cabruca (Figura 7). Falcão Filho (2012) e Santos et al. (2013) usando imagem do sensor SPOT definiram, para esta mesma microbacia, uma cobertura vegetal de 91%, confirmando o alto grau de preservação e fazendo relação com a elevada produtividade hídrica que a microbacia apresenta.

Figura 7 – Mapa de cobertura vegetal e uso do solo



Fonte: Autores (2014); IESB (2012).

A tabela 2 mostra os valores percentuais das classes, sendo, predominante a do ambiente classificado como floresta, ocupando 76,4% da área na microbacia, ocorrendo sob a forma de vegetação primária, identificada a partir do adensamento das copas das árvores, apresentando uma rugosidade significativa. De acordo com a Resolução CONAMA nº 05/1994 (Brasil, 1994), convalidada pela Resolução 388/2007 (Brasil, 2007), a Vegetação Primária apresenta áreas marcadas por uma vegetação em avançado estado de regeneração, com máxima expressão local e grande diversidade biológica, sendo os efeitos das ações antrópicas mínimos ou ausentes a ponto de não afetar significativamente

suas características originais de estrutura e espécies.

Tabela 2 – Uso do solo e tipos de cobertura vegetal na microbacia do rio Una

Classes	Área (ha)	(%)
Floresta	705,5	76,4
Agrofloresta	163,5	17,6
Pasto	38	4,1
Solo exposto	17	1,9

Fonte: Autores (2016).

No PARNA Serra das Lontras, unidade que abrange quase toda a microbacia, foi registrado em estudo realizado por

Amorim e Leme (2009), que há os mais significativos remanescentes de floresta ombrófila densa montana no Sul da Bahia, com características muito particulares e abrigando uma enorme diversidade biológica que se encontra fortemente ameaçada nos dias atuais.

O sistema agroflorestal é uma classe que inclui algumas “cabruças” abandonadas, com mais de 150 anos, as quais experimentam uma nova forma de sucessão ecológica, tendo o cacau como parte de sua estrutura. Essa classe ocupa 17,6% da área na microbacia, e sua fisionomia apresenta espaçamentos, indicando algum tipo de atuação antrópica. Essa floresta de vegetação secundária é formada por ambientes em diferentes estágios de desenvolvimento, com a presença de uma vegetação marcada por diferentes estágios de regeneração, apresentando vegetação resultante de processos naturais de sucessão, após supressão total ou parcial de Vegetação Primária por ações antrópicas ou causas naturais, podendo ocorrer árvores remanescentes de Vegetação Primária, como indicado na Resolução CONAMA nº 05/1994 (Brasil, 1994).

Vale ressaltar que a Unidade de Conservação (UC) de proteção integral PARNA Serra das Lontras foi implantada em tempos recentes pelo decreto presidencial s/nº de 2010, e ainda atravessa etapas de desapropriação e indenização de imóveis rurais. Nesse cenário, há probabilidade de que os solos contenham alguma concentração de constituintes químicos oriundos do uso de defensivos agrícolas, podendo, assim, através da lixiviação, alterar a qualidade das águas. Aguiar et al. (2014), em estudo de qualidade da água desenvolvido em microbacias, correlacionou alterações em parâmetros hidroquímicos com a lixiviação de materiais

em áreas essencialmente agrícolas.

Os pastos, dentro da microbacia, ocupam 4,1 % de sua área, evidenciada na interpretação da presença de vegetação herbácea, observada e identificada por meio da ausência de árvores ou agrupamento das mesmas. Uma das razões da presença reduzida dessa classe é a geomorfologia local, descrita por Nacif et al. (2009), onde as acentuadas declividades das vertentes e interflúvios limitam as possibilidades de efetivação da pastagem. Aliado a isso, atualmente há o fator legal que através do Parque Nacional, impossibilita qualquer tipo de atividade de natureza antropogênica.

Poucos ambientes de solo exposto (1,9%) foram identificados na microbacia. A maior concentração está próxima ao exutório (vide Figura 7). Essa classe foi pontuada em campo e interpretada na imagem de satélite a partir da percepção do solo pela resposta espectral apresentada. Esses ambientes indicam áreas abertas pela atuação do homem na extração de madeira ou derrubada da mata para a implantação de agricultura ou pecuária, mas que estão atualmente sem uso, com completa denudação de cobertura vegetal.

Diagnóstico geoambiental

Para viabilizar o diagnóstico geoambiental a partir das variáveis morfometria e uso do solo foram identificadas as possíveis interações entre as mesmas, deixando claro a influência hidrogeomorfológica no arranjo da cobertura vegetal e na disposição dos usos do solo. Na microbacia do rio Una, apesar de suas densidades hidrográfica e drenagem serem consideradas de baixa a média, elas sinalizam importante fator conservacionista, sobretudo na classe de floresta. Os elevados índices de

cobertura vegetal nessa classe asseguram que a hidrologia de floresta possa atribuir ao ambiente local condições de constante produção de água, conforme expõe Ranzini et al. (2004), ao correlacionar a interceptação da precipitação por uma floresta de mata atlântica com a comunicação hídrica entre as zonas subsuperficiais (solos) saturadas e o escoamento superficial.

Analisando as figuras 2, 6 e 7 é possível perceber que o setor de maior densidade de drenagem é onde se encontram as áreas fortemente onduladas e florestadas e que, de acordo com Tonello (2006), indica que, além da cobertura florestal, a declividade também apresenta um considerável fator de impacto na formação dos canais fluviais. Nesse tipo de relevo mais irregular, Pissarra et al. (2010) apontam que o escoamento superficial adquire um perfil altamente erosivo ao solo e que, de acordo com Calil et al. (2012), cria, dessa forma, uma maior concentração de caminhos naturais da água e, por sua vez, uma maior densidade de drenagem. Maior densidade de drenagem e produção hídrica também têm alto valor para a classe dos conjuntos agroflorestais, pois a presença de um ambiente equilibrado permite que as ações de manejo, sobretudo das cabruças, tenham o suporte da presença de água na área de influência dos SAF, conforme observa Castro et al. (2010), em estudo realizado no Amazonas.

A forma levemente alongada da microbacia comprovada pelos valores do índice de circularidade (0,51), coeficiente de compacidade (1,39) e fator de forma (0,54) reitera a configuração estabelecida pela declividade, sendo também causa de uma maior velocidade no escoamento superficial em períodos de intensa precipitação na microbacia. Esse fator é

mais um que condiciona a formação de canais para escoamento superficial e tem, no padrão de drenagem, um indicativo que assegura esse escoamento, em um cenário que a litologia é cristalina, de porosidade primária, praticamente nula.

Os solos bem desenvolvidos e profundos, principalmente os da faixa de cobertura vegetal densa (floresta e agrofloresta), são, de acordo com Demattê e Demétrio (1996), também responsáveis pelo arranjo espacial do padrão de drenagem, pois estes, apesar de serem porosos, são de baixíssima permeabilidade, favorecendo, assim, o escoamento e a formação dendrítica arborescente da rede de drenagem.

As classes de pastos e solo exposto ocupam áreas mais baixas, planas e de suave ondulação, próximas ao exutório da microbacia, sendo o relevo e declividade fatores preponderantes na escolha das zonas para instalação dessas classes, as quais ocupam áreas relativamente pequenas em zonas de baixa dinâmica hidrogeomorfológica, tendo, dessa forma, uma reduzida possibilidade de causar impactos de maior magnitude no sistema fluvial.

Conclusões

Os resultados permitiram concluir que a microbacia do rio Una, no Sul da Bahia tem uma forma típica de baixa tendência a inundações. Sua hidrografia tem um padrão dendrítico e é de baixa a média densidade, tendo uma forte correlação com os solos pouco permeáveis, com a litologia de baixa permeabilidade e porosidade primária praticamente nula, além de uma geologia estrutural caracterizada por fraturas e falhamentos regionais.

As altas taxas de cobertura vegetal apresentadas pelo mapeamento em conjunto

com a morfometria, declividade e tipologia climática asseguram as potencialidades de uso dessa microbacia. É notável que a relação entre o clima, a morfometria e o alto grau de preservação ambiental das classes florestais representam elevado potencial de produção hídrica, neste cenário, o uso destinado proposto a esta microbacia deve ser impreterivelmente a preservação, o que já acontece através da UC de proteção integral implantada na região.

O predomínio da classe de floresta é uma evidência de que as águas produzidas nessa microbacia, em termos de qualidade, podem apresentar uma boa condição ambiental para uso, contudo, a presença de agrofloresta no médio curso da microbacia exige uma maior atenção para com os recursos hídricos. As águas que escoam pela agrofloresta não estão isentas de contaminação, sobretudo, advinda de defensivos agrícolas. Portanto, necessita-se de um monitoramento hidroquímico sazonal que possa definir o perfil de qualidade da água

produzida e que, caso necessário, seja capaz de apontar o adequado tratamento para torná-la própria para consumo humano de acordo com a legislação vigente.

As formas hidrogeomorfológicas locais surgem como empecilhos físicos do ambiente na proposição de outros usos do solo que não sejam os de preservação. Por sua vez, o avançado estado de preservação da vegetação, detectado no mapeamento, auxilia a dinâmica ambiental do sistema fluvial, criando, assim, uma relação mútua, típica de ambientes naturais preservados.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao financiamento para a realização deste trabalho, promovido pela Fundação Boticário para a Preservação da Natureza (FBCN), pela Conservation International do Brasil (CI-Brasil), pela Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC) e pelo CNPq, através do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia TMCOcean.

Referencias

AGUIAR, C. P. O.; PELEJA, J. R. P.; SOUSA, K. N. S. Qualidade da água em microbacias hidrográficas com agricultura nos municípios de Santarém e Belterra, Pará. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.38, n.6, p.983-982, 2014.

ALI, S. A.; KHAN, N. Evaluation of morphometric parameters – a remote sensing and GIS Based Approach. **Open Journal of Modern Hydrology**, v.3, p.20-27, 2013.

ALPINO, S. O.; PEREIRA, F. C. S.; LEÃO, O. M. R. Parâmetros morfométricos do alto curso da bacia do rio Macaé (RJ): Subsídios ao entendimento da dinâmica geomorfológica. **Revista Tamoios**, v.4, p.1-23, 2007.

AMORIM, A.M.; LEME, E. Two new species of *Quesnelia* (Bromeliaceae: Bromelioideae) from the Atlantic Rain Forest of Bahia, Brazil. **Brittonia**, n. 61, v.1, p. 14-21, 2009.

BRASIL. Resolução Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), nº 05 de 4 de maio de 1994. Define vegetação primária e secundária nos estágios inicial, médio e avançado de regeneração da Mata Atlântica, a fim de orientar os procedimentos de licenciamento de atividades florestais no Estado da Bahia. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Brasília, 30 de maio de 1994.

BRASIL. Resolução Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), nº 388 de 23 de fevereiro de 2007. Dispõe sobre a convalidação das resoluções que definem a vegetação primária e secundária nos estágios inicial, médio e avançado de regeneração da Mata Atlântica para fins do disposto no art. 4º § 1º da Lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Brasília, 26 de fevereiro de 2007.

CALIL, P. M.; OLIVEIRA, L. F. C. de; KLIEMANN, H. J.; OLIVEIRA, V. A. de. Caracterização geomorfométrica e do uso do solo da bacia hidrográfica do Alto Meia Ponte, Goiás. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 4, p. 433-442, 2012.

CASTRO, A. B.; FRAXE, T. J. P.; SANTIAGO, J. L.; MATOS, R. B.; PINTO, I. C. Os sistemas agroflorestais como alternativa de sustentabilidade em ecossistemas de várzea no Amazonas. **Acta Amazonica**, v. 32, n. 2, p. 279-288, 2009.

COMBER, A.; FISHER, P.; BRUNSDON, C.; KHMAG, A. Spatial analysis of remote sensing image classification accuracy. **Remote Sensing of Environment**, n. 127, p. 237-246, 2012.

CPRM. **Serviço Geológico do Brasil**. Mapa de Domínios e Subdomínios Hidrogeológicos do Brasil, escala 1:2.500.000, 2004. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/publique/cgi/>>. Acesso em: 25 ago. 2013.

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

DEMATTÊ, J. A. M.; DEMÉTRIO, V. A. Padrões de drenagem em áreas de solos desenvolvidos de rochas vulcânicas ácidas na região de Guarapuava (PR). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n. 20, p. 305- 311, 1996.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solo. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: EMBRAPA, 1999. 412p.

EROL, A.; RANDHIR, T. O. Watershed ecosystem modeling of land-use impacts on water quality. **Ecological Modelling**, n. 270, p. 54-63, 2013.

ESRI. **ArcGIS** (Version 10). Los Angeles, United States: Environmental Systems Research Institute, Inc. 2010.

FALCÃO FILHO, C. A. T. **Mapeamento de uso e cobertura do solo do Parque Nacional da Serra das Lontras**. Instituto de Estudos Socioambientais do Sul da Bahia – IESB, 2012.

FELIX, I. M.; KAZMIERCZAK, M. L.; ESPINDOLA, G. M. RapidEye: a nova geração de satélites de Observação da Terra. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. p. 7619-7622.

FLORENZANO, T. G. **Imagens de satélite para estudos ambientais**. Oficina de Textos, INPE, São Paulo, 2002. p. 97.

GEOPIXEL, **Soluções em Geotecnologias e TI**. 2016. Disponível em: <<http://www.geopx.com.br>>. Acesso em: 13 jan. 2016.

GROHMANN, C. H. Morphometric analysis in geographic information systems: applications of free software GRASS and R. **Computers & Geosciences**, n. 30, p. 1055-1067, 2004.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. **Novo Dicionário Geológico – Geomorfológico**. 9. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. 648p.

HAUER, F. R.; BARON, J. S.; CAMPBELL, D. H.; FAUSCH, K. D.; HOSTETLER, S. W.; LEAVESLEY, G. H.; LEAVITT, P. R.; MCKNIGHT, D. M.; STANFORD, J. A. Assessment of climate change and freshwater ecosystems of the Rocky Mountains, USA and Canada. **Hydrological Processes**, n. 11, p. 903-924, 1997.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 12 de agosto de 2012.

ICMBio. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Unidades de conservação**. Brasília, 2011. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/portal/biodiversidade/unidades-de-conservacao/>>. Acesso em: 20 abr. 2012.

INPE. TOPODATA. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Banco de Dados Geomorfológicos do Brasil**. Planos de informação em Geotiff (32 bits, extensão .tif), 15S_405_ZN. São José dos Campos, 2011. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/topodata/data/geotiff/>>. Acesso em: 23 maio 2012.

MENEZES, J. P. C.; FRANCO, C. S.; OLIVEIRA, L. F. C.; BITTENCOURT, R. P.; FARIAS, M. S.; FIA, R. Morfometria e evolução do uso do solo e da vazão de máxima em uma microbacia urbana. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 15, n.4, p. 659-672, 2014.

MORAES, M. C. P.; MELLO, K.; TOPPA, R. H. Análise da paisagem de uma zona de amortecimento como subsídio para o planejamento e gestão de unidades de conservação. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.39, n.1, p. 1-8, 2015.

NACIF, P. G. S.; COSTA, O. V.; ARAÚJO, M.; SANTOS, P. S. Geomorfodinâmica da Região do Complexo de Serras das Lontras. In: SAVE Brasil, IESB e BirdLife International. **Complexo de Serras das Lontras e Una, Bahia**: elementos naturais e aspectos de sua conservação. São Paulo: SAVE Brasil, 2009. p.9-14.

- PISSARRA, T. C. T.; RODRIGUES, F. M.; POLITANO, W.; GALBIATTI, J. A. Morfometria de microbacias do Córrego Rico, afluente do Rio Mogi-Guaçu, Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 4, p. 669-676, 2010.
- PRESS, F.; SIEVER R.; GROTZINGER, J.; JORDAN, T. H. **Para entender a Terra**. Tradução Rualdo Menegat. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006. 656 p.
- RANZINI, M.; RIGUETTO, A. M.; LIMA, W. P.; GUANDIQUE, M. E. G.; ARCOVA, F. C. S.; CICCIO, V. Processos hidrológicos de uma microbacia com Mata Atlântica, na região da Serra do Mar, SP. **Scientia Forestalis**, n. 66, p. 108-119, 2004.
- RAPIDEYE, **Satellite Imagery Product Specifications**. 2013. Disponível em: <<http://blackbridge.com/rapideye/>>. Acesso em: 25 de jan. 2015.
- SANTOS, A. M.; TARGA, M. S.; BATISTA, G. T.; DIAS, N. W. Florestamento compensatório com vistas à retenção de água no solo em bacias hidrográficas do município de Campos do Jordão, SP, Brasil. **Ambi-Água, Taubaté**, v. 6, n. 3, p. 110-126, 2011.
- SANTOS, D. A.; MATTOS, J. B.; PAULA, F. C. F.; FALCÃO FILHO, C. A. T. Produção de Água em uma Unidade de Conservação do Sul da Bahia. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 20., 2013, Bento Gonçalves, RS, Brasil. **Anais...** Bento Gonçalves: ABRH, 2013.
- SEI. Superintendência de Estudos Sociais e Econômicos. **Balanco hídrico do estado da Bahia**. Salvador: SEI, 1999. 250p.
- SHREVE, R. L. Statistical law of stream numbers. **Journal of Geology**, Chicago, v.74, n.1, p.17-37, 1966.
- STRAHLER, A. N. Dynamic basis of Geomorphology. **Geological Society of America Bulletin**, v.63, p. 923-938, 1952.
- TONELLO, K. C.; DIAS, H. C. T.; SOUZA, A. L.; RIBEIRO, C. A. A. S.; LEITE, F. P. Morfometria da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães – MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 5, p. 849-857, 2006.
- VALERIANO, M. M.; KUPLICH, T. M.; STORINO, M.; AMARAL, B. D.; MENDES JR., J. N.; LIMA, D. J. Modeling small watersheds in Brazilian Amazonia with shuttle radar topographic mission-90m data. **Computers & Geosciences**, n. 32, p. 1169-1181, 2006.
- VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245 p.