
GEOTECNOLOGIAS APLICADAS A AVALIAÇÃO DA COBERTURA VEGETAL EM APPS E SUAS INFLUÊNCIAS NO TRANSPORTE DE SEDIMENTOS EM SUSPENSÃO, UTILIZANDO O NDVI (ÍNDICE DE VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA NORMALIZADA) NO RIBEIRÃO CAMPO TRISTE, TRÊS LAGOAS (MS)

GEOTECHNOLOGIES APPLIED TO THE EVALUATION OF VEGETATION COVER IN PPAS AND THEIR INFLUENCE ON THE TRANSPORTATION OF SUSPENDED SEDIMENTS, USING THE NDVI (NORMALIZED DIFFERENCE VEGETATION INDEX) IN RIBEIRÃO CAMPO TRISTE, TRÊS LAGOAS (MS)

Renan de Almeida Silva¹
Patrícia Helena Mirandola Garcia²
Adalto Moreira Braz³

RESUMO: O presente trabalho é parte componente de um projeto maior que estuda a Bacia Hidrográfica do Rio Sucuriú no Estado de Mato Grosso do Sul. A execução deste projeto está apoiada em uma questão de forte relevância, pois o Governo do Estado de Mato Grosso do Sul elaborou o Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH-MS) ao Conselho Estadual de Recursos Hídrico (CERH), para análise e deliberação. Com base na teoria geral dos sistemas, a Bacia Hidrográfica do Rio Sucuriú foi determinada como sistema, a Bacia Hidrográfica do Ribeirão Campo Triste como subsistema e as APPs como partes componentes. Foram utilizadas técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto para análise ambiental nesses ambientes. Destaca-se a criação de *buffers* das faixas das APPs como umas das principais técnicas de geoprocessamento e a aplicação do NDVI nas imagens LANDSAT 8 como umas das principais técnicas do sensoriamento remoto. O objetivo desta pesquisa foi demonstrar técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento na avaliação das APPs e suas influências no transporte de sedimentos em suspensão; assim, evidenciar a importância dessas geotecnologias como ferramentas de fiscalização das leis ambientais.

Palavras-chave: Geotecnologia. Planejamento Ambiental. APPs.

1 Mestrando em Geografia (UFMS/CPTL). Bolsista CAPES e membro do grupo de pesquisa DIGEAGEO (Diretrizes de Gestão Ambiental com Uso de Geotecnologias). E-mail: geo.renanalmeida@gmail.com.

2 Docente do Programa de Pós-Graduação em Geografia (UFMS/CPTL), líder do grupo de pesquisa DIGEAGEO (Diretrizes de Gestão Ambiental com Uso de Geotecnologias). E-mail: patriciaufmsgeografia@gmail.com.

3 Doutorando em Geografia (UFG/Jataí) Bolsista CAPES e membro do grupo de pesquisa DIGEAGEO (Diretrizes de Gestão Ambiental com Uso de Geotecnologias). E-mail: adaltobraz.geografia@gmail.com.

ABSTRACT: This work is part of a larger project that studies the Hydrographic Basin of the Rio Sucuriú in the State of Mato Grosso do Sul. The implementation of this project is supported by one of the issues of great relevance, since the Government of the State of Mato Grosso do Sul prepared the State Water Resources Plan (PERH-MS) to the State Council for Water Resources (CERH), for analysis and deliberation. Based on the general systems theory, the Sucuriú River Basin was determined as a system, the River Campo Triste Hydrographic Basin as Subsystem and the APPs as component parts. Geoprocessing and Remote Sensing techniques were used for environmental analysis in these environments. It is worth mentioning the creation of buffers of the bands of the APPs as one of the main techniques of Geoprocessing and the application of NDVI in the images LANDSAT 8 as one of the main techniques of Remote Sensing. The objective of this research was to demonstrate techniques of Remote Sensing and Geoprocessing in the evaluation of PPA's and their influence on sediment transport in suspension, thus, to highlight the importance of these geotechnologies as tools of environmental law enforcement.

Keywords: Geotechnology, Environmental Planning, APPs

INTRODUÇÃO

A presente pesquisa é parte componente de um projeto maior que estuda a Bacia Hidrográfica do Rio Sucuriú e tem como sua área de estudo a Bacia Hidrográfica do Ribeirão Campo Triste (BHRCT), localizada no município de Três Lagoas, Estado de Mato Grosso do Sul.

A execução deste projeto está apoiada em uma questão de forte relevância, pois o Governo do Estado de Mato Grosso do Sul elaborou o Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH-MS) ao Conselho Estadual de Recursos Hídrico (CERH), para análise e deliberação. O Plano foi elaborado pela Secretaria de Meio Ambiente, do Planejamento, da Ciência e Tecnologia (SEMACE) em conjunto com o Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul (IMASUL) e contou com o apoio financeiro e técnico da Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano/SRHU do Ministério de Meio Ambiente/MMA (PERH-MS, 2009).

A BHRCT, segundo dados do SISLA (Sistema Interativo de Suporte ao Licenciamento Ambiental), exerce grande importância ambiental, principalmente nas nascentes, aproximadamente 364,55 km² de áreas prioritárias caracterizadas como muito alta.

De acordo com as características pelo sistema SISLA, a área prioritária em que o Ribeirão Campo Triste está inserido foi identificada como savana densa, savana aberta, gramínea lenhosa com presença de grande quantidade de remanescentes. Suas principais ameaças são as carvoarias, agropecuária e as plantações de eucalipto, que podem gerar impactos nos cursos d'água e ocasionar o risco de contaminação. Nessa área, estão previstas quatro tipos de ações a serem realizadas:

1. Implementação e recuperação de reserva legal;
2. Conectividade entre os remanescentes;
3. Realização do estudo hidrográfico do impacto das plantações de eucalipto nos corpos d'água;
4. Verificação da presença de comunidade indígena.

A BHRCT é uma área muito importante ambiental e economicamente e, tendo em vista a presença de dois agronegócios, da pecuária (criação de gado de corte) e da silvicultura (plantio de eucalipto – matéria-prima necessária à produção de celulose), o desenvolvimento de pesquisas nesse lugar, principalmente as de cunho ambiental, ganha grande importância.

Devido ao consumo mundial de produtos derivados da madeira e da proteína animal, o município de Três Lagoas, MS, vem se destacando nesses setores por possuir em seu território duas grandes empresas produtoras de celulose e grandes fazendas criadoras de gado de corte.

A presença desses empreendimentos na zona rural, com maior ou menor intensidade, altera o ecossistema em virtude do crescente plantio de eucaliptos e do avanço das áreas de pastagens. Essas atividades exógenas geram preocupações ambientais, principalmente no que tange aos manejos de conservação e proteção das áreas de preservação permanente (APPs).

O Código Florestal atual (Lei nº 12.727/2012) estabelece como áreas de preservação permanente (APPs) as florestas e as demais formas de vegetação natural situadas às margens de lagos ou rios (perenes ou não); nos altos de morros; nas restingas e manguezais; nas encostas com declividade acentuada e nas bordas de tabuleiros ou chapadas com inclinação maior que 45°; e nas áreas em altitude superior a 1.800 metros, com qualquer cobertura vegetal. (BRASIL, 2012). “Seu valor para o meio ambiente é incontável, pois possui a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico da fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas” (BRASIL, 2012).

As APPs são áreas vegetativas naturais ou nativas que devem ser preservadas sem nenhuma modificação ou alteração do uso da terra, pois a vegetação natural tem várias funções, entre elas, evitar processos erosivos, lixiviação do solo, contribuir para o fluxo hídrico, trazendo benefícios para a fauna e flora.

Desse modo, a Lei nº 12.651/12 estabelece como proteção permanente para as bordas de tabuleiros ou chapadas, os topos de morro, montes, montanhas e serras e para as encostas com alta declividade, entre outras áreas de grande relevância. Em relação à largura da proteção das encostas dos rios, o Código Florestal prescreve:

- (1) de 30 (trinta) metros para os cursos d’água de menos de 10 (dez) metros de largura;
- (2) de 50 (cinquenta) metros para os cursos d’água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;
- (3) de 100 (cem) metros para os cursos d’água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;
- (4) de 200 (duzentos) metros para os cursos d’água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;
- (5) de 500 (quinhentos) metros para os cursos d’água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros;

Segundo a Resolução CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) nº 01, de 23/01/1986, é entendido como impactos ambientais as intervenções humanas que modifiquem, direta ou indiretamente, as características químicas, físicas e biológicas no meio ambiente (MAZZINI, 2003).

Os processos naturais, como erosão e modificação da cobertura vegetal, independentemente da ação humana, ocorrem de forma natural; entretanto, quando o homem transforma o ambiente, esses processos são acelerados, tendo consequências imediatas no mau uso da terra (FLORENZANO, 2002).

A utilização das geotecnologias quando da fiscalização ambiental, pode ser avaliada como um importante aliado para analisar, diagnosticar e indicar um adequado modelo de monitoramento das áreas de preservação permanente, apontando instrumentos indispensáveis à detecção de conflitos de uso e quando da tomada de decisão para um futuro planejamento da restauração dos usos apropriados e cumprimentos da legislação.

Segundo Catelani et al. (2003), o desenvolvimento das geotecnologias permitiu que o método de fiscalização e a aplicação da legislação ambiental tornassem-se mais hábeis e menos custosos, visto que as técnicas empregadas recentemente auxiliam no momento da inspeção das propriedades rurais, além de atingir monitoramento das mesmas áreas com mais rapidez.

A preservação das APPs possui diretamente uma influência sobre a manutenção do equilíbrio e da qualidade do sistema hídrico, sustentando processos como os escoamentos

superficiais, características do solo e controle dos regimes das águas. Assim sendo, o monitoramento desses ambientes por meio das técnicas de sensoriamento remoto permite a detecção das mudanças nas características espectrais do uso e cobertura da superfície terrestre, descobrindo, assim, possíveis desmatamentos que podem trazer grandes prejuízos para o lugar.

Desse modo, uma técnica que vem sendo bastante utilizada para o monitoramento e dinâmica da vegetação é o NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), proposto por Rouse et al. (1974). Segundo Boratto e Gomide (2013), a modelagem dos índices de vegetação baseia-se no comportamento oposto da refletância da vegetação na região do visível, ou seja, quanto maior a densidade vegetal, menor é a refletância em função da absorção da radiação pelos pigmentos fotossintetizantes e, quanto maior densidade vegetal, maior a refletância devido ao espalhamento nas diferentes camadas das folhas.

O índice é bem utilizado em estudos referentes ao vigor da vegetação e na detecção de desmatamentos florestais. Os resultados partem da análise da variação dos valores de -1 e 1, sendo que valores próximos ao valor máximo indicam grande porcentagem de biomassa vegetal e os valores próximos ao valor mínimo sinalizam ausência de biomassa vegetal e presença de água.

De toda forma, Ponzini, Shimabukuro e Kuplich (2012) ressaltam a importância da consideração de vários fatores limitantes com os quais devemos tomar cuidado quando do processo de interpretação desse índice. Os autores citam exemplos, tais como o ponto de saturação, no qual o incremento de biomassa vegetal não possa mais ser acompanhado pelo aumento dos valores do índice, as larguras das bandas espectrais utilizadas, as interferências atmosféricas e as características de qualidade da imagem, intrínsecas ao sensor utilizado.

Mirândola (2006) afirma que, para que haja a possibilidade de se efetivar uma proposta de avaliação ambiental, muitas etapas de pesquisa devem ser realizadas em uma determinada área, região, bacia hidrográfica, município ou em qualquer outra forma de delimitação operacional, buscando atender a vários objetivos, dentre eles os diagnósticos e os prognósticos ambientais.

Assim sendo, as análises pretendem apoiar-se na TGS (Teoria Geral dos Sistemas), com apoio das técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto, as quais compõem, atualmente, um conjunto de ferramentas aplicáveis ao planejamento geográfico, para aquisição de dados a serem usados no planejamento geográfico, bem como para obtenção de informações a serem utilizadas no planejamento e zoneamento, tanto em níveis regionais quanto em municipais.

Sendo assim, destacamos a Bacia Hidrográfica do Rio Sucuriú como nosso sistema, na qual está inserido o subsistema Bacia Hidrográfica do Ribeirão Campo Triste e a parte componente, as zonas de APPs da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Campo Triste. Sob essa concepção, os estudos descartam a abordagem meramente setorial que enfatiza cada componente de modo individual, seja a vegetação, a água, os minerais, seja o próprio homem, detendo-se na análise integrada e nas correlações guiadas pelos princípios de interdisciplinaridade (CAZULA, 2012). Vale lembrar que, segundo essa perspectiva, qualquer alteração efetuada no sistema e no subsistema influencia diretamente a parte componente.

O objetivo desta pesquisa foi analisar a relação da cobertura vegetal em áreas de preservação permanente com o transporte de sedimentos em suspensão por meio do cálculo de índice de vegetal proposto por Rouse et al. (1974) e análises laboratoriais dos sedimentos em suspensão proposto por Pinto e Mauro (1985). Dessa forma, pretende-se evidenciar a importância dessas geotecnologias como ferramentas na análise ambiental, já que atualmente os sistemas de informações geográficas (SIG) vêm ganhando espaço dentro dos órgãos públicos e privados. Mapas digitais vinculados a bancos de dados e imagens de satélites têm sido uma importante ferramenta no auxílio à gestão e na tomada de decisões.

Localização da área de estudo

O Ribeirão Campo Triste localiza-se no município de Três Lagoas, MS, possuindo uma área de 925,99 km², tendo como coordenadas geográficas 20° 34' 02" S e 20° 38' 49' 88" S e 51° 01' 17' 60" W e 51° 51' 04' 47" W. Vale ressaltar que a Bacia Hidrográfica do Rio Sucuriú está localizada na porção leste do Estado de Mato Grosso do Sul entre as coordenadas geográficas 18° 12' 36.18" a 20° 49' 1.6" S e 51° 38' 2.79" a 53° 31' 27.96" W.

MATERIAIS E MÉTODOS

O conjunto de atividades desenvolvidas na metodologia utilizada para a pesquisa da bacia do Ribeirão Campo Triste será apresentado, levando-se em consideração as principais observações acerca dos trabalhos de campo, laboratórios e gabinete. Assim, os processos metodológicos deste trabalho foram desenvolvidos em seis fases:

Atividade 1: trabalhos de gabinete

As primeiras etapas das atividades de gabinete consistiram em revisão bibliográfica de livros e artigos científicos que discutem o tema. As pesquisas direcionaram-se para uma abordagem de caracterização e delimitação das APPs em conjunto com o cálculo de índice de vegetação normatizada e análises de sedimentos em suspensão em canais fluviais, principalmente as que se baseavam em escritos que tinham como foco as áreas com presença de eucalipto. Foram encontrados vários trabalhos relacionados ao assunto, o que revela que as ciências, principalmente a Geografia, estão preocupadas com a preservação dessas áreas. Vale salientar o uso significativo das geotecnologias nesses trabalhos, o que gerou confiança nesses métodos como ferramenta de análise e fiscalização das leis ambientais.

Atividade 2: aquisição de materiais de trabalho

Para atingir os objetivos da pesquisa, foi utilizada imagem do satélite Landsat 8, sensores OLI e PAN; entretanto, geraram-se dois produtos com esses arquivos: um destinado para a análise do uso e cobertura da terra dentro da bacia hidrográfica do Ribeirão Campo Triste e APPs e o outro para o cálculo do índice de vegetação nas faixas das áreas de preservação permanente. Assim sendo, foram adquiridas as imagens do Satélite Landsat 8 (Land Remote Sensing Satellite), sensores "OLI e PAN", órbita 223 e ponto 74, do ano de 2016 (07 de julho de 2016), disponíveis no catálogo de imagens do site do INPE (Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais, 2016). Essa imagem possui uma resolução espectral de 11 bandas, sendo uma banda pancromática de resolução espacial de 15 m (Banda 8) e oito bandas espectrais com resolução espacial de 30 m (banda 1-7 e 9). Por fim, o satélite possui bandas termais com uma resolução espectral de 100 m (bandas 10 e 11). Vale lembrar que a resolução radiométrica do satélite é de 16 bits, gerando uma imagem com aproximadamente 65.536 tons de cinza.

Os dados referentes à pedologia e à vegetação foram obtidos por intermédio do Sistema Interativo de Suporte ao Licenciamento Ambiental (SISLA), acessível no site do Imasul MS. A informação é referente aos solos existentes no Estado do Mato Grosso do Sul e é disponibilizada em formato *shapefile*, possuindo uma escala de 1:250.000.

Para as informações da precipitação, foram coletados dados de média anual mensal de oito estações meteorológicas: Três Lagoas, Itapura, Selvíria, Água Clara, Garcias, Porto Galeano, Estrada Queiroz e Porto Velho, todas próximas da área de estudo. Os arquivos

foram baixados em formato *Excel* no sistema *Hidroweb*, disponível no site da ANA (Agência Nacional de Águas).

Para a classificação das imagens Landsat 8, foi utilizado o software SPRING® 5.3, desenvolvido pelo INPE. A plataforma é gratuita e apresenta grandes resultados no que se refere a esse tipo de procedimento. Para as técnicas de geoprocessamento (criação e manipulação de dados geográficos), finalização dos layouts dos mapas e processamento digital de imagem, como o processo de fusão das imagens Landsat 8, utilizou-se o software ARCGIS®®, desenvolvido pela ESRI. Essa plataforma não é gratuita; entretanto, foi utilizada uma licença de 60 dias, experimental para estudante, durante a execução das atividades necessárias.

Os dados da missão SRTM da área de estudo foram obtidos junto ao site da USGS, disponibilizado para o Brasil, com uma resolução espacial de 30 m e elipsoide de referência WGS 84. O arquivo é necessário visto que possui informações topográficas do terreno, importantes para a limitação da bacia hidrográfica e geração da declividade.

Por fim, para sanar algumas dúvidas encontradas durante o processo de classificação da imagem e marcar as coordenadas geográficas das áreas visitadas em trabalho de campo, foram utilizados o receptor GPS (Sistema de Posicionamento Global) Garmin modelo eTrex Vista® e uma câmera digital para registros fotográficos.

Atividade 3: aplicação de técnicas de geoprocessamento

Nessa etapa, constam técnicas e métodos voltados para o uso da tecnologia do geoprocessamento. Todos os dados geográficos criados e manipulados neste projeto foram desenvolvidos com o software ARCGIS® e possuem o Datum WGS 84 como elipsoide de referência.

A primeira fase dos procedimentos operacionais deu-se com a determinação da área de estudo a partir da criação de um polígono georreferenciado. A delimitação da bacia hidrográfica ocorreu por meio dos divisores de água detectados na imagem da missão SRTM – dados que foram utilizados como referência quando do corte de informações, como as referentes aos solos, precipitação, à declividade e ao uso e cobertura da terra.

Para a espacialização da quantificação pluviométrica, adquirida no *Hidroweb*, foi utilizado o método de interpolação geoestatístico denominado Inverso do Quadrado da Distância (IQD), disponibilizado na plataforma ARCGIS® pela ferramenta IDW (Inverse Distance Weighted). A interpolação por IQD supõe explicitamente que as feições mais próximas são mais semelhantes do que as mais separadas. Essa suposição é coerente com a modelagem de dados geográficos e está embutida na base de vários processos de modelagem natural e ambiental (BURROUGH; McDONNELL, 1998, apud BACANI, 2010).

O mapa de declividade foi executado por meio da ferramenta *slope* do ARCGIS®, a qual calcula a taxa máxima de mudança de valor a partir de uma célula para seus vizinhos. Basicamente, a alteração máxima em elevação ao longo da distância entre esse ponto e seus oito vizinhos identifica a descida mais acentuada em declive a partir da célula (GISDictionary, 2014). Para tal tarefa, foi utilizada a imagem da missão SRTM adquirida no site da USGS com uma resolução espacial de 30 metros.

A drenagem do ribeirão foi representada por um *shapefile* de linha obtido no banco de dados da ANA. Por se tratar de uma informação muito importante, optou-se por não criar manualmente por meio de imagens de satélites ou topográficas. Preferiu-se adquirir a informação de um órgão público e de confiança, pois o arquivo será referência quando da definição das áreas de preservação permanente.

Após sua aquisição, o *shapefile* de linha do ribeirão foi utilizado como referência para a criação dos *buffers* de delimitação das APPs. Um *buffer* pode ser definido como

uma região em torno de um elemento do mapa (pontos, linhas, polígono, ou células raster), com uma determinada distância. É considerado um elemento útil para análise de proximidade, um tipo de exame em que os elementos geográficos são selecionados com base em sua distância de outros elementos ou células (GISDictionary, 2014).

Por fim, foram elaborados todos os mapas, seguindo um padrão de layout desenvolvido no software ARCGIS®. Para criação dos nomes e definição das cores das classes temáticas, adotou-se a proposta do *Manual técnico do uso da terra*, disponibilizado na biblioteca do site do IBGE, publicação que apresenta o desenho esquemático dos fluxos existentes no processo de levantamento e classificação da cobertura e do uso da terra.

Atividade 4: aplicação de técnicas de sensoriamento remoto

Nessa etapa, constam métodos e técnicas de processamento digital de imagens, com destaque ao realce, classificação, fusão de imagens e o cálculo do NDVI adquirida do satélite Landsat.

Foram utilizadas as duas plataformas à execução dessa atividade, sendo o realce e a classificação de imagem para o software SPRING, e a fusão de imagem e cálculo do NDVI para o software ARCGIS®.

Para os processos ocorridos no SPRING, foi utilizada a imagem do satélite Landsat 8 à execução dos processamentos de realce e classificação. Em um primeiro momento, houve a elaboração de uma composição colorida de cores naturais simuladas, atribuindo a cor vermelha para a Banda 7, a cor verde para a Banda 6 e a cor azul para a Banda 4.

Com o objetivo de melhorar a qualidade visual da imagem digital, foi aplicada a técnica de realce por meio da equalização de histograma – método que aumenta o contraste entre os elementos apresentados na imagem, melhorando a visualização das características específicas relacionadas aos alvos imageados.

Ao processo de segmentação utilizou-se o método de crescimento de regiões. Esse artifício é uma técnica de agrupamento de dados na qual somente as regiões adjacentes podem ser agrupadas. Inicialmente, esse procedimento de segmentação rotula cada *pixel* como uma região distinta. Calcula-se um critério de similaridade para cada par de regiões adjacente espacialmente. O critério de similaridade baseia-se em um teste de hipótese estatístico que avalia a média entre as regiões. A seguir, divide-se a imagem em um conjunto de sub-imagens e então se realiza a união entre elas, segundo um limiar de agregação definido (DPI/INPE, 2006).

Portanto, foram realizados testes de similaridade e área na imagem com o objetivo de encontrar um parâmetro cujos alvos de interesse da superfície terrestre fossem mais bem detectados. Após esses testes, foi determinada a similaridade de 10 níveis de cinza e área 08 pixel como sendo a mais viável para o projeto.

A partir de análise visual em gabinete, determinaram-se as classes existentes na bacia, sendo elas: área úmida, área construída, corpo de água continental, pastagem, silvicultura e vegetação florestal para fins de classificação do uso e cobertura da terra. Os métodos de classificação podem ser divididos em dois tipos: supervisionado e não supervisionado, sendo que ambos necessitam de treinamentos de aquisição de amostras antes de serem executados.

Segundo o DPI/INPE (2006), quando existem regiões da imagem em que o usuário dispõe de informações que permitem a identificação de uma classe de interesse, o treinamento é dito supervisionado. Quando utiliza algoritmos para reconhecer as classes presentes na imagem, o treinamento é dito não supervisionado.

Neste estudo, foi utilizado o classificador *Bhattacharya*⁴ para operação de mapeamento do uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do Ribeirão Campo Triste.

O Bhattacharya é um classificador supervisionado por regiões, que utiliza a distância Bhattacharya para medir a separabilidade estatística entre cada par de classes espectrais. A separabilidade é calculada por intermédio da distância média entre as distribuições de probabilidades de classes espectrais (LEÃO; KAMPEL; FONSECA, 2007).

Outro processo importante desenvolvido neste trabalho foi o método de fusão de imagens para obter uma maior resolução espacial. A fusão de imagem integra a maior resolução espacial da banda pancromática com a maior resolução espectral das outras bandas espectrais, causando uma imagem colorida que agrupa ambas as características.

A técnica de fusão utilizada neste artigo foi a IHS (Intensidade, Matiz e Saturação), desenvolvida com a plataforma ARCGIS®. Esse método é um dos mais utilizados, pois proporciona grande eficiência e facilidade de prática. Os arquivos utilizados do Landsat 8 foram a banda espectral 7 (2.11 – 2.29 μm), a banda espectral 6 (1.57 – 1.65 μm) e a banda espectral 4 (0.64 – 0.67 μm), com uma resolução espacial de 30 m. Elas foram fusionadas com a banda pancromática 8 (0.50 – 0.68 μm), que possui uma resolução espacial de 15 m.

A técnica consiste em realizar uma combinação de imagens no sistema de cores vermelho (R), verde (G) e azul (B), para produzir os componentes: intensidade (I), que representam a energia total envolvida; matiz (H), que representa a cor dominante ou a medida do comprimento de onda média da luz que foi refletida ou transmitida; e saturação (S), que expressa o intervalo de comprimento ao redor do comprimento de onda médio, no qual a energia é refletida ou transmitida.

Com a obtenção desses componentes, substitui-se o componente I pela imagem pancromática, de maior resolução espacial, no procedimento de retorno ao domínio RGB. Dessa maneira, a informação espectral de composição RGB é integrada à informação espacial da banda pancromática (SCHETSELAAR, 1998; MATHER, 1999; GONZALEZ; WOODS, 2000; TU et al., 2001; ADAMI, 2004).

Ao final do processo, obteve-se uma imagem do satélite LANDSAT 8 com uma resolução espacial de 15 m, muito importante à identificação das classes temáticas dentro da bacia hidrográfica.

Antes de ser realizado o cálculo do índice de vegetação, foi necessário ser realizada uma calibração radiométrica nas imagens de satélites para se obter os valores físicos dos objetos presentes. Segundo Chen e Herz (1996), as informações contidas nos dados digitais de satélite da série Landsat são representadas pelos números digitais por conveniência; todavia, esses números digitais não representam quantitativamente as unidades físicas (radiância, reflectância ou temperatura) dos alvos na superfície terrestre, mas podem ser utilizados diretamente em algumas aplicações que se baseiam nas diferenças consistentes internas de uma cena, tais como identificação, mapeamento ou classificação. Entretanto, é indispensável a conversão desses números para valores físicos quando se trata de classificações espectrais, razão de bandas ou associação de informações de satélites com as propriedades biofísicas de alvos (como, por exemplo, biomassa, concentração de clorofila etc.).

Por conseguinte, foram realizadas duas etapas de processamento digitais à realização da calibração radiométrica. Para a concretização dessa tarefa e a realização dos cálculos expostos a seguir, foi executada uma expressão de álgebra de mapa por meio da ferramenta *raster calculator* disponibilizada no ARCGIS®. Com esse instrumento, é possível realizar cálculos matemáticos usando operadores e funções, configurar consultas de seleção ou digitar a sintaxe de álgebra do mapa. A primeira etapa do processamento incidiu no cálculo da radiação espectral em cada banda, onde o número digital (ND) de cada pixel da imagem é convertido em radiância espectral monocromática. A seguir, é descrita a fórmula utilizada para a conversão do número digital (ND) em radiância monocromática, de acordo com Ariza (2013).

$$L_{\lambda} = M_L Q_{cal} + A_L$$

Em que:

L_{λ} : Radiância espectral no topo da atmosfera (W/m²srad).

M_L : Fator multiplicativo reescalado da radiância para a banda específica.

Q_{cal} : Número digital (ND) do pixel.

A_L : Fator aditivo reescalado da radiância para a banda específica. A reflectância estratosférica no topo da atmosférica pode ser calculada como segue:

A conversão das imagens em números digitais (ND) para reflectância planetária sem correção é dada pela seguinte equação:

$$\rho_{\lambda'} = M_{\rho} Q_{cal} + A_{\rho}$$

Em que:

P_{λ} : Reflectância planetária no topo da atmosfera sem correção do ângulo solar.

M_{ρ} : Fator multiplicativo reescalado da reflectância para a banda específica.

Q_{cal} : Número digital (ND) do pixel.

A_{ρ} : Fator aditivo reescalado da reflectância para a banda específica.

A reflectância planetária corrigida pode ser obtida pela seguinte equação:

$$\rho_{\lambda} = \frac{\rho_{\lambda'}}{\text{sen}(\theta_{SE})} = \frac{\rho_{\lambda'}}{\text{cos}(\theta_{SZ})}$$

Em que:

P_{λ} : Reflectância exoatmosférica ou do topo da atmosfera.

θ_{se} : Ângulo de elevação solar local equivalente ao valor SUN_ELEVATION

θ_{sz} : Ângulo solar zenital local ($\theta_{sz} = 90 - \theta_{se}$)

Após as correções de radiância e reflectância das imagens, foi executada o cálculo do NDVI proposto por Rouse et al. (1973), apud Boratto e Gomide (2013). Vale lembrar que os valores obtidos possuem uma escala de valores entre -1 e 1. Para essa estimativa, foi utilizada a ferramenta *raster calculator*, disponível na plataforma ARCGIS®, para realizar a expressão:

$$NDVI = \left(\frac{\rho_{IVP} - \rho_V}{\rho_{IVP} + \rho_V} \right)$$

Onde:

P_{IVP} = Valor da reflectância na faixa do infravermelho próximo

P_V = Valor da reflectância na faixa do vermelho do visível

Atividade 5: saída de campo

Foi realizada uma saída de campo até o Ribeirão Campo Triste para fins de reconhecimento da área e obtenção de uma análise complementar. Os preparativos para essa atividade ocorreram com uma semana de antecedência, com a organização dos materiais necessários e uma reunião para definição dos pontos a serem visitados.

O campo foi realizado no dia 08 de julho de 2016 com saída da universidade às 8 horas da manhã, retornando às 16 horas. Por meio da matriz de Leopold, foram visitados e analisados todos os pontos definidos em reunião, foram averiguadas as situações dos locais e anotadas as observações complementares para fins de propostas de planejamento ambiental.

A coleta de água para análise do transporte de sedimentos em suspensão foi realizada no período da seca em dez pontos distribuídos na bacia hidrográfica do Ribeirão Campo Triste, escolhidos a partir da estimativa da relação da cobertura vegetal nas áreas de preservação permanente.

Atividade 6: Análises laboratoriais dos sedimentos em suspensão

Para alcançar o objetivo dessa etapa, foram utilizados os equipamentos: recipientes de vidro, microfiltros de acetato de celulose da marca Sartorius Stedim Biotech, balança de precisão da marca Shimadzu, modelo Marte UX420H, bomba a vácuo da marca TECNAL, modelo TE-058 e uma estufa da marca MR.

Em primeiro momento, foram pesados os microfiltros limpos na balança de precisão, destacando que houve muito cuidado quando do manuseio desses microfiltros, uma vez que o contato com os dedos ou com algum lugar que contenha algum tipo de poeira pode alterar o resultado final. Desse modo, foi utilizada uma pinça higienizada para que não houvesse nenhum tipo de modificação nos dados finais.

Após o processo de pesagem e aquisição dos valores dos pesos dos microfiltros limpos, utilizou-se a bomba a vácuo para a filtragem das dez amostras de água coletadas em campo. Foi utilizada, como parâmetro, uma quantidade de 100 ml de cada amostra para o cálculo, antes de transferir o líquido dos recipientes para o frasco da bomba a vácuo. A água oriunda das coletas foi agitada para que todos os sedimentos ficassem em evidência; por fim, para a utilização da bomba, foi recomendada uma pressão de 440 mmHg em relação à pressão atmosférica.

Após esses procedimentos, os microfiltros foram submetidos à secagem na estufa da marca MR. Para ocorrer esse processo, a estufa foi aquecida a uma temperatura de 50° C e as amostras ficaram guardadas dentro dela em um período de aproximadamente 24 horas.

Dado o tempo de secagem, as amostras ficaram em torno de um dia repousando para que voltasse a temperatura ambiente. Posteriormente, os microfiltros foram pesados novamente na mesma balança de precisão, assim, foram obtidos os valores de pesos dos microfiltros com os sedimentos presentes em uma quantidade de 100 ml de água coletada em campo.

Por fim, após ter os valores anotados dos microfiltros limpos e com sedimentos, foram subtraídos dos valores dos microfiltros limpos e com sedimentos para se chegar à quantidade de sedimentos em suspensão de cada ponto coletado.

Vale ressaltar que toda a técnica utilizada nesse tópico foi baseada nos trabalhos de Braz (2017), que tiveram como referência a metodologia utilizada por Pinto e Mauro (1985). Quanto aos resultados, foram expressos em grama por 100 ml (g/100ml).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Pedologia

Os solos encontrados na área de estudo por meio dos dados disponibilizados pelo SISLA foram o argissolo vermelho distrófico e o latossolo vermelho escuro álico.

De acordo com EMBRAPA (2009), o argissolo vermelho distrófico (PEd3) é caracterizado por ser um solo mineral de baixa fertilidade, não hidromórfico, com horizonte A ou E (horizonte de perda de argila, ferro ou matéria orgânica, de coloração clara) seguido de

horizonte B textural, com nítida diferença entre os horizontes. Apresenta horizonte B de cor avermelhada até amarelada e profundidade variada e ampla variabilidade de classes texturais.

Segundo a EMBRAPA (2009), o latossolo vermelho escuro álico apresenta cores avermelhadas acentuadas, devido aos teores mais altos e à natureza dos óxidos de ferro presentes no material originário em ambientes bem drenados, e características de cor, textura e estrutura uniformes em profundidade. Ocorre predominantemente em áreas de relevo plano e suave ondulado, propiciando a mecanização agrícola; entretanto, em menor expressão, pode ocorrer em áreas de relevo ondulado.

Precipitação

Com base em Zavatini (1992), a área de estudo possui um clima tropical com inverno alternadamente seco e verão chuvoso, pertencendo a uma unidade climática “Planalto Arenítico-Basáltico dos Vales do Rio Verde e Baixo Sucuriu”. Vale salientar que o local estudado está localizado em uma área de domínio de massas de ar equatoriais e tropicais.

Por meio da espacialização dos dados disponibilizados pelo *Hidroweb*, analisou-se que as nascentes recebem o maior índice de precipitação, chegando a valores de aproximadamente 1.338,08 – 1.385,40 mm, o que proporciona maior abastecimento e fluxo de drenagem e a foz como sendo o local de menor índice de precipitação com valores de 1.246,71 – 1.291,85 mm.

Declividade

A declividade existente dentro da área de estudo ficou entre os valores de 0 a maior que 20%. Assim sendo, o relevo da bacia hidrográfica caracteriza-se em sua maior parte como aplainado, tendo como maior declividade apresentada os valores de 0 – 3%. Esses índices clinográficos proporcionam uma perda de solo por motivos de erosão relativamente baixa. Em visita em campo, foram evidenciados alguns processos erosivos nesses locais (provocados pelo pisoteio do gado), indicando que, se não houver cuidados quanto à sua utilização, podem ocorrer danos para o ambiente.

Para as regiões com inclinação mais acentuada, despontam os valores de 6 – 12%, provando que bacia possui realmente um baixo índice de elevação. Se aumentarem as chances de perda de solo por motivos de erosão em relação ao outro tipo de terreno comentado neste artigo, deve haver certa preocupação, uma vez que se encontra nas áreas das nascentes.

Uso e cobertura da terra

Com o método de classificação de imagem no ano de 2016, obtiveram-se as seguintes classes temáticas: *vegetação florestal*, descrita como as áreas florestais, áreas de reserva legal e matas ciliares; *pastagem*, caracterizada pela presença de gramíneas destinadas à nutrição animal; *corpo d'água continental*, com o predomínio do canal fluvial do Ribeirão Campo Triste, represas, lagos e lagoas; *silvicultura*, com a presença de plantios de eucaliptos, área úmida, localizada próximo ao corpo de água e, por fim, a classe *área construída*, assinalada pelos ranchos localizados principalmente na foz do ribeirão, o distrito de Garcia e o distrito de Arapuá.

Tabela 1. Tabela do uso e cobertura da terra na BHRCT em 2016.

Classes Temáticas	Área (km²)	Porcentagem (%)
Área Úmida	39,32	4,25
Área Construída	2,17	0,23
Corpo de Água Continental	6,09	0,66
Pastagem	496,41	53,61
Silvicultura	195,41	21,10
Vegetação Florestal	186,59	20,15
TOTAL	925,99	100

Org.: Renan de Almeida Silva.

A partir da análise de todos os componentes da bacia hidrográfica, foi identificada e analisada a espacialização das realidades existentes. Essa etapa foi significativa à análise integrada dentro das áreas de preservação permanente.

Foram constatados três cenários principais, sendo eles o plantio de eucalipto espalhado por toda a bacia, principalmente no alto curso do ribeirão, destacando-se pela sua proximidade das nascentes, as áreas de pastagens no médio curso e as áreas construídas (ranchos) localizadas no baixo curso, mais especificadamente na foz do Ribeirão Campo Triste.

Essas três classes foram ressaltadas pelo fato de apresentarem maiores danos ambientais para o ribeirão. A pastagem ainda prevalece como a maior classe existente, devendo-se ao fato do Estado estar entre os maiores criadores de gado do Brasil. Muitos produtores não protegem o ribeirão com cerca e utilizam o local como bebedouro dos rebanhos. A presença de animais nas proximidades do ribeirão é uma das principais causas de erosão, oriunda do pisoteio e descompactação do solo que, se não cuidado, pode gerar problemas como o assoreamento, uma vez que esse processo é intensificado com as águas da chuva, que levam todo esse solo descompactado para dentro do ribeirão.

Outro fator importante analisado foi a presença da classe *área construída*. Essa categoria caracteriza-se pela existência de casas, como os ranchos à beira do ribeirão. Geralmente trata-se de moradores ribeirinhos que vivem da pesca e de visitantes que utilizam o local como recreação aos finais de semana. O grande problema nesse caso é a produção de lixo e de esgoto não tratado, resíduos que geralmente são depositados dentro do ribeirão. Outra questão importante é saber se essas construções estão respeitando ao limite das áreas de preservação permanente e se houve ou está acontecendo desmatamentos das matas ciliares para construção de novas casas.

Vale ressaltar que, dentro das áreas de preservação permanente, no ano de 2016, foram encontradas as classes *área úmida* (9,90 km²), *área construída* (0,55 km²), *pastagem* (3,98 km²), *silvicultura* (0,62 km²) e *vegetação florestal* (15,42 km²). Mesmo que haja a predominância da classe *vegetação florestal* nessa região, percebe-se, em vários locais dessa APP, as atividades antrópicas inseridas; logo, os limites assegurados pela legislação não estão sendo respeitados adequadamente. A presença das classes *pastagem*, *área construída* e *pastagens* nas APPs interfere negativamente no ambiente, pois essas atividades podem trazer grandes prejuízos ao local, dentre eles, o agravamento dos processos erosivos.

Análise da cobertura vegetal em APPs da BHRCT em 2016

Por meio dos dados da tabela 2, espacializados no mapa da figura 1, os estágios das vegetações variaram entre -1 e 1 e foram classificados em cinco classes, Baixo, Moderadamente Baixo, Médio, Moderadamente Alto e Alto.

Tabela 2. Dados das classes pertencentes ao NDVI em APP da BHRCT em 2016.

NDVI	Área (km ²)	Classe
-1 - -0,17	3,31	Baixo
-0,17 – -0,03	3,20	Moderadamente Baixo
-0,03 – 0,03	8,76	Médio
0,03 – 0,12	14,13	Moderadamente Alta
0,12 - 1	1,07	Alta
TOTAL	30,47	

Org.: Renan de Almeida Silva.

De acordo com os dados constantes na Tabela 2, no ano de 2016, a maioria das áreas das APPs estavam cobertas por uma densidade de vegetação classificada como Média (8,76 km²) e Moderadamente Alta (14,13 km²), apresentando índice de -0,03 – 0,03 e 0,03 – 12. Isso se deve pela soberania da classe *vegetação florestal* nas áreas de preservação permanente nesse período, mostrando que as matas ciliares presentes no entorno do ribeirão e afluentes eram moderadamente densas.

Outro dado importante do ano de 2016, que se pode destacar nas APPs, foi a existência das áreas com densidade de vegetação classificadas como Baixa. Ao todo, 3,31 km² de áreas de preservação permanente estavam com a densidade de vegetação relativamente baixa, ou seja, sem a presença de qualquer vegetação ciliar para proteger o canal fluvial, aumentando as chances de impactos ambientais.

Esses índices foram encontrados em algumas nascentes e em alguns casos ao longo do curso do ribeirão. Esses valores referem-se à classe *pastagem*, que é uma cultura antrópica dominante e ocupa bastante espaço nessas áreas que deveriam ser protegidas, o que gera grande preocupação já que essas áreas provavelmente são utilizadas como bebedouro pelo gado e é grande a possibilidade processo de erosão por meio do pisoteio.

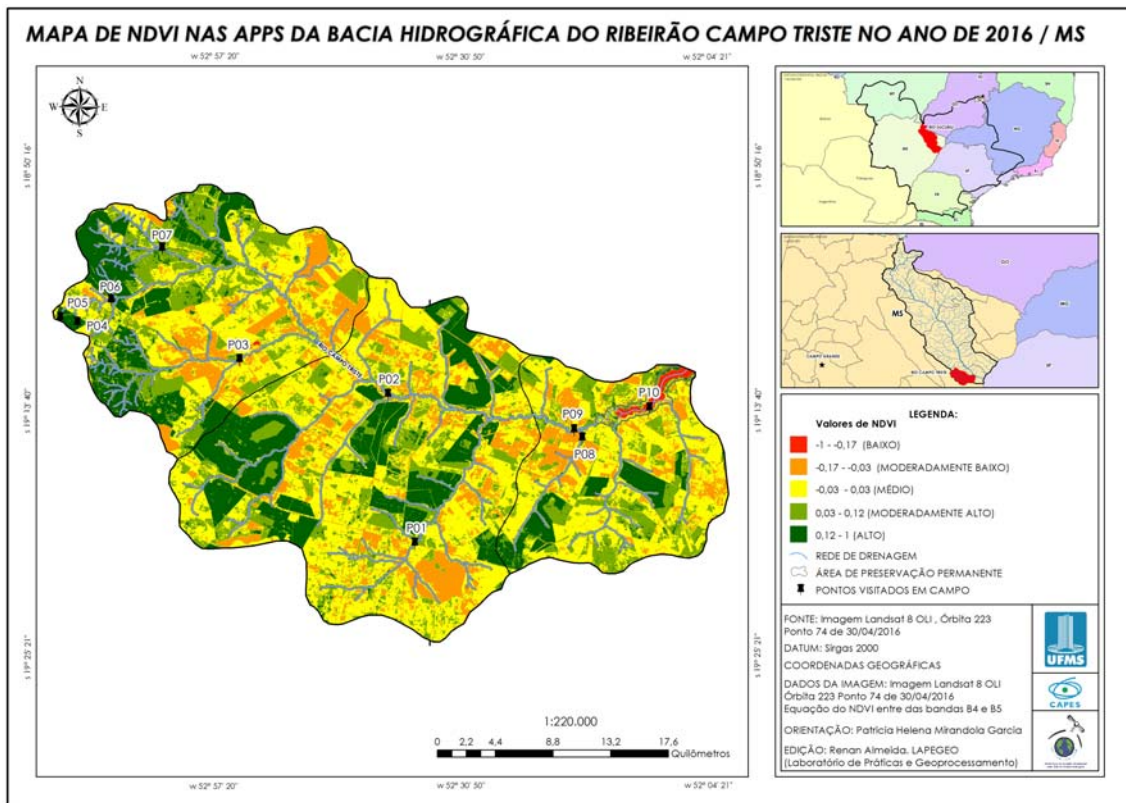
Análise dos pontos visitados em campo na BHRCT

Como demonstrado na Tabela 3, a maioria dos pontos visitados em campo (04 ao 08) estavam sobre a presença de uma classe chamada *vegetação florestal*, cujos valores de NDVI variaram entre 0,03 – 0,12 a 0,12 – 1 e o transporte de sedimentos 0,001 a 0,002 g/100ml, mostrando que, por mais que essas áreas estivessem presentes em locais com declividade suavemente elevada (03 – 06%), índices de pluviosidade suavemente elevados (1.338,08 – 1.385,40 mm), são considerados como ambientalmente adequados e não sofrem prejuízos ambientais devido ao respeito das APPs e à presença de uma proteção fluvial por meio vegetação classificada como matas ciliares. Vale ressaltar que não foram calculados os sedimentos em suspensão nos pontos 04 e 05, pois se trata de áreas de nascentes e não foi encontrada a presença de água no local.

Tabela 3. Dados dos pontos visitados em campo da BHRCT em 2016.

Ponto	Uso e Cobertura	NDVI	Pedologia	Declividade (%)	Pluviosidade (mm)	Transporte de sedimento (g/100ml)
01	Pastagem	-0,17- -0,03	Latossolo vermelho escuro álico	0-03	1.246,71 - 1.291,85	0,003
02	Pastagem	-0,03 - 0,03	Latossolo vermelho escuro álico	06-12	1.291,85 - 1.338,08	0,005
03	Pastagem	-0,17- -0,03	Latossolo vermelho escuro álico	06-12	1.338,08 - 1.385,40	0,004
04	Vegetação Florestal	0,03 - 0,12	Argissolo vermelho distrófico	0-03	1.338,08 - 1.385,40	0
05	Vegetação Florestal	0,12 - 1	Argissolo vermelho distrófico	03-06	1.338,08 - 1.385,40	0
06	Vegetação Florestal	0,03 - 0,12	Argissolo vermelho distrófico	0-03	1.338,08 - 1.385,40	0,002
07	Vegetação Florestal	0,03 - 0,12	Latossolo vermelho escuro álico	03-06	1.338,08 - 1.385,40	0,002
08	Vegetação Florestal	-0,03 - 0,03	Latossolo vermelho escuro álico	0-03	1.246,71 - 1.291,85	0,001
09	Pastagem	-0,17- -0,03	Latossolo vermelho escuro álico	06-12	1.246,71 - 1.291,85	0,004
10	Área Construída	0,03 - 0,12	Latossolo vermelho escuro álico	06-12	1.246,71 - 1.291,85	0,002

Org.: Renan de Almeida Silva.



Fonte: Renan Almeida (2016)

Figura 1. NDVI nas APPs da BHRCT em 2016

Os dados da Tabela 3 revelam que os pontos 02, 03 e 09 foram os mais críticos já que mais geraram transporte de sedimentos quando comparados com os outros pontos (0,004 e 0,005 g/100 ml). Isso se deve em virtude de possuírem nas APPs a presença da classe *pastagem*, somada com os menores valores de índice de vegetação (-0,17 – -0,03 a 0,03 – 0,03), declividade, variando entre 0-03 a 03-06% e pluviosidade entre os valores 1.246,71 – 1.291,85 a 1.338,08 – 1.385,40 mm, possibilitando prejuízos ambientais como o agravamento de processos erosivos.

Por meio da análise de campo no ponto 02, percebeu-se que as pastagens estavam bem próximas ao canal fluvial, exercendo pressão nas matas ciliares ali presentes. Foi constatada também nesse local a ocorrência de processos erosivos presentes nas áreas de preservação permanente (Figura 2). Em campo, pôde-se analisar que essas erosões estão sendo aceleradas pelo pisoteio do gado e pelas águas das chuvas. O principal causador desse processo é o manejo inadequado da pastagem, uma vez que não foi encontrada no local a existência de curvas de níveis adequadas. Assim sendo, as enxurradas deslizam tranquilamente em uma declividade aproximada de 6 a 12%, somada com a carência de matas ciliares inexistentes aos redores do canal do Ribeirão Campo Triste.



(A) Presença de processos erosivos



B) Presença de pisoteio de gado

Fonte: Renan Almeida (2016)

Figura 02. Fotos do ponto 02 da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Campo Triste

No ponto 03, o afluente em questão também está sofrendo com as consequências causadas pela classe *pastagem*. Posteriormente, pôde-se perceber que essa cultura inserida no local não possui um manejo propriamente adequado, uma vez que foi constatada em campo a falta de manutenção das curvas de nível para contenção das águas em períodos chuvosos. De acordo com os dados mostrados pela Figura 3, essa região está situada em declividade de 6 a 12% de inclinação. Dessa maneira, a falta de um manejo adequado – como a construção das curvas de níveis ou sua manutenção – resulta no aceleramento das enxurradas nos tempos chuvosos, levando todo tipo de sedimentos para dentro dos corpos d’água e acelerando os processos erosivos já existentes.



(A) Presença da classe pastagem



(B) Presença de processos erosivos, ravinamento

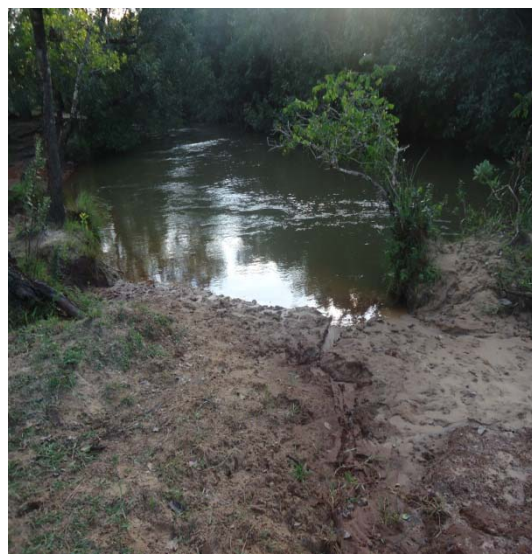
Fonte: Renan Almeida (2016)

Figura 03. Fotos do ponto 03 da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Campo Triste

Por fim, analisaram-se também os prejuízos ambientais causados no ponto 09. A degradação ambiental mostrada na Figura 4 é devida ao aceleramento das erosões causadas pelas trilhas feitas pelo gado que se desloca até o leito do ribeirão para beber água. Essa ação está fortemente relacionada a um manejo de pastagem inadequado já que não possui curvas de níveis que servem para segurar as águas das chuvas que escoam vertentes abaixo, somadas com a declividade do terreno de aproximadamente 6 a 12% e a falta de mata ciliar nos arredores do canal fluvial.



(A) Presença de processos erosivos



(B) Presença de processos erosivos, próximos ao leito do rio, com presença de pisoteio de gado, gerando compactação do solo.

Fonte: Renan Almeida (2016)

Figura 04. Fotos do ponto 09 da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Campo Triste

CONCLUSÕES

O método utilizado mostrou ser eficaz e importante à análise da cobertura vegetal em APPs e suas influências no transporte de sedimentos em suspensão. Hodiernamente, é crescente a utilização do geoprocessamento e do sensoriamento remoto em diversas áreas. A facilidade e a praticidade da ferramenta, aliada a vários materiais – como as imagens de satélite disponíveis gratuitamente na internet – tornaram essas técnicas mais chamativas para várias áreas, inclusive ao planejamento ambiental.

A utilização do geoprocessamento e do sensoriamento remoto pode ser avaliada como importante aliada para analisar, diagnosticar e indicar um adequado modelo de monitoramento das APPs. Vale ressaltar, também, a importância dos arquivos disponibilizados pelos órgãos públicos, como a drenagem e dados disponibilizados pela ANA, que serviram como referência à criação dos *buffers* das APPs. Indicar corretamente o local dessas faixas é muito importante para esta pesquisa, pois trabalhar com arquivos disponibilizados pelo governo gera mais confiança de resultados positivos à aplicação desse procedimento.

Por fim, as técnicas, os mapas e as informações geradas permitiram quantificar e avaliar as situações das faixas de APPs. Trabalhos como esses são essenciais à Geografia, pois mostram a importância dessa ciência para o mundo atual, principalmente para a preservação do meio ambiente.

NOTAS

4 O algoritmo Bhattacharya é usado para medir a separabilidade estatística entre um par de classes espectrais, ou seja, mede a distância média entre as distribuições de probabilidades dessas classes para agrupar regiões. Aqui as amostras de treinamento serão os objetos gerados na segmentação através de similaridades e forma. O classificador Bhattacharya se aplica sobre o resultado do processo de segmentação.

REFERÊNCIAS

ADAMI, M. **Estimativa de áreas agrícolas por meio de técnicas de sensoriamento remoto, geoprocessamento e amostragem**. 2004. 185 f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto. INPE, INPE São José dos Campos, SP, 2004.

ARIZA, A. **Descripción y corrección de productos Landsat 8 LDCM (Landsat Data Continuity Mission)**. Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2013.

BORATTO, I. M. P.; GOMIDE, R. L. Aplicação dos índices de vegetação NDVI, SAVI e IAF na caracterização da cobertura vegetativa da região norte de Minas Gerais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, **Anais [...]**. Foz do Iguaçu: 2013.

BRASIL. **Lei nº 4.771, de 15 de agosto de 1965**. Dispõe sobre a proteção de vegetação nativa. Coletânea de Legislação e Jurisprudência, Brasília, DF, 15 de agosto de 1965. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L4771.htm>. Acesso em: 20 jan. 2017.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção de vegetação nativa. Coletânea de Legislação e Jurisprudência, Brasília, DF, 25 de maio de 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm. Acesso em: 20 jan. 2017.

BRAZ, A. M.; GARCIA, P. H. M.; SILVA, R. de A. Geotecnologias aplicadas ao uso e ocupação da terra na parte componente bacia hidrográfica do Rio Carro Queimado, MS, Brasil. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 9, n. 2, p. 180-194, 2013. Disponível em: http://www.amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/forum_ambiental/article/view/1460/1482. Acesso em: 20 jan. 2017.

CAZULA, L. P. **Geotecnologias aplicadas à análise multitemporal 1985 a 2011 da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado, SP, Brasil**. 2012. 223 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, UFMS, Cuiabá, MS, 2012.

CATELANI, C. S. et al. Adequação do uso da terra em função da legislação ambiental. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 11., 2003, Belo Horizonte. **Anais [...]**. Belo Horizonte: INPE/ SELPER, 2003.

CHEN, S. C.; HERZ, R. Estudos quantitativos e calibração radiométrica de dados digitais do Landsat-5. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. 8., 1996, Salvador/BA. **Anais [...]**. Salvador/BA: INPE, 1996. Disponível em: <http://martesid.inpe.br/col/sid.inpe.br/deise/1999/01.29.11.31/doc/T24.pdf>. Acesso em 20 jan. 2017.

DPI; INPE. **Tutorial de geoprocessamento**. Classificação de Imagens, 2006.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Artigos**. 2009. Disponível em: <http://www.cnpab.embrapa.br/publicacoes/artigos.html>. Acesso em: 20 jan. 2017.

FLORENZANO, T. G. **Imagens de satélite para estudos ambientais**. São Paulo: Oficina de textos, 2002.

- GISDICTIONARY. Support. Esri, 2014.
- GONZALEZ, R.C.; WOODS, R.E. **Processamento de imagens digitais**. São Paulo: Ed. Edgard Blücher, 2000.
- INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Imagem LANDSAT OLI e PAN, Órbita 223, ponto 074. 07 jul. 2016. Departamento de Geração de Imagens.
- LEÃO, C. Krug; KAMPEL, L. A.; FONSECA, L. M. G. Avaliação de métodos de classificação em imagens TM/Landsat e CCD/CBERS para o mapeamento do uso e cobertura da terra na região costeira do extremo sul da Bahia. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13, 2007, Florianópolis. **Anais [...]**. São José dos Campos, INPE, 2007. p. 939-946.
- MATHER, P.M. **Computer processing of remotely-sensed images: an introduction**. Chichester: John Wiley & Sons, 1999.
- MAZZINI, A. L. D. A. **Dicionário educativo de termos ambientais**. Belo Horizonte: Editora O Lutador, 2003.
- MIRANDOLA, P. H. **Análise geo-ambiental multitemporal para fins de planejamento ambiental: um exemplo aplicado à bacia hidrográfica do Rio Cabaçal Mato Grosso, Brasil**. 2006, 317 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, 2006.
- PLANO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS DE MATO GROSSO DO SUL. PERH-MS. Secretaria de Estado de Meio Ambiente, do Planejamento, da Ciência e Tecnologia e Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul. Governo do Estado de Mato Grosso do Sul. Campo Grande, MS: Editora UEMS, 2010. 194 p.
- PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E.; KUPLICH, T. M. **Sensoriamento remoto da vegetação**. 2. ed atual. e ampl. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.
- NOWATZKI, A; et al. Delimitação das áreas de preservação permanente e avaliação do seu grau de conservação na bacia hidrográfica do rio Sagrado (Morretes/PR). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA E APLICADA, **Anais [...]**. Viçosa, 2009.
- ROUSE, J.W.; HAAS, R.H.; SCHELL, J.A.; DEERING, D.W. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: EARTH RESOURCES TECHNOLOGY SATELLITE – 1 SYMPOSIUM, 1974, Washington. **Proceedings [...]**. Washington: [s.n.], 1974, v.1, sec.A, p. 309-317
- SCHETSELAAR, E.M. Fusion by the IHS transform: should we use cylindrical or spherical coordinates? **International Journal of Remote Sensing, Basingstoke**, v. 19, n. 4, p. 759-65, 1998.
- TU, T.; SU, S.; SHYU, H.; HUANG, P.S. Efficient intensity-hue-saturation-based image fusion with saturation compensation. **Optical Engineering, Redondo Beach**, v. 40, n. 5, p. 720-8, 2001.
- ZAVATTINI, J. A. Dinâmica climática no Mato Grosso do Sul. **Geografia**. Rio Claro: IGCE/UNESP, v. 17, n. 2, p. 65-91. 1992.