

XII SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE

VAZÃO FLUVIAL, CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA E CLASSIFICAÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA MICROBACIA DO RIO JAVIZINHO, SUL DA BAHIA

Jonatas Batista Mattos¹; Debora Alves Santos² & Francisco Carlos Fernandes de Paula³ & César Augusto Teixeira Falcão Filho⁴

RESUMO – Este trabalho tem como objetivos quantificar a produção hídrica, identificar a morfometria e classificar os tipos de cobertura vegetal e uso e ocupação da microbacia do Rio Javizinho, localizada no município de Arataca, Sul da Bahia. A maior parte das nascentes desta bacia está alocada no interior do Parque Nacional da Serra das Lontras. A vazão fluvial medida em diferentes estações sazonais foi determinada a partir do método área *vs* velocidade. Para o levantamento morfométrico utilizou-se o geoprocessamento em dados areais, lineares e hipsométricos da microbacia. O mapeamento de cobertura vegetal e uso e ocupação do solo baseou-se na aplicação de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto na estrutura SIG, utilizando imagens dos satélites *RapidEye* de 2010, aplicando o método de classificação automática supervisionada através de processamentos de algoritmos. Os resultados indicam que cada hectare da microbacia no parque produz no mínimo, 23.300 litros de água por dia. Esta produção de água é garantida, obviamente pela elevada precipitação, mas também pelas taxas de cobertura vegetal densa, com considerável percentual de floresta primária e secundária. Quanto à forma, a microbacia é alongada, de declividade forte ondulada, com uma hidrografia de média densidade e padrão de drenagem dendrítico.

ABSTRACT– This study aims to quantify the hydro production, identify the morphometry and classify the types of land cover and use and occupation of Javizinho River watershed, located in the county of Arataca, southern Bahia. Most springs of this basin it is allocated inside the Serra das Lontras National Park. The river discharges measured at different seasonal stations was certain from the method area *versus* velocity. For morphometric making used the geoprocessing into data area, linear and hypsometric of the watershed. The mapping of land cover and use and occupation of land was based on the application of geoprocessing and remote sensing techniques in GIS structure, using *RapidEye* satellite images of 2010, applying the method of automatic supervised classification through processing algorithms. The results indicate that each hectare of watershed in the park produces at least 23,300 L of water day. This water production is guaranteed, obviously by high precipitation, but also the rates dense vegetation coverage, with considerable percentage of primary and secondary forest. As for how the watershed is elongated, slope corrugated high, with a drainage medium density and dendritic drainage pattern.

Palavras-Chave – PARNA Serra das Lontras, Deflúvios, PSA Águas.

¹ Mestrando: Programa de Pós-Graduação em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Campus Ondina, Salvador-BA. jon-mattos@hotmail.com

² Discente: Graduação, Universidade Estadual de Santa Cruz, Departamento de Ciências Agrárias e Ambientais, Bacharelado em Geografia, Km 16 da rodovia Ilhéus-Itabuna, Salobrinho, Ilhéus-BA. debb.alvesantos@hotmail.com

³ Docente: Professor Doutor em Ecologia e Recursos Naturais, Departamento de Ciências Agrárias e Ambientais, Núcleo de Bacia Hidrográfica, Km 16 da rodovia Ilhéus-Itabuna, Salobrinho, Ilhéus-BA. depaula@uesc.br

⁴ Graduado em Geografia, Mestre em Sistemas Aquáticos Tropicais, pesquisador colaborador no Instituto de Estudos Socioambientais do Sul da Bahia (IESB), Rua Major Homem Del Rey, nº 147, Cidade Nova, Ilhéus-BA. cezarfalcaof@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

Os recursos hídricos apresentam relevante importância na manutenção da vida e das atividades humanas, fazendo com que a sociedade repense, cada dia mais, algumas práticas indevidas de utilização do recurso e busque um conhecimento do tema que possa subsidiar um gerenciamento adequado e cada vez mais necessário deste recurso natural.

Com a promoção do aumento do consumo pela população e a diminuição da oferta de água própria para este consumo, agências governamentais tem incentivado ações com a finalidade de garantir bons níveis de preservação vegetal que possam assegurar vazões fluviais em quantidade e qualidade suficiente para atender a demanda. Estas ações não se resumem somente a pesquisas projetadas e executadas em institutos científicos, centros tecnológicos e universidades, mas também a práticas de inovação que envolva diretamente a população, como é o caso do programa de Pagamentos por Serviços Ambientais (PSA).

No que diz respeito aos recursos hídricos, até o ano de 2010, em torno de 40 iniciativas foram catalogadas no Brasil, nos chamados PSA-Águas (Guedes & Seehusen, 2011). O acompanhamento da eficiência de tais programas sempre se apresenta na forma de monitoramento da preservação de uma área determinada em contrato, no entanto não se estende ao monitoramento dos deflúvios produzidos e de sua qualidade associada.

De acordo com Botelho (2011), o planejamento, projeto e operação de qualquer intervenção antrópica relacionada com o aproveitamento e controle dos recursos hídricos em uma região baseiam-se na avaliação da demanda existente e a produção de água nos rios. Nesse contexto, a oferta hídrica de uma área carece ser conhecida e é essencial o levantamento das características físicas e morfométricas de uma bacia hidrográfica.

Dessa forma, Christofolletti (1969) diz que a morfometria fluvial se constitui como um método quantitativo de mensuração e análise de sistemas e geoformas fluviais perante a análises lineares, areais e hipsométricas, de forma que mostre quais as características morfológicas de uma bacia hidrográfica a partir das nascentes dos rios até a foz do canal principal.

Atualmente, as geotecnologias são ferramentas indispensáveis para estudos de morfometria, apresentando resultados com maior nível de precisão, alcançados através de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto. Neste bojo, o mapeamento e o SIG se tornam poderosos instrumentos no planejamento e gestão de bacias, conforme expõe Ferreira (1997), tendo como destaque as classificações de cobertura vegetal e uso do solo, que possam estabelecer estratégias que facilitem a tomada de decisões.

A combinação das informações físico-ambientais é capaz de gerar mapas interpretativos, sob a demanda de usos concretos. O presente artigo tem como objetivo quantificar o volume de água

produzida no interior de uma área preservada e que é drenada através da microbacia do Rio Javizinho, bem como sua morfometria e identificação dos diferentes tipos de classes de uso e ocupação do solo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de Estudo

A área drenada pelo Rio Javizinho se localiza no município de Arataca, região Sul do estado da Bahia, entre as coordenadas geográficas em UTM: 463911; 467291 de Latitude Sul e 8323635; 8318140 de Longitude Oeste (figura 1). Ocupando uma área aproximada de 820 hectares (ha), destes, um pouco mais da metade (445 ha) encontra-se dentro do Parque Nacional da Serra das Lontras.

Este parque abriga florestas de baixada e de montanha, de grande importância ecológica devido ao elevado endemismo de fauna e flora. Serve como mini-corredor ecológico, com a finalidade de preservação da Mata Atlântica e da biodiversidade local, bem como uma densa rede de drenagem de um conjunto de microbacias hidrográficas pertencentes ao sistema fluvial do Rio Una.

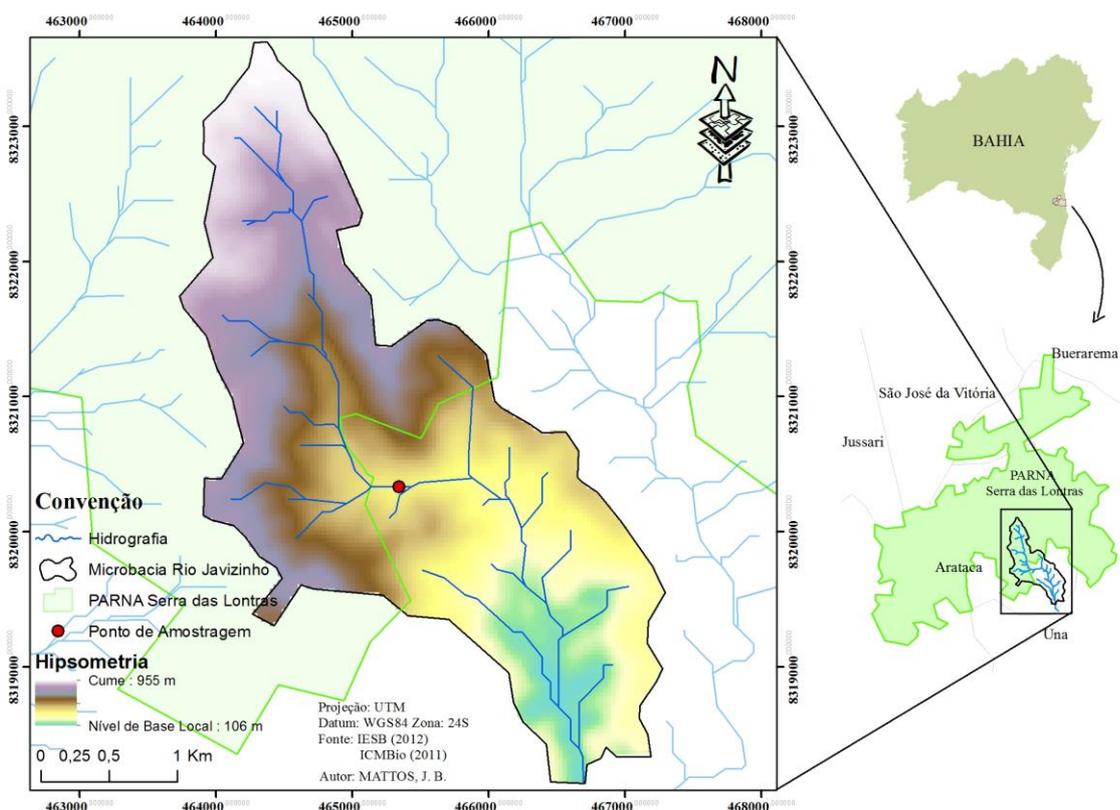


Figura 1 – Mapa de localização e hipsometria da Microbacia do Rio Javizinho, Sul da Bahia.

O clima da área é definido pela classificação de Köppen como do tipo Af (Tropical Quente-Úmido sem estação seca definida), com precipitação anual em torno de 2.000 mm e temperatura média de 23° C (SEI, 1999).

A fisiografia da microbacia do Rio Javizinho está vinculada ao embasamento cristalino paleoproterozóico, representado pelas rochas ortognáissicas do complexo Buerarema com um importante direcionamento estrutural NW-SE. Os sistemas aquíferos são 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 e solos pouco desenvolvidos (Litólicos) ocupando áreas de relevo acidentado com vertentes íngremes e vales suspensos, tornando propícia a manutenção da exuberante floresta de Mata Atlântica localizada na região (Nacif *et. al.* 2009).

Estas características estão vinculadas a uma unidade geomorfológica bastante influenciada pela estrutura tectônica local, que modelou o relevo, escavando os lineamentos das drenagens e definindo os encaixes dos vales. Este relevo é bastante movimentado, apresentando altos graus de declividade. Em termos de classes paisagísticas, é composto 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 150 metros, conforme descrito por Nacif *et. al.* (2009).

2.2 Vazão Fluvial

Em um primeiro momento foram feitas interpretações da área de estudo, utilizando as ferramentas do SIG a partir da folha topográfica CAMACÃ de código SD.24-Y-D-III2188 e imagens do satélite *SPOT*. Posteriormente foram realizadas visitas à campo, para a definição da localização da estação amostral e a realização dos procedimentos de calibração das técnicas de coletas e análises, na sequência foram iniciadas campanhas de campo cobrindo o período entre junho/2012 e janeiro/2013.

Para determinar os deflúvios, foi aplicado o método da área *versus* velocidade. A área da secção fluvial determinada, medindo-se a largura total do canal neste trecho e a profundidade medida em diferentes pontos, ao longo desta transversal, utilizando-se trenas e réguas. A determinação das velocidades foi obtida utilizando-se um medidor de fluxo, modelo *Global Water* FP101. Tal método é padronizado no nível internacional pela norma técnica da *International Standards Organization* ISO 748:2007 (ISO 2007a).

2.3 Análise Morfométrica

O levantamento das informações morfométricas foi feita também através do SIG, com a extração de informações lineares, areais e hipsométricas das imagens do satélite *SPOT* e do projeto Topodata com as 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, que serviram de base para um mapeamento mais acurado da bacia e da rede de drenagem.

A partir de tais dados foi possível gerar o polígono com a área da bacia e a ordenação de canais fluviais, identificando a hierarquia fluvial e o padrão de drenagem, possibilitando dessa forma calcular os parâmetros morfométricos com a mensuração dos seguintes índices: Coeficiente de compacidade; comprimento da bacia; índice de circularidade; densidade hidrográfica; densidade de drenagem; cotas altimétricas e declividade.

2.4 Classificação de Uso e Ocupação

Para o mapeamento de uso e ocupação e cobertura vegetal foram necessárias idas ao campo para fins de reconhecimento e averiguação, com o uso de material cartográfico base e do GPS-GNSS, agregando também acurácia ao mapeamento final das classes. Em etapa pós-campo buscou-se utilizar técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento em imagens de satélites da série *RapidEye* de 2010, com média resolução (5 metros), capazes de dar subsídio aos estudos Geográficos e de Geologia Ambiental, identificando os diferentes tipos de classes de uso e ocupação do solo.

Para gerar a classificação, o primeiro passo consistiu na escolha do melhor arranjo das 5 bandas espectrais (Azul, Verde, Vermelho, Red-Edge e Infravermelho-Próximo), que melhor representassem os atributos da imagem para uma dada finalidade. Feita a mais eficiente combinação, usou-se o classificador MaxVer de máxima verossimilhança, utilizado com supervisão é um algoritmo que considera a ponderação das distâncias entre médias dos níveis digitais das classes utilizando a posição dos pixels. Após a aplicação do MaxVer, foi usado um filtro majoritário para limpar artefatos e pixels isolados que prejudicam a visualização da imagem.

Houve também uma comparação em termos de consulta com uma classificação gerada através de outro algoritmo de classificação automática não-supervisionada, denominado Ioseg que agrupa os dados de um conjunto de regiões caracterizadas por atributos estatísticos da área e da média e matriz de covariância (Florenzano, 2011).

3. RESULTADOS

As vazões fluviais registradas no decorrer do período de coletas representam um regime perene, com elevado rendimento hídrico ao longo do ano. A tabela 1 mostra os valores de produção de água que comprovam a estabilidade dos deflúvios em diferentes condições pluviométricas. Esses valores estão dentro da faixa registrada em bacias hidrográficas dos Domínios da Mata Atlântica com cobertura florestal preservada, segundo Donato *et al.* (2007), Forti *et al.* (2007) e Junqueira *et al.* (2007).

Tabela 1 – Vazão e Produção de Água no Rio Javizinho.

Microbacia Rio Javizinho		
Período	Vazão Fluvial (L seg ⁻¹)	Produção de Água (L seg ⁻¹ ha ⁻¹)
Junho/2012	154	0,3
Agosto/2012	397	0,9
Outubro/2012	529	1,2
Janeiro/2013	120	0,3

Na microbacia do Rio Javizinho foi registrada uma vazão mínima total de 120 L seg⁻¹ ou 10.368 m³ de água por dia. Tais valores representam dados de produtividade da área da microbacia hidrográfica contida no parque, somando-se à zona de amortecimento, esta área corresponde a 70% de todo o caudal fluvial produzido. Estes volumes calculados apontam bons índices de manutenção das descargas fluviais da região, considerando que o período coberto pelas coletas apresentou baixas precipitações quando comparadas às normais mensais registradas ao longo de décadas.

Neste bojo, conhecendo a vazão do Rio Javizinho é essencial também conhecer a forma de sua microbacia, para que assim relações de uso e ocupação para uma dada finalidade perante a morfometria possam ser realizadas na gestão da bacia hidrográfica. A Tabela 2 mostra os resultados dos parâmetros morfométricos, que irão possibilitar múltiplas análises, capazes de diagnosticar as características da microbacia de forma que indique qual o seu potencial de uso.

Tabela 2 – Morfometria da microbacia do Rio Javizinho - BA, 2014.

Características físicas	Resultados
Área da Bacia (km ²); Área da Bacia no parque (km ²)	8,2; 4,4
Perímetro (km)	16,74
Comprimento Rio Principal (km)	6,5
Extensão Hidrográfica (km)	18,05
Nº de Rios (1:25.000)	18
Hierarquia Fluvial (1:25.000)	3 ^a
Densidade Hidrográfica (quantidade de canais / km ²)	2,20
Densidade de Drenagem (km de canais/km ²)	2,20
Índice de Circularidade	0,36
Coefficiente de Compacidade	1,64
Padrão de Drenagem	Dendrítica Arborescente
Altimetria – Máxima; Mínima; Média (metros)	955; 106; 530
Amplitude Altimétrica (metros)	849
Declividade	24% (Forte Ondulado)

Com base nos conceitos de hierarquia fluvial de Strahler (1952), a microbacia é de 3^a ordem, possuindo 18 canais de escoamento de acordo com os conceitos de magnitude de drenagem de Shreve (1966). A hierarquia aponta que o sistema de drenagem da bacia é pouco ramificado. As

características topográficas ao longo dos canais configuram a formação de cachoeiras, que tem importância relevante na oxigenação das águas do Rio Javizinho.

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. A declividade média na microbacia corresponde a 24%, caracterizando um relevo forte ondulado, segundo classificação da EMBRAPA (1999). A maior área da microbacia está dentro da classe de 20% a 45%.

Dessa forma, para consolidar a indicação da potencialidade ou vulnerabilidade de uso e ocupação de uma bacia em conjunto com a morfometria, o mapeamento das classes indicaram que a microbacia apresenta cobertura vegetal densa, com considerável percentual de floresta primária e secundária, sendo esta última representada em grande parte por Sistemas Agroflorestais (SAF) com culturas de seringal e cabruca.

A agricultura simples, pastagem e solo exposto apresentaram baixo percentual de cobertura, porém com elevada frequência e boa distribuição nos limites externos ao parque (figura 2), evidenciando que são práticas que ainda persistem, mas que tendem a mudanças por conta da presença de uma Unidade de Conservação nas proximidades. Os resultados deste mapeamento confirmam outra classificação gerada a partir de imagens de satélite de outro sensor, feita por Falcão Filho (2012).

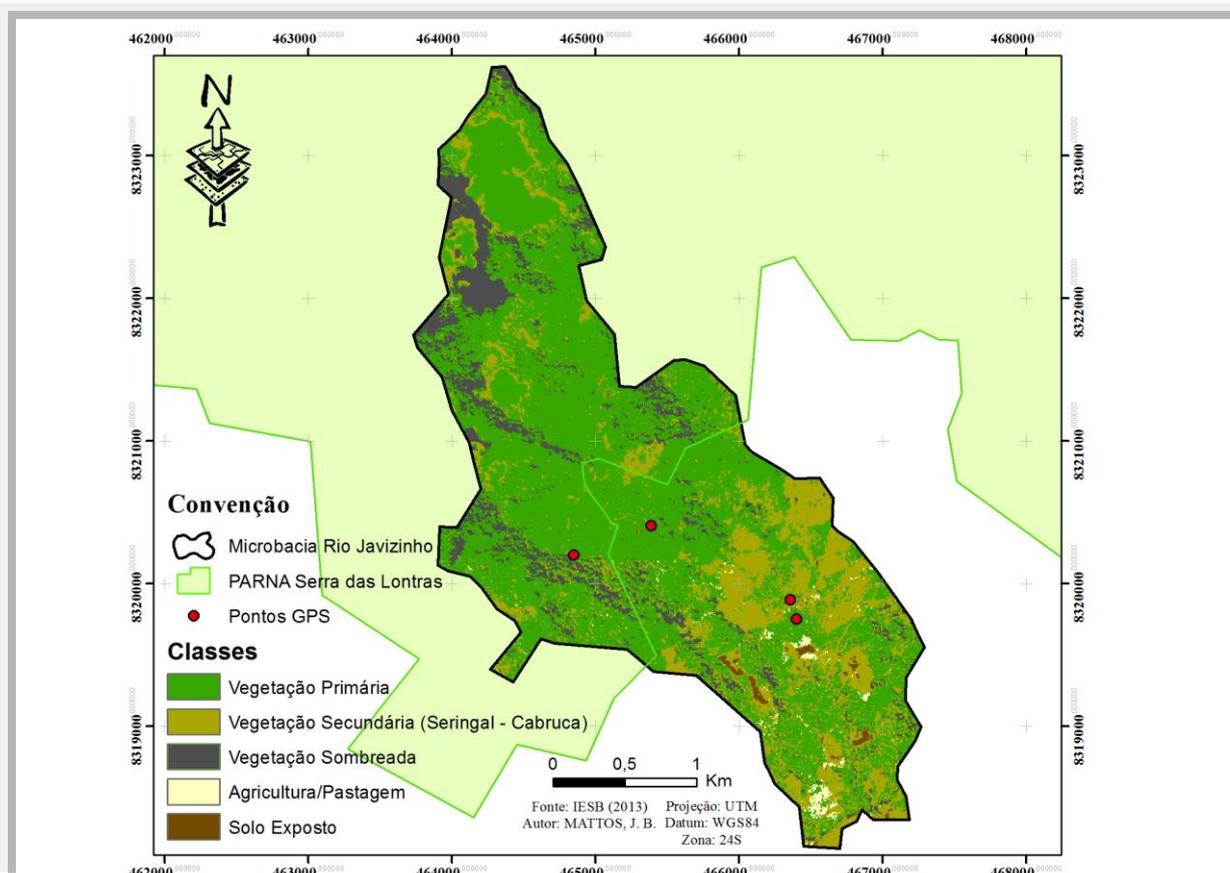


Figura 2: Mapa de classes de uso e ocupação, cobertura vegetal e pontos de investigação em campo.

4. CONCLUSÕES

Com tais resultados foi possível concluir que cada hectare da microbacia do Rio Javizinho contida no parque produz no mínimo 23.300 litros de água diariamente, valor que confirma a relevância da proteção promovida pela cobertura vegetal e reitera os dados de SANTOS et. al. (2013), quando realizou a relação vazão vs hectare da produtividade dos deflúvios de aproximadamente 6.000 hectares referentes a 7 microbacias monitoradas no Parque Nacional da Serra das Lontras, apresentando também valores altos de produção hídrica.

A forma da microbacia apresenta-se alongada, com os valores de coeficiente de compacidade acima de 1,5 e o de índice de circularidade (0,36) próximo ao extremo oposto do valor da unidade da forma circular que é 1. Assim, a microbacia tem um controle estrutural da drenagem e a capacidade de um escoamento mais rápido, com menor propensão de inundações e da permanência de poluentes na rede fluvial. A hidrografia é de média densidade (2,20 km/km²) e dendrítica, com uma forte relação com a geologia estrutural de importantes falhamentos e fraturas e com um embasamento de baixa permeabilidade.

As altas taxas de cobertura vegetal apresentadas no mapeamento refletem a função desempenhada por áreas preservadas, que garantem a interação de processos naturais que forneça água de boa qualidade com um regime hídrico perene, com potencial para suprir as necessidades hídricas de comunidades 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. Por fim, demonstra-se aqui que com estes resultados esta área apresenta um significativo potencial para a implementação de um programa de Pagamentos por Serviços Ambientais.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao financiamento e apoio 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), pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) e pelo CNPq, através do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia TMCOcean.

BIBLIOGRAFIA

BOTELHO, R.G.M. (2011). *Planejamento Ambiental em Microbacia Hidrográfica*. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da (org.). *Erosão e Conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p. 269-299.

COUILLARD, D.; LEFEBVRE, Y. (1985). Analysis of water quality indices. *Journal of Environmental Management*, v.21, p.161-179.

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

CHRISTOFOLETTI, A. (1969). Análise morfométrica de bacias hidrográficas. *Notícia Geomorfológica*. Campinas: v. 9, nº 18, p. 35-64.

DONATO, C.F.; RANZINI, M.; CICCIO, V.; ARCOVA, F.C.S. & SOUZA, L.F.S. (2007). Balanço de massa em microbacia experimental com Mata Atlântica, na Serra do Mar, Cunha SP. *IF Sér. Reg.*, São Paulo, n. 31, p. 241-246.

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

FALCÃO FILHO, C. A. T. (2012). *Mapeamento de Uso e Cobertura do solo do Parque Nacional da Serra das Lontras*. In: Instituto de Estudos Socioambientais do Sul da Bahia – IESB.

FERREIRA, C. C. M. (1997). *Zoneamento agroclimático para implantação de sistemas agroflorestais com eucaliptos, em Minas Gerais*. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 158p.

FLORENZANO, T. G. (2011). *Processamento de Imagens*. Iniciação em Sensoriamento Remoto. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, p. 71-79.

FORTI, M.C.; BOUROTTE, C.; CICCIO, V.; ARCOVA, F.C.S. & RANZINI, M. (2007). Fluxes of solute in two catchments with contrasting deposition loads in Atlantic Forest (Serra do Mar/SP-Brazil). *Applied Geochemistry* 22: p.1149–1156.

GUEDES, F.B.; SEEHUSEN, E. (2011). O PSA na Mata Atlântica – Situação Atual, Desafios e Recomendações. In: *Pagamentos por Serviços Ambientais na Mata Atlântica: lições aprendidas e desafios*. Org. por GUEDES, F.B.; SEEHUSEN, E. MMA, Brasília. p. 225-249.

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

IBGE. *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*. (2010). Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 12 de agosto de 2012.

ISO 2007 a (International Organization for Standardization), Hydrometry – Measurement of liquid flow in open channels using current-meters or floats, *ISO 748:2007*. Disponível:<http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=37573>. Acesso em: Julho, 2013.

JUNQUEIRA, J.A.; MELLO, C.R.; SILVA, A.M. & PINTO, D.B.F. (2007). Comportamento hidrológico de duas nascentes associadas ao uso do solo numa sub-bacia hidrográfica de cabeceira. In *Anais do I Simpósio de Recursos Hídricos do Norte e Centro-Oeste*. ABRH, Cuiabá

NACIF, P.G.S.; COSTA, O.V.; ARAÚJO, M. e SANTOS, P.S. (2009). Geomorfodinâmica da Região do Complexo de Serras das Lontras. pp. 9–14 In: *SAVE Brasil, IESB e BirdLife International*.

SANTOS, D. A.; MATTOS, J. B.; PAULA, F. C. F.; FALCÃO FILHO, C. A. T (2013). Produção de Água em uma Unidade de Conservação do Sul da Bahia. In: *Anais do XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, Bento Gonçalves, RS, Brasil, 17 a 22 de Novembro de 2013, ABRH.

SEI. (1999). *Superintendência de Estudos Sociais e Econômicos*. Balanço hídrico do estado da Bahia. Salvador, 250p.

SHREVE, R.L., (1966). Statistical law of stream numbers. *Journal of Geology*, Chicago, v.74, n.1, p.17-37.

SOPPER, W.E. (1975). Effects of timber harvesting and related management practices on water quality in forested watersheds. *Journal of environmental quality*. v.3, n.1, p.24-29.

SOUZA, E.R.S.; PAULA, F.C.F. Spatial and Temporal Hydrochemical Variation of a Third Order River Network in a Quasi Pristine Coastal Watershed, at Southern Bahia, Brazil. In *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. No prelo.

STRAHLER, A. N. (1952). Dynamic basis of Geomorphology. *Geological Society of America Bulletin*, v.63, p. 923-938.