

IMAGENS AÉREAS NA AVALIAÇÃO DA EXPANSÃO DAS MATAS CILIARES NUMA BACIA HIDROGRÁFICA COM SOLO ARENOSO

BRUNA SOARES XAVIER DE BARROS¹, ZACARIAS XAVIER DE BARROS², RONALDO ALBERTO POLLO³

¹ Departamento de Engenharia Rural e Socioeconomia, Faculdade de Ciências Agronômicas - UNESP, Fazenda Experimental Lageado, cep 18610-034, Botucatu, SP, Brasil, brunasxb@gmail.com.

² Departamento de Engenharia Rural e Socioeconomia, Faculdade de Ciências Agronômicas - UNESP, Fazenda Experimental Lageado, cep 18610-034, Botucatu, SP, Brasil, zacarias.barros@unesp.br.

³ Departamento de Engenharia Rural e Socioeconomia, Faculdade de Ciências Agronômicas - UNESP, Fazenda Experimental Lageado, cep 18610-034, Botucatu, SP, Brasil, rapollo@unesp.br.

RESUMO: O sensoriamento remoto, por meio de seus produtos, oferece uma visão das mudanças no uso do solo e na cobertura vegetal ao longo do tempo. Possibilitando identificação de desmatamentos, urbanização, mudanças climáticas e outros impactos ambientais. A degradação do solo pode estar relacionada ao manejo inadequado dos recursos naturais, resultando na exposição do solo e perda de sua estrutura original. O uso do solo de forma adequada, utilizando técnicas agronômicas com curvas de nível, cultivo pelo sistema plantio direto, calagens entre outras ações de preservação pode minimizar os efeitos erosivos. As matas ciliares contribuem para reduzir a velocidade do escoamento superficial e na estabilização do solo, além de aumentarem a infiltração da água no solo e a biodiversidade. A pesquisa centrou-se na avaliação da mata ciliar na bacia de Anhembi-SP nos últimos dez anos de cultivo intensivo de eucalipto, comparando imagens aéreas de 2023 com levantamentos anteriores realizados em 2013. Observou-se uma regeneração e expansão considerável das matas ciliares durante o período analisado, associadas à substituição das pastagens nativas por culturas perenes, como o eucalipto, o que foi considerado benéfico para o meio ambiente e para a conservação dos solos arenosos na área de influência fluvial.

Palavras-chave: sensoriamento remoto, erosão, reflorestamento.

AERIAL IMAGES IN THE ASSESSMENT OF THE EXPANSION OF RIVARIAN FORESTS IN A WATER BASIN WITH SANDY SOIL

ABSTRACT: Remote sensing, through its products, offers a view of changes in land use and vegetation cover over time. Enabling the identification of deforestation, urbanization, climate change and other environmental impacts. Soil manipulation may be related to inadequate management of natural resources, resulting in soil exposure and loss of its original structure. Using the soil appropriately, using agronomic techniques with contour lines, cultivation using the direct planting system, liming and other preservation actions can minimize erosive effects. Riparian forests were raised to reduce the speed of surface runoff and stabilize the soil, in addition to increasing water infiltration into the soil and biodiversity. A research focused on the evaluation of the riparian forest in the Anhembi-SP basin in the last ten years of intensive eucalyptus cultivation, comparing aerial images from 2023 with previous surveys carried out in 2013. A specific regeneration and expansion of the riparian forests was observed during the period analyzed, associated with the replacement of native pastures by perennial crops, such as eucalyptus, which was considered beneficial for the environment and for the conservation of sandy soils in the area of river influence.

Keywords: remote sensing, erosion, reforestation.

1 INTRODUÇÃO

O pastoreio intensivo ao longo de muitos anos em pastagens nativas pode resultar na exaustão não apenas da cobertura vegetal, mas também do solo, especialmente em solos arenosos, o que pode causar danos ambientais, incluindo diversos tipos de erosão e a redução da vegetação em regiões de várzea e matas ciliares. Esta prática pode levar à degradação do solo, aumentando a vulnerabilidade a processos erosivos e à diminuição da biodiversidade vegetal em áreas ribeirinhas.

A principal causa da degradação dos solos está associada ao manejo inadequado dos recursos naturais (CHAVES, 2012). Na agricultura, destacam-se práticas como desmatamento indiscriminado, queimadas e cultivos que não proporcionam assistência adequada ao solo, resultando na exposição do solo e na destruição de sua estrutura original. Além disso, o manejo de animais em pastagens acima da capacidade de suporte também potencializa a degradação do solo. Estudos indicam que um maior recobrimento vegetal está relacionado a uma menor perda de solo por erosão (BRASIL, 2002; SHARMA; SHAKYA, 2006).

Segundo Tambosi *et al.* (2015), o uso inadequado dos solos para atividades agrícolas, acompanhada pela movimentação de terra e impermeabilização do, pode acelerar processos erosivos e o transporte de materiais orgânicos e inorgânicos por meio da drenagem até o depósito final nos leitos dos cursos d'água e lagos. Essas práticas resultam em assoreamento, limitando conseqüentemente o volume de água e comprometendo a renovação do oxigênio necessário para algas e peixes, o que pode prejudicar os cursos de água bem como as nascentes. Nesse contexto, as matas ciliares podem servir como um filtro para auxiliar na manutenção do ecossistema.

As matas ciliares são formações naturais que ocorrem ao longo das margens de corpos hídricos, atuando na diminuição do assoreamento e na preservação ambiental. Mesquita, Cruz e Pinheiro (2012) destacam que as florestas nativas promovem o equilíbrio quando são associadas ao manejo e conservação dos recursos naturais. Além de protegerem os

recursos naturais, essas matas auxiliam no restabelecimento das condições químicas e físicas do solo por meio da camada de folhas e materiais orgânicos (serrapilheira), resultando em um aumento nos teores de matéria orgânica e melhorias na qualidade física do solo. As características das matas ciliares estão ligadas aos elevados teores de água presentes no solo e na atmosfera em que se desenvolvem (BARRETO *et al.*, 2009).

As matas ciliares são importantes para conservação dos solos arenosos, atuando como uma barreira natural contra a erosão eólica e hídrica. A vegetação presente nessas áreas reduz a velocidade do escoamento superficial, o que auxilia para a estabilidade do solo. Além disso, as matas ciliares representam uma transição entre os ambientes terrestre e aquático, facilitando a transferência de energia e nutrientes (CORRELL, 1996; CAVALCANTI; LOCKABY, 2006; COLLINS *et al.*, 2010).

Segundo Wang, Yin e Shan (2005), à medida que uma mata ciliar se deteriora, sua eficiência em reter sedimentos é menor devido à capacidade de limitar a velocidade de transporte de partículas, resultando em menor controle biológico. As raízes das árvores e outras plantas da mata ciliar penetram profundamente no solo arenoso, fortalecendo sua resistência à erosão e minimizando a perda de sedimentos. Essa capacidade de estabilização física do solo protege as margens dos corpos d'água e atenua a degradação. Além disso, as raízes das plantas facilitam a infiltração e o armazenamento de água no subsolo em solos arenosos, que naturalmente têm baixa capacidade de retenção de água, auxiliando na manutenção da umidade do solo e na redução do escoamento superficial.

Os benefícios das matas ciliares em solos arenosos incluem a preservação da biodiversidade e promoção da conectividade ecológica. Ao prover habitats adequados para uma diversidade de espécies vegetais e animais, colaboram para a saúde e para recuperação do estado original dos ecossistemas ribeirinhos como um todo.

O cultivo de eucalipto tem sido objeto de estudo como uma estratégia eficaz para combater a erosão em solos arenosos. O sistema

radicular profundo e extenso do eucalipto é capaz de penetrar nas camadas mais profundas do solo, conferindo-lhe maior estabilidade e resistência à erosão causada pela água e pelo vento.

O cultivo de eucalipto propicia uma cobertura vegetal densa e uniforme, que atua como barreira física contra o impacto direto das gotas de chuva e do vento sobre o solo. Essa cobertura vegetal é eficaz na redução da erosão superficial, resultando na moderação da velocidade do escoamento superficial e facilitando a infiltração da água no solo. Além disso, o eucalipto possui a capacidade de melhorar as propriedades físicas e químicas do solo. A deposição de folhas e resíduos vegetais do eucalipto aumentam a matéria orgânica no solo, melhorando a estrutura do solo e sua capacidade de retenção de água. Essas alterações no solo podem reduzir a erosão, assim como criar condições propícias para o desenvolvimento de outras culturas agrícolas, principalmente no sistema floresta pecuária.

A presença de áreas reflorestadas com eucalipto pode servir como corredores ecológicos, facilitando o deslocamento de espécies animais e recolonizando áreas degradadas. O eucalipto tem sido utilizado no Brasil e em outras regiões do mundo com o objetivo de melhorar a fertilidade e a aeração do solo em determinadas áreas para prepará-las para cultivo agrícola posterior (VITAL, 2007).

As formas modernas de uso e ocupação do solo, bem como seu histórico de ocupação, tem sido importante nos estudos ambientais em várias regiões. Esses estudos revelam de maneira clara como os impactos adversos decorrentes do uso inadequado do solo acarretam na degradação ambiental. Tal degradação manifesta-se por meio de processos como erosão, desertificação, inundações e assoreamento de cursos d'água. O conhecimento desses padrões pode ajudar na identificação e redução dos impactos ambientais resultantes do manejo inadequado do solo.

Neste contexto, o emprego de tecnologias de sensoriamento remoto, as

imagens aéreas, pode ser considerada como uma ferramenta para adquirir, monitorar, gerenciar e atualizar os registros relacionados ao uso do solo e, por conseguinte, das matas ciliares. Este método permite uma observação periódica das mudanças nas paisagens terrestres, facilitando análises sobre os impactos das atividades humanas nos biomas e suas possíveis alterações.

A utilização de dados provenientes de sensoriamento remoto, como imagens aéreas, representa uma ferramenta valiosa para o planejamento e a análise dos impactos ambientais, bem como para a realização de inventários de recursos hídricos, conforme destacado por Rosa (2009).

O solo do tipo arenoso no Município de Anhembi-SP é altamente suscetível a diferentes processos erosivos, particularmente nas bacias hidrográficas que foram ocupadas por décadas com pastagens nativas sem renovações adequadas ou rotação de culturas anuais, como observado em municípios vizinhos. Este estudo teve como objetivo avaliar se a mata ciliar na bacia em estudo apresentou mudanças visíveis nos últimos dez anos devido ao cultivo intensivo da cultura do eucalipto, utilizando imagens aéreas de 2023 e comparando com levantamentos anteriores realizados por outros pesquisadores nos anos de 1965 e 2013. Essa análise pretende fornecer entendimentos sobre os impactos do cultivo de eucalipto na vegetação ripária e nas condições do solo ao longo do tempo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização e caracterização da bacia hidrográfica

A bacia denominada Ribeirão dos Remédios está localizada no Município Paulista de Anhembi, região centro sul do Estado de São Paulo, Brasil (Figura 1), coordenadas 48°11'16" WGr, 22°11'51" S e 48°13'16" WGr 22°53'05" S.

Figura 1. Localização do Município de Anhembi- SP.

Fonte: Barros et al. (2018)

O clima da região onde o Município está inserido, conforme classificação Köppen é do tipo Aw, temperatura média anual de 22,3° C e precipitação média anual de 1307,2mm. O mesmo faz parte da Depressão Periférica com altitudes em torno de 495m (CEPAGRI,2016).

Utilizou-se como base cartográfica a carta planialtimétrica de Anhembi (SF-22-Z-B-VI-4), na escala de 1:50000, com equidistância vertical entre curvas de nível de 20m, editada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IGBE), em 1969 e 1970, (Figura 2).

Para identificação, demarcação das áreas e a elaboração do plano de estudo da bacia hidrográfica utilizou-se imagem do Google Earth do ano de 2023.

As imagens do Google Earth foram corrigidas, por meio do restituidor aerofotogramétrico, para a escala da base cartográfica utilizada, ou seja, 1:50.000 com a finalidade de se efetuar as delimitações e posterior avaliação da ocupação do solo, das erosões e principalmente da evolução das matas ciliares, com auxílio da mesa digitalizadora por meio do Seplan - Sistema de Planimetria.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O pastoreio intensivo de áreas de pastagens em solos do tipo arenoso, com

gramíneas nativas, sem os devidos cuidados no manejo, sem calagens, sem rodízio com culturas anuais, muitas vezes sem a construção de curvas de nível para uma melhor ou única forma de deter a velocidade do deflúvio, pode acarretar danos irreversíveis ao meio ambiente.

Ao longo do tempo a falta destes cuidados poderá favorecer o aparecimento de perdas de solo na forma de erosões desde a laminar passando pela erosão em sulcos e finalmente no tipo mais grave para o meio ambiente que é o tipo voçoroca. Erosão esta que além da perda de toneladas de solo por ano, restrição de áreas de cultivo, assoreamento de várzeas e rios prejudicando também o bom desenvolvimento das matas ciliares.

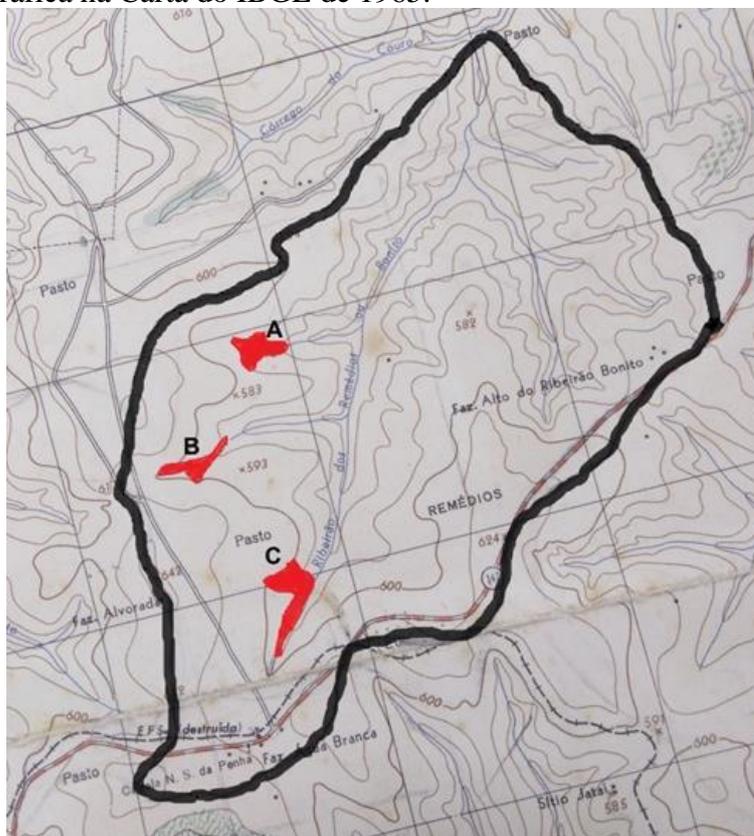
A cultura do eucalipto é um tema muito discutido na literatura, muitos autores se posicionam contra, alegando que a cultura acarreta muitos impactos ambientais.

As polêmicas geradas em torno dos possíveis impactos ambientais negativos causados pela cultura do eucalipto são: retirada de água do solo tornando o balanço hídrico deficitário levando até o secamento de nascentes; empobrecimento de nutrientes e ressecamento do solo; desertificação de áreas, causando o efeito deserto verde; efeitos alelopáticos e conseqüentemente a extinção da fauna (VIANA, 2004).

Na Figura 2, segundo Barros *et al.* (2018), a bacia hidrográfica no ano de 1965, a ocupação por pastagens totalizava 1421,05 ha, correspondendo a 98,70% da bacia, onde as

erosões do tipo voçorocas se concentravam na porção sul e oeste do rio principal, e que matas ciliares inexistiam nessa data.

Figura 2. Bacia Hidrográfica na Carta do IBGE de 1965.



Fonte: Barros et al. (2018)

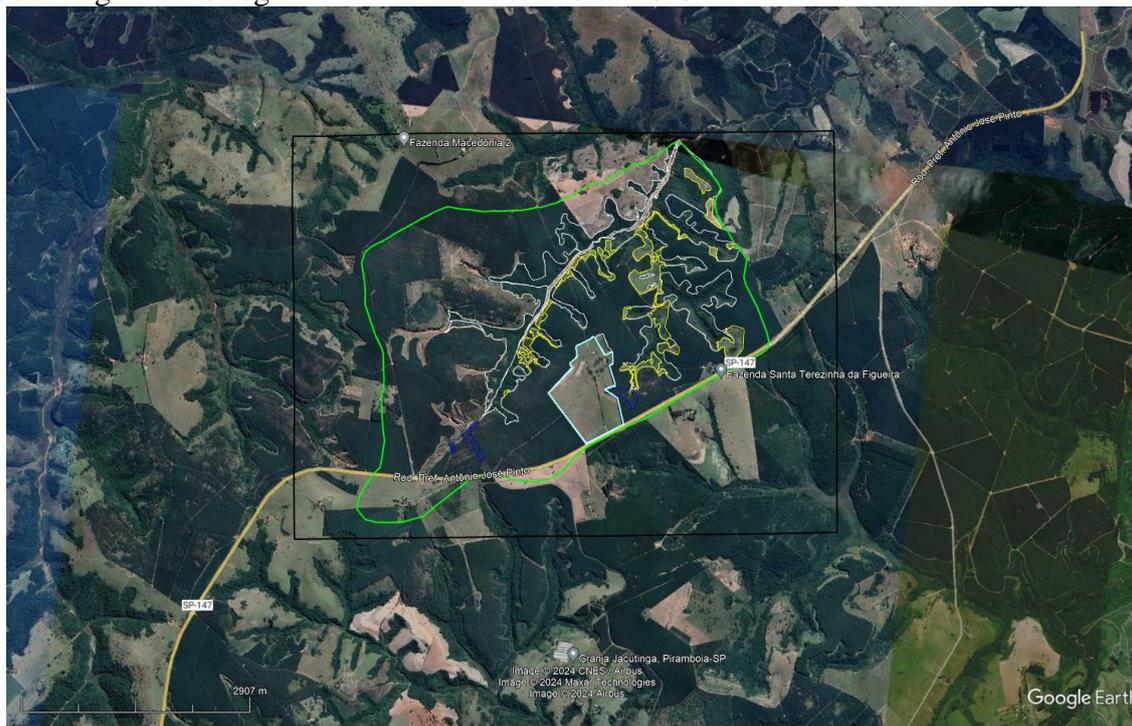
Segundo Barros *et al.* (2018), a bacia apresentava 18,78 ha de área degradada em forma de erosão tipo voçoroca, ou seja 1,30% da bacia, mostrando certamente a falta de diversificação de culturas na região, e que a mesma era suporte para criação intensiva de gado desde antes da década de 1960.

Ainda segundo os autores as áreas ocupadas por pastagens, no ano de 2013, sofreram redução expressiva, passando de 1421,05 ha em 1965 para 177,23ha cedendo espaços para o cultivo de eucalipto com técnicas de conservação de solo. Ainda segundo Barros et al. 2018, as voçorocas atingiram uma área de 64,28ha ou seja 4,46% da área da bacia

e a mata ciliar representava em 2013 um total de 186,35ha, ou seja 12,94%.

A Figura 3, obtida por meio do Google Earth do ano de 2023, ilustra a localização da bacia hidrográfica de 3ª ordem de ramificação destacando seu perímetro na cor verde e as matas ciliares na cor branca ocupando não só as margens do rio principal como também de seus afluentes.

As áreas delimitadas em amarelo correspondem a locais reservados para a expansão de espécies nativas, no intuito de favorecer a drenagem e proteger os cursos d'água de possíveis assoreamentos, suavizando assim os impactos ambientais na bacia estudada.

Figura 3. Imagem do Google Earth referente ao ano de 2023.

Fonte: Anhembi (2023)

A Tabela 1 apresenta os dados em hectares e em porcentagens relativos às

ocupações da bacia hidrográfica referente ao ano de 2023.

Tabela 1. Uso e ocupação da terra na bacia no ano de 2023.

Ano	Erosão	Erosão	Mata ciliar	Pastagem	Eucalipto
2023		recup.			
ha	39,43	9,30	215,00	139,94	1036,16
%	2,74	0,64	14,93	9,72	71,96

Fonte: Dados da pesquisa (2023)

Na Tabela 1 pode-se constatar com dados e visualmente na Figura 2 que o cultivo do eucalipto apresentou uma evolução muito forte na bacia passando de zero ha em 1965 para 792,23ha em 2013 (Barros *et al.* 2018), e 1036,16ha em 2023. A erosão do tipo voçoroca com 64,28ha em 2013 foi reduzida para 39,43ha em 2023, sendo que 9,30ha desse total estão ocupadas por eucalipto.

As pastagens representam 9,72% da área da bacia (Tabela 1) ou com 139,94ha que corresponde aos limites de uma propriedade rural inserida na bacia a qual não cedeu espaço para o plantio do eucalipto, conforme Figura 3.

As matas ciliares que em 1965 inexistiam, segundo Barros *et al.* (2018), em 2013 somavam 186,35ha aumentando para 215,00ha em 2023, ou seja 28,06ha em dez anos. A mata ciliar apresentou regeneração e

expansão de sua área desde quando a bacia deixou de ser ocupada por pecuária intensiva sem os devidos cuidados, para ser ocupada com culturas de eucalipto com técnicas adequadas para conter a progressão das voçorocas já instaladas e recuperação de outras com técnicas de conservação do solo adequadas.

4 CONCLUSÕES

O presente estudo possibilitou constatar que em dez anos as matas ciliares apresentaram regeneração e expansão considerável no período que coincide com os plantios do eucalipto e o fim do pastoreio intensivo com acesso livre nas margens dos rios e suas nascentes. Portanto a substituição das pastagens nativas na bacia por culturas perenes, como o eucalipto, foi benéfico para o meio ambiente.

Em resumo, a preservação das matas ciliares garante a conservação dos solos arenosos e a manutenção da qualidade ambiental em áreas de influência fluvial compreendendo os diversos benefícios fornecidos por esses ecossistemas para orientar políticas de gestão e manejo sustentável dessas áreas.

5 REFERÊNCIAS

ANHEMBI Município. [Área de Estudo]: Google, 2023. 1 imagem de satélite, color., 2D. Google Câmera: 495 m, 48°12'30"W 22°52'37"S. Disponível em: https://earth.google.com/web/@-22.87514302,-48.20258255,569.2480881a,8653.32149102d,35y,0h,0t,0r/data=CigiJgokCWn-_o81yDbAETccT6sGzDbAGaiDYUHaDkjAITiKUaAgE0jA. Acesso em: 05 jan. 2023.

BARRETO, R. C.; MADARI, B. E.; MACHADO, P. L. O. A.; MADDOCK, J. E. L.; TORRES, E.; FRANCHINI, J. C.; COSTA, A. R. The impact of soil management on aggregation, carbon stabilization, and carbon loss as CO₂ in the surface layer of a Rhodic Ferralsol in Southern Brazil. **Agriculture Ecosystems & Environment**, Dordrecht, v. 132, n. 3, p. 243-251, 2009.

BARROS, B. S. X.; BARROS, A. C.; BARROS, Z. X. A cultura do eucalipto no controle de voçorocas em bacias hidrográficas no município de Anhembi/SP. **Energia na agricultura**, Botucatu, v. 33, n. 1, p. 66-72, 2018. DOI: <https://doi.org/10.17224/EnergAgric.2018v33n1p66-72>. Disponível em: <https://revistas.fca.unesp.br/index.php/energia/article/view/2899>. Acesso em: 03 jan. 2023.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Biodiversidade brasileira: avaliação e identificação de áreas e ações prioritárias para conservação, utilização sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade nos biomas brasileiros**. Brasília, DF: MMA, 2002.

CAVALCANTI, G. G.; LOCKABY, B. G. Effects of sediment deposition on aboveground net primary productivity, vegetation composition, and structure in riparian forests. **Wetlands**, McLean, v. 26, 2, p. 400-409, 2006.

CEPAGRI. **Clima dos municípios paulistas**. Campinas: Unicamp, 2016. Disponível em: <http://www.cpa.unicamp.br>. Acesso em: 8 jun. 2016.

CHAVES, T. A.; ANDRADE, A. G.; LIMA J. A. S.; PORTOCARRERO, H. **Recuperação de áreas degradadas por erosão no meio rural**. Niterói: Programa Rio Rural, 2012.

COLLINS, A. L.; WALLING, D. E.; McMELLIN, G. K.; ZHANG, Y.; GRAY, J.; McGONIGLE, D.; CHERRINGTON, R. A preliminary investigation of the efficacy of riparian fencing schemes for reducing contributions from eroding channel banks to the siltation of salmonid spawning gravels across the south west UK. **J. Environmental Management**, London, v. 91, n. 6, p. 1341-1349, 2010.

CORRELL, D. L. Buffer zones and water quality protection: General principles. In: HAYCOCK, N. E.; BURT, T. P.; GOULDING, K. W. T.; PINAY, G. (ed). **Buffer zones: Their processes and potential in water protection**. St. Albans: Haycock Associated, 1996. p. 7-20.

MESQUITA, E. A.; CRUZ, M. L. B.; PINHEIRO, L. R. Ó. Geoprocessamento aplicado ao mapeamento das formas de uso da terra na área de preservação permanente (APP) da lagoa do Uruaú-Beberibe/CE. **Revista Geonorte**, Manaus, v. 2, n. 4, p. 1509-1518, 2012.

ROSA, R. **Introdução ao sensoriamento remoto**. 7. ed. Uberlândia: EDUFU, 2009. SHARMA, R. H.; SHAKYA, N. M. Hydrological changes and its impact in water resources of Bagmati watershed, Nepal. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 327, n. 3/4, p. 315-322, 2006.

TAMBOSI, L. R.; VIDAL, M. M.; FERRAZ, S. F. D. B.; METZGER, J. P. Funções eco-hidrológicas das florestas nativas e o Código Florestal. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 29, n. 84, p. 151-162, 2015.

VIANA, M. B. **O eucalipto e os efeitos ambientais do seu plantio em escala.** Brasília, DF: Biblioteca Digital da Câmara dos Deputados, 2004.

VITAL, M. H. F. Impacto ambiental de florestas de eucalipto. **Revista do BNDES**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 28, p. 235-276, dez. 2007.

WANG, X. H.; YIN, C. Q.; SHAN, B. Q. The role of diversified landscape buffer structures for water quality improvement in an agricultural watershed, North China. **Agricultural Ecosystem and Environment**, Amsterdam, v. 107, n. 4, p. 381-396, 2005.