
GEOTECNOLOGIAS APLICADAS AO MAPEAMENTO TEMPORAL DA DEGRADAÇÃO AMBIENTAL NAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APP) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO CAMPO TRISTE, TRÊS LAGOAS (MS) - 2006 E 2016

GEOTECHNOLOGIES APPLIED TO THE TEMPORAL MAPPING OF ENVIRONMENTAL DEGRADATION IN PERMANENT PRESERVATIVE AREAS (APP) IN THE RIBEIRÃO CAMPO TRISTE HYDROGRAPHIC BASIN, TRÊS LAGOAS (MS) - 2006 AND 2016

Renan de Almeida Silva¹
Patrícia Helena Mirandola Garcia²

RESUMO: O presente trabalho tem como área de estudo a Bacia Hidrográfica do Ribeirão Campo Triste, localizado no município de Três Lagoas/MS, entre as coordenadas geográficas 20°34'02.12" S e 20°38'49.88" S e 51°01'17.60" W e 51°51'04.47" W. O objetivo da pesquisa é diagnosticar as áreas com maior ocorrência de degradação, nas áreas de preservação permanente (APP) do Ribeirão Campo Triste para fins de propostas de Planejamento Ambiental. Pretende-se organizar metodologicamente etapas que auxiliem no processo de fiscalização das APP, em prol da sua conservação e recuperação e, também, para um conhecimento sobre o estado atual das áreas degradadas na Bacia Hidrográfica do Rio Campo Triste. Esta análise será apoiada no Geoprocessamento como o Sensoriamento Remoto e Geotecnologias, apoiados nas leis ambientais e normatizações.

Palavras-chave: Geotecnologias. Legislação Ambiental e APPs.

ABSTRACT: The present work has as study area the Hydrographic Basin of Ribeirão Campo Triste, located in the municipality of Três Lagoas - MS, between the geographic coordinates 20° 34 '02' 12 " S and 20 ° 38 '49' 88 " S e 51 ° 01 '17' 60" W and 51 ° 51 '04' 47" W. The objective of the research is to diagnose the areas with the highest occurrence of degradation in the permanent preservation areas (PPA) of the Campo Triste stream for

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

2 Profa. Dra. do Programa de Pós-Graduação em Geografia Mestrado (UFMS/CPTL) e do Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ensino de Ciências (Doutorado) - Área Educação Ambiental, do Instituto de Física da Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS-Campo Grande). Líder do grupo de pesquisa DIGEAGEO (Diretrizes de Gestão Ambiental com Uso de Geotecnologias) E-mail: patriciaufmsgeografia@gmail.com.

Agradecimentos: a CAPES pelo auxílio financeiro e ao FINEP pela Implantação dos Laboratórios da Infraestrutura de Pesquisa e de Pós-Graduação de Três Lagoas-Laboratório de Geoprocessamento LAPEGEO

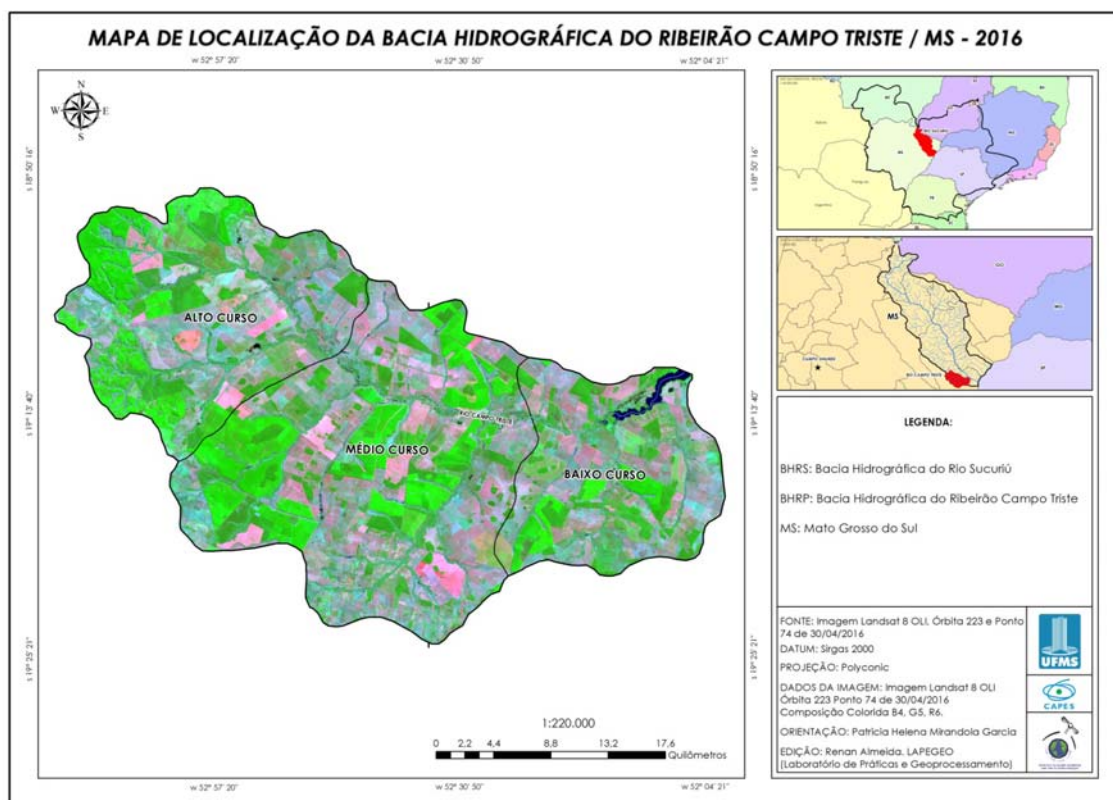
Artigo recebido em julho de 2018 e aceito para publicação em dezembro de 2018.

purposes of Environmental Planning proposals. It is intended to organize, methodologically, steps that assist in the process of inspection of the PPAs, for the sake of its conservation and recovery and also for a knowledge about the current state of degraded areas in the Campo Triste river basin. This analysis will be supported by Geoprocessing such as Remote Sensing and Geotechnologies, supported by environmental laws and standards.

Keywords: Geotechnology. Environmental Legislation and PPA.

INTRODUÇÃO

O presente artigo é resultado de uma pesquisa elaborada por Silva (2018) e 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), com uma área de 925,99 km², localizada no município de Três Lagoas, Estado do Mato Grosso do Sul, entre as coordenadas, 20°34'02''S e 20°38'49''88''S e 51°01'17'60''W e 51°51'04'47''W e está localizada na porção Leste do Estado do Mato Grosso do Sul (Figura 01).



Fonte: Silva (2018).

Figura 1. Mapa de Localização da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Campo Triste

Nas considerações elaboradas por Silva (2018), destaca-se que a pesquisa na BHRCT está apoiada em uma questão de relevância, pois, é uma área muito importante ambiental e economicamente, já que abrange a presença de dois tipos de agronegócios: a pecuária (criação de gado de corte) e a 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.

As alterações em ambientes naturais, principalmente aquelas inseridas dentro de Área de Preservação Permanente (APP), estão entre os problemas ambientais mais conhecidos e enfrentados em praticamente toda extensão do território brasileiro; regiões estas com suas peculiaridades sociais e econômicas em que a mesma esteja colocada. De toda forma, dentre essas diversas práticas citadas, as alterações desses espaços legalmente protegidos pelas condutas antrópicas provocam impactos, como perda de biodiversidade, degradação dos solos e na qualidade da água.

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 (APP).

Os resultados negativos desses impactos ambientais vêm trazendo grandes discussões nos meios privados e públicos de possíveis estratégias de preservação e recuperação ambiental, como medidas mitigadoras que abarcam, não somente questões técnicas, como também aspectos políticos, uma vez que essas consequências estão refletindo principalmente nos agentes transformadores, ou seja, repercutindo negativamente nos sistemas econômicos e sociais.

No âmbito governamental, a questão ambiental no Mato Grosso do Sul segue as seguintes instâncias: o Governo do Estado do Mato Grosso do Sul elaborou o Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH-MS) ao Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH), para análise e deliberação. O Plano foi elaborado pela Secretaria de Meio Ambiente, do Planejamento, da Ciência e Tecnologia (SEMAC) em conjunto com o Instituto de Meio Ambiente do 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).

Segundo Francisco et. al (2008) o planejamento ambiental tem como objetivo preparar uma estipulada área apontando ao melhor funcionamento em relação à sua tendência natural. Esse ordenamento pode ser alcançado pela sistematização dos ambientes em bacias hidrográficas, medidas unidades territoriais para prática da Política Nacional de Recursos Hídricos. A execução de planejamento pode impedir a utilização imprópria do uso e cobertura da terra e sua degradação.

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2013) a recuperação de áreas degradadas está intimamente ligada à ciência da restauração ecológica. Restauração ecológica é o processo de auxílio ao restabelecimento de um ecossistema que foi degradado, danificado ou destruído. Um ecossistema é considerado recuperado e restaurado quando contém recursos bióticos e abióticos suficientes para continuar seu desenvolvimento sem auxílio ou subsídios adicionais.

O propósito da recuperação ambiental é o de conceder a melhora e o prosseguimento vegetal de acordo com os modelos naturais da região estudada, contribuindo, assim, com a recomposição da vegetação original. Inicialmente, para se alcançar a eficácia desses procedimentos, as pesquisas ambientais devem estar alicerçadas em um olhar integrador de todos os componentes existentes no espaço analisado, buscando entender o ambiente como um todo, levantando todas as causas devastadoras existentes e, assim, indicando as medidas mitigadoras necessárias a serem tomadas para a recuperação ambiental.

Nesse sentido, 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.

A preservação das APP 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 (SILVA, 2018).

Silva (2018) apresenta que as análises apoiaram-se na TGS (Teoria Geral dos Sistemas), com apoio nas Geotecnologias, 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.

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os processos metodológicos desta pesquisa se pautam na metodologia utilizada por Silva (2018) para se alcançar os dados ambientais, necessários para o cruzamento e obtenção de informações que auxiliem propostas de medidas mitigadoras.

Nessa etapa, constam métodos e técnicas de processamento digital de imagens, com destaque ao cálculo do NDVI adquirida do satélite *Landsat 5* (2006) e *Landsat 8* (2016). Os outros processamentos como o realce, classificação, fusão de imagens, foram aproveitados os mesmos arquivos utilizados para sanar o objetivo específico de identificar e quantificar as alterações no uso e cobertura da terra da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Campo Triste.

Antes de ser alcançado o cálculo do índice de vegetação, é necessário que seja realizada uma calibração radiométrica nas imagens de satélites, para se obter os valores físicos dos objetos presentes na mesma.

Segundo Kalaf et al. (2013), apesar de fazer parte da mesma série, os satélites utilizados na pesquisa não possuem o mesmo tipo de sensor; foram utilizados o sensor TM (*Thematic Mapper*) do *Landsat 5* e OLI (*Operational Land Imager*) do *Landsat 8*. Uma das principais diferenças entre eles se encontra na forma de aquisição de imagens, o primeiro utiliza a técnica *Wiskbroom*, enquanto que o segundo utiliza a técnica *Pushbroom*, caracterizada por não executar basculamento no momento de aquisição das imagens, o que possibilitou uma grande queda no erro de posicionamento. O erro que anteriormente encontrava-se entre 60 e 80 metros, agora se encontra em torno de 12 metros, indicando uma escala ideal de 1:100.000.

Conseqüentemente, foram realizadas duas etapas de processamento digital, com cálculos diferentes para cada satélite na 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. As entradas podem ser conjuntos de dados *raster*, ou camadas *raster*, coberturas, *shapefiles*, tabelas, constantes e números.

Assim sendo, para o *Landsat 5*, 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. Abaixo é descrita a fórmula utilizada para a conversão do número digital (ND) em radiância monocromática, de acordo com Markham e Barker (1987 apud MARQUES NETO; SILVA, 2008).

$$L_{\lambda} = \left(\frac{L_{MAX\lambda} - L_{MIN\lambda}}{Q_{calmax} - Q_{cal\ min}} \right) (Q_{cal} - Q_{cal\ min}) + L_{MIN\lambda}$$

Onde:

L_{λ} = é a radiância espectral registrada no sensor [W/m² sr μm].

Q_{cal} = valor do pixel calibrado [DN].

$Q_{cal\ min}$ = valor de DN mínimo correspondente.

Q_{calmax} = valor de DN máximo correspondente ao $L_{MAX\lambda}$ [DN].

$L_{MIN\lambda}$ = radiância espectral registrada no sensor que é escalonado em relação ao $Q_{cal\ min}$ [W/m² sr μm].

$L_{MAX\lambda}$ = radiância espectral registrada no sensor que é escalonado em relação ao $Q_{cal\ max}$ [W/m² sr μm].

Posteriormente, foram utilizados os dados convertidos em radiância para realizar o processo de conversão para dados de reflectância aparente. Segundo Ponzoni et al. (2012), a radiância depende da intensidade de radiação irradiada pela fonte, o que torna um parâmetro inadequado ao estudo das propriedades espectrais de objetos, transferindo o papel de destaque para a reflectância.

A reflectância estratosférica no topo da atmosférica pode ser calculada como segue:

$$P_{\lambda} = \frac{\pi \times L_{\lambda} \times d^2}{ESUN_{\lambda} \times \cos\theta_s}$$

Onde:

P_{λ} = Reflectância planetária no topo da atmosfera [adimensional].

π = Constante matemática igual a ~3,14159 [adimensional].

L_{λ} = Radiância espectral no sensor [W/m² sr μm].

d^2 = Distância Terra-Sol [unidade astronômica].

$ESUN_{\lambda}$ = Irradiância solar estratosférica média [W/m² sr μm].

$\cos\theta_s$ = Ângulo zenital Solar [graus].

Já para o satélite *Landsat 8*, a primeira etapa do processamento também 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. Entretanto, as fórmulas utilizadas nesses cálculos são diferentes da fórmula que foi usada para calcular a correção das bandas do *Landsat 5*. Deste modo, segundo Santos et al. (2014), a conversão de números digitais (ND) para radiância espectral no topo da atmosfera (L_{λ}) das bandas dos instrumentos OLI deverá ser processada com base na seguinte equação:

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

Em que:

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

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

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

A_L : Fator aditivo reescalonado da radiância para a banda específica.

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

$$P_{\lambda} = M_p Q_{cal} + A_p$$

Em que:

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

M_p : Fator multiplicativo reescalado da reflectância para a banda específica.

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

A_p : Fator aditivo reescalado da reflectância para a banda específica.

A reflectância planetária corrigida pode ser obtida pela seguinte equação:

$$P_{\lambda} = \frac{P_{\lambda}}{\sin(\Theta_{se})} = \frac{P_{\lambda}}{\cos(\Theta_{sz})}$$

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 executado o cálculo do NDVI proposto por Rouse et al. (1973 apud MARQUES NETO; SILVA, 2008). Vale lembrar que os valores obtidos possuem uma escala entre -1 e 1. Para essa estimativa, também, foi utilizada a ferramenta *Raster Calculator* disponível na plataforma ARCGIS® para realizar a expressão:

$$NDVI = \frac{PIVP - PV}{PIVP + PV}$$

Onde:

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

P_V = Valor da reflectância na faixa do Vermelho do visível.

As primeiras atividades realizadas dessa etapa consistiram em revisão bibliográfica das leis ambientais que asseguram a proteção dessas áreas, como já citado nessa narrativa. O Código Florestal Brasileiro, Lei nº 12.651/12 (BRASIL, 2012), 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 exclama:

- 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.

Desta forma, o primeiro material de trabalho adquirido para sanar esse objetivo foi a aquisição da drenagem do Ribeirão Campo Triste em formato *shapefile* de linha no banco de dados da ANA. Por se tratar de uma informação muito importante, optou-se em consistir manualmente por meio de imagens de satélites e topográficas, pois o arquivo será referência na definição das Áreas de Preservação Permanente e zonas ripárias.

Para analisar e quantificar as alterações ocorridas nas Áreas de Preservação Permanente, durante os anos de 2006 e 2016, foram utilizadas três imagens de satélites diferentes, duas para a análise do uso e cobertura da terra dentro das APP de entorno da rede de drenagem (*Landsat 5* e *Landsat 8*) e a outra para a análise das leis ambientais das nascentes da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Campo Triste (CBERS 4). Vale ressaltar que as imagens *Landsat 5* e *8* utilizadas nesses processos foram as mesmas usadas para chegar ao objetivo dessa pesquisa de identificar e quantificar as alterações no uso e cobertura da terra. Assim sendo, foram aproveitadas as imagens do satélite *Landsat 8* (*Land Remote Sensing Satellite*), sensor OLI (*Operational Land Imager*) correspondentes à órbita 223/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) e as imagens do Satélite *Landsat 5* (*Land Remote Sensing Satellite*), sensor “TM”, órbita 223 e ponto 74, do ano de 2006 (28 de agosto de 2006), disponíveis no catálogo de imagens do site do INPE (Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais, 2016).

Para análise e fiscalização das nascentes foram necessárias imagens com uma resolução espacial melhor do que as disponibilizadas pelo satélite *Landsat 8*. Por esse motivo, optou-se pelas imagens do satélite CBERS 4, já que esse satélite possui duas bandas pancromáticas com resoluções espaciais de 10 e 5 m, otimizando a visualização dos componentes existentes na área de estudo.

Foram adquiridas as imagens do satélite CBERS (Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres) sensor PAN, órbita 161 e ponto 123, do ano de 2016, sendo as datas de 03 de julho de 2016 para as bandas PAN de resolução espacial de 5 m e 28 de julho de 2016 para as bandas PAN de resolução espacial de 10 m, disponíveis no catálogo de imagens do site do INPE (2016). Vale lembrar que no ano de 2006 os satélites CBERS 4 e *Landsat 8* não estavam em operação. Deste modo, as análises das alterações ambientais em nascente deste ano ficaram a cargo das imagens *Landsat 5* com a resolução espacial de 30 m.

Por fim, foi utilizada a *Matriz de Leopold* na análise dos parâmetros ambientais existentes nas Áreas de Preservação Permanente presentes nos pontos de campo na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Campo Triste. Deste modo, foram quantificados e examinados todos os dados coletados para fins de planejamento ambiental.

Pelo fato da hidrografia obtida no banco de dados da ANA ter sido construída em pequena escala e, assim, não demonstrar fielmente a estrutura do canal do Ribeirão Campo Triste, o primeiro passo da aplicação das técnicas de Geoprocessamento para atingir o objetivo de caracterizar as Áreas de Preservação Permanentes foi a consistência deste arquivo. A consistência foi elaborada no *software* ARCGIS®, tomando como referência nos arquivos do *basemap Imagery* (dados online do ARCGIS®), a imagem é de alta resolução e proporciona com facilidade a visualização do canal principal Ribeirão Campo Triste e seus afluentes. Por conseguinte, foi editado manualmente, com a utilização da ferramenta *Edit Vértices*, o arquivo de drenagem; o dado foi sobreposto junto com a imagem de alta resolução e editada conforme informava o canal imageado.

Após a consistência, criaram-se os *buffers* de delimitação das Áreas de Preservação Permanente. Esse arquivo é importante, pois, representa as Áreas de Preservação Permanente e tem por finalidade demonstrar e ser utilizado como base para quantificar (de forma exata) o uso e cobertura da terra dentro de seu espaço. De acordo com a Lei Federal nº 12.651,

de 25 de maio de 2012 (BRASIL, 2012), para a área de estudo em questão, foi criado um *buffer* de 30 metros do final das nascentes até o começo da foz; na parte da desembocadura, o valor do *buffer* foi de 200 metros, pois a largura do Ribeirão Campo Triste é maior devido à influência do lago da Usina Jupia. Vale destacar que a largura do canal foi calculada por meio do SIG e conferida em campo por meio de uma fita métrica.

Em seguida, criaram-se cento e cinquenta e três (153) *shapefiles* de pontos, demarcando todas as nascentes do Ribeirão Campo Triste e de seus afluentes, ao final da drenagem disponibilizada pela ANA. Em seguida, esses pontos foram usados como referência na criação dos *buffers* com um raio de 50 metros, área de proteção dos mananciais, regulamentada segundo a Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012.

Além dos *buffers* de delimitação das Áreas de Preservação Permanentes, criou-se, também, o mesmo arquivo para delimitar as áreas das zonas ripárias. Tal tarefa também teve como referência a hidrografia obtida da ANA e foi baseada a partir do modelo proposto por Silva (2003), que recomenda em seu estudo faixas de zonas ripárias com medidas de 20, 60, 100, 170, 210 e 250 m e os valores estimados de variação entre largura mínima e máxima necessárias para o desempenho das funções ripárias.

Os *buffers* das Áreas de Preservação Permanente e zonas ripárias foram utilizados como referência no recorte das informações, como uso e cobertura da terra e NDVI. Para essa tarefa, foi utilizada a ferramenta *intersect* disponibilizada no software ARCGIS®. Esse processo foi fundamental, pois demonstra a quantificação das áreas de uso e cobertura da terra e índice de vegetação dentro das APP e zonas ripárias nos dois anos que essa pesquisa aborda.

3 USO E COBERTURA DA TERRA EM APP DA BHRCT - ANO DE 2016

À análise das Áreas de Preservação Permanente, no ano de 2016, foi baseada na nova lei ambiental nº 12.651, de 25 de Maio de 2012. Consequentemente, estipulou-se um raio de 50 metros para todas as nascentes que abastecem o canal principal, uma faixa de 30 metros aos redores dos cursos d'água de menos de 10 metros de largura, essa largura esteve presente em alto, médio e uma pequena parte do baixo curso, com exceção da foz, e, por fim, uma faixa de proteção de 200 metros na desembocadura do Ribeirão Campo Triste, já que o mesmo sofre influência do alagamento da usina Jupia e possui larguras que vão de 400 a 600 metros de comprimento.

No ano de 2016 houve uma grande alteração na paisagem dessa área em um período de dez anos. Consequentemente, as classes como Área Construída e Pastagem, que antes já vinham sendo mapeadas como causadoras de impactos ambientais em Áreas de Preservação Permanente, no ano de 2016, passaram a dividir espaço para mais uma cultura antrópica, a Silvicultura.

Vital (2007) ressalta em seu trabalho que as plantações florestais de eucalipto têm estado no meio de grandes controvérsias e debates acalorados quanto a seus impactos no meio ambiente. Entretanto, a atividade silvicultural, assim como outras atividades econômicas, pode causar impactos ambientais, tanto positivos quanto negativos, sendo nenhum deles inexorável.

Vale lembrar que as zonas reservadas à preservação permanente, na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Campo Triste, ocuparam uma área de aproximadamente 30,47 km², sendo elas as APP de nascentes e as de entorno dos leitos de água. E o método de quantificação, dessas áreas presentes dentro das APP, foi realizado por meio das técnicas de geoprocessamento (Classificação de imagem, vetorização e recorte da área de interesse).

Tabela 1. Tabela do uso e cobertura da terra em APP da BHRCT em 2006

Classes Temáticas	Área (km ²)	Porcentagem (%)
Área Úmida	7,17	23,53
Área Construída	0,48	1,58
Corpo de Água Continental	0	0
Pastagem	7,98	26,19
Silvicultura	0	0
Vegetação Florestal	14,84	48,70
TOTAL	30,47	100

Fonte: Org. Silva (2018).

Tabela 2. Tabela do uso e cobertura da terra em APP da BHRCT em 2016

Classes Temáticas	Área (km ²)	Porcentagem (%)
Área Úmida	9,90	32,49
Área Construída	0,55	1,81
Corpo de Água Continental	0	0
Pastagem	3,98	13,06
Silvicultura	0,62	2,03
Vegetação Florestal	15,42	50,61
TOTAL	30,47	100

Fonte: Org. Silva (2018).

Baseando-se nos dados das Tabelas 01 e 02, percebe-se algumas alterações das classes presentes dentro das APP, no ano de 2016, em relação com o ano de 2006. Em primeira vista, nota-se a presença de uma nova cultura antrópica (Silvicultura) existindo nesses espaços que deveriam ser reservados apenas para matas ciliares, o que gera dúvidas sobre o comprometimento dessas empresas perante as questões ambientais.

Os dados da Tabela 02 mostram um resultado positivo para as Áreas de Preservação Permanente, no ano de 2016; a classe Vegetação Florestal, que em 2006, não representava nem metade das APP da BHRCT (48,70%), obteve um aumento de aproximadamente de 0,58 km² e passou a compreender 15,42 km² de áreas vegetadas (50,61% do total das Áreas de Preservação Permanente).

A classe Silvicultura que em 2006 não possuía nenhuma representatividade nas Áreas de Preservação Permanente, em 2016 passou a compreender uma região aproximada de 0,62 km², 2,03% do total das APP do Ribeirão Campo Triste. Desses resultados informados, grande parte desses plantios está inserido dentro das nascentes dos afluentes e principalmente do canal principal do Ribeirão Campo Triste, podendo trazer problemas como ressecamento dos solos e impactos sobre a biodiversidade do local.

A Pastagem, outra grande geradora de impactos ambientais, teve um recuo de suas áreas nesse período de 10 anos. A classe que no ano de 2006 esteve presente impactando 7,98 km², segundo os dados da Tabela 1, passou para 3,98 km² (Tabela 2), perdendo 4 km² em sua maior parte para a classe Silvicultura e em menor parte para a Vegetação Florestal. De toda forma, ainda é grande a presença dessa cultura próxima aos leitos dos afluentes e Ribeirão Campo Triste, principalmente, em algumas áreas de nascentes.

A classe Área Úmida, outra classe caracterizada como uma importante região responsável pela manutenção da biodiversidade do ambiente possui um aumento significativo de praticamente 2,73 km² entre 2006 e 2016. Segundo os dados de pluviosidade disponibilizados na ferramenta *Hidroweb*, integrante do sistema de informações sobre recursos hídricos, isso se deve porque o total anual de precipitação do ano de 2016, na região da BHRCT, foi em torno de 1697,8 mm, enquanto em 2006 o total anual de precipitação foi aproximadamente 1399,7 mm.

A classe Área Construída representou praticamente os mesmos valores que no ano de 2006; não menos importante, a classe obteve um pequeno aumento de 0,07 km², estando presente nas APP em cerca de 0,55 km² no ano de 2016. Por menor que seja esse pequeno aumento e por possuir perto dos afluentes os distritos de Garcia e Arapuá, vale salientar que no ano de 2016 não constatou-se invasões dessa classe nas APP do alto e médio curso, permanecendo apenas na região da desembocadura do Ribeirão Campo Triste.

Vale ressaltar que as preocupações de impactos ambientais nessas áreas aumentaram, uma vez que, grande parte dessa classe não possuiu proteção ambiental por meio de matas ciliares e que além das influências recebidas pela classe pastagem, no ano de 2016, passou a sofrer também com as pressões da classe Silvicultura.

4 ANÁLISE DA COBERTURA VEGETAL EM APP DA BHRCT EM 2016

Por meio dos dados gerados pelo cálculo de *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), conseguiu-se analisar as mudanças ocorridas na densidade de vegetação presente dentro das Áreas de Preservação Permanente no período de 2006 a 2016.

Vale lembrar que os estágios das vegetações variam entre -1 e 1 e foram classificados em cinco classes: Baixo, Moderadamente Baixo, Médio, Moderadamente Alto e Alto.

Tabela 3. Dados das classes pertencentes ao NDVI em APP da BHRCT em 2006

NDVI	Área (km ²)	Classe
-1 - -0,07	4,86	Baixo
-0,07 – 0,13	5,24	Moderadamente Baixo
0,13 – 0,22	5,17	Médio
0,22 – 0,34	4,51	Moderadamente Alta
0,34 – 1	10,69	Alta
TOTAL	30,47	

Fonte: Org. Silva (2018).

Tabela 4. 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	1,07	Médio
0,03 – 0,12	8,76	Moderadamente Alta
0,12 – 1	14,13	Alta
TOTAL	30,47	

Fonte: Org. Silva (2018).

Para densidade de vegetação nas APP, no ano de 2016, de modo geral, como visto na Tabela 03, percebe-se algumas diferenças entre esses dados com a Tabela 04, que mostra os resultados do NDVI nas APP no ano de 2006. Uma dessas diferenças é a queda nos resultados dos valores mais baixos de NDVI e o aumento nos resultados dos valores mais altos de NDVI nesse período de 2006 a 2016. Entende-se aqui nessa pesquisa que vários fatores podem influenciar nesse resultado. Destes, pode-se citar o atmosférico, umidade e o uso e cobertura da terra. Assim sendo, a intersecção desses dados com o uso e cobertura da terra é de fundamental importância para se obter uma adequada análise ambiental da área de estudo.

As classes de estágio de vegetação Alta (14,13 km²) e Moderadamente Alta (8,76 km²) continuaram prevalecendo como as maiores categorias existentes dentro das APP no ano de 2016, demonstrando a soberania da classe Vegetação Florestal nessas áreas protetoras, lembrando que essa classe obteve um aumento de 0,58 km² nas APP nesse período de dez anos.

Outro dado importante analisado nesse período foi a diminuição dos valores das classes Baixo e Moderadamente Baixo. Essas classes destinam aos locais que possuem uma vegetação ausente ou praticamente ausente das Áreas de Preservação Permanente, ou seja, as áreas com maiores possibilidades de dados ambientais. Ao todo, essas duas classes juntas perderam um espaço de aproximadamente 3,59 km², apresentando um resultado positivo para as APP nesse período de dez anos.

De acordo com os dados constantes na Tabela 04, no ano de 2016, a maioria das áreas das APP estava coberta 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 APP, 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.

5 PROPOSTAS DE MEDIDAS MITIGADORAS NAS APP DA BHRCT NO ANO DE 2016

Por meio das análises do uso e cobertura da terra, associado com a cobertura vegetal nas Áreas de Preservação Permanente da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Campo Triste, conseguiu-se analisar os locais mais carentes de medidas mitigadoras a fim de encontrar um enquadramento ambiental adequado para cada região.

Além de irregularidades legislativas, os resultados apresentados a seguir mostram locais que estão sofrendo com pressões de culturas antrópicas, que se não tratadas adequadamente, podem ocasionar grandes danos ambientais para a Bacia Hidrográfica do Ribeirão Campo Triste.

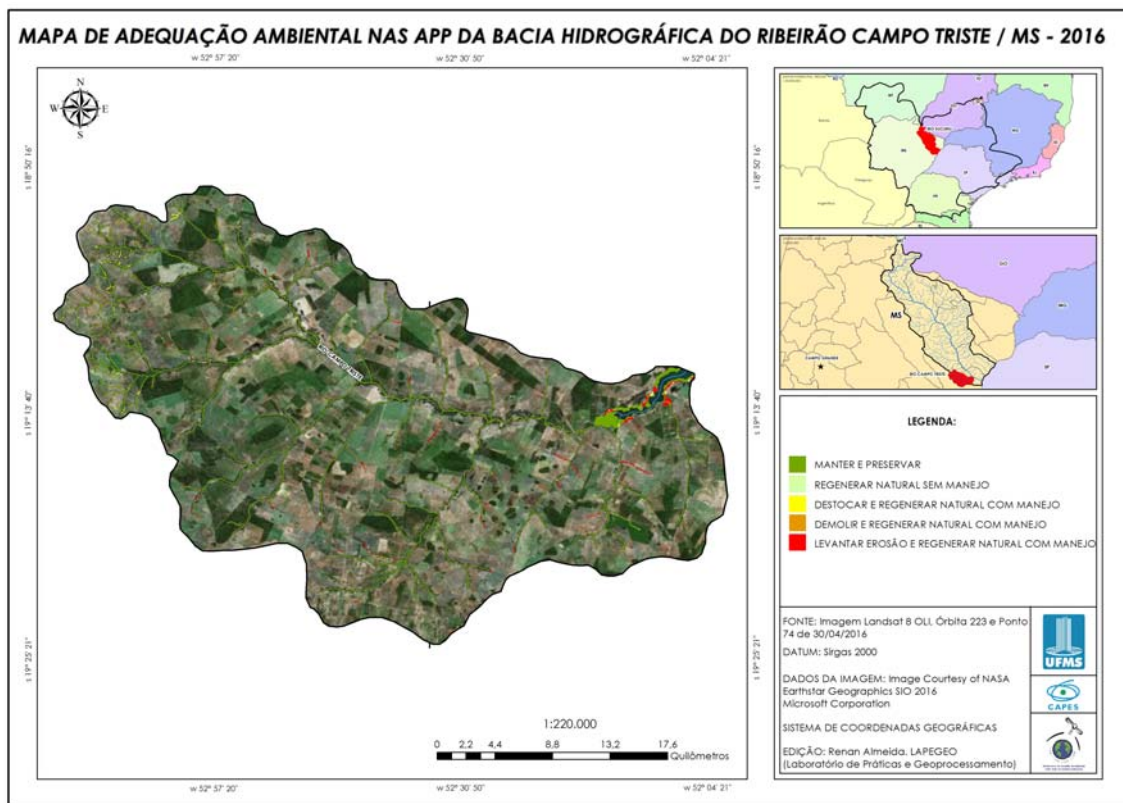
Baseando-se nas estratégias de recuperação criadas pela Embrapa (2017), relacionada com os dados de uso e cobertura da terra e índices de vegetação, foram criadas cinco classes de propostas para a região das APP da BHRCT. Dessa forma, temos:

- Classe Manter e Preservar, que são as áreas caracterizadas com a presença de um uso e cobertura da terra, classificados como Vegetação Florestal bem consolidada, Água Continental e Área Úmida;
- Classe Regenerar natural sem manejo, que são destinadas às APP que estão sendo invadidas pela classe pastagens. Entretanto, essas culturas possuem certo grau de cobertura vegetal. Assim, consiste em deixar os processos naturais atuarem livremente. A Embrapa (2017) relata que esses locais apresentam alta densidade e diversidade de plantas nativas regenerantes, incluindo rebrotas, devido principalmente à proximidade com remanescentes de vegetação nativa, podendo deixar essas áreas como processo de recomposição de mata nativa;
- Classe Destocar e regenerar natural com manejo, que são áreas de APP que estão sendo invadidas pelos plantios de eucaliptos; para essas regiões deverá ocorrer o destoque das plantas e depois, segundo Embrapa (2017), a recuperação da área com ações de manejo que induzam os processos de regeneração natural como controle de plantas competidoras, que pode ser químico ou mecânico, em área total ou só na coroa, controle de formigas, adubação de cobertura, plantio de enriquecimento, adensamento e nucleação;
- Classe Demolir e regenerar natural com manejo, que são as APP afetadas pelas construções das casas destinadas aos ranchos e casas dos ribeirinhos que estão localizadas no baixo curso da BHRCT. A orientação para essa classe é a demolição das casas que não estão respeitando as APP e, assim, segundo a Embrapa (2017), a recuperação da área com ações de manejo que induzam os processos de regeneração natural, seguindo as mesmas estratégias citadas nessa pesquisa.
- Por fim, a Classe Levantar erosão e regenerar natural com manejo, que nessa pesquisa, são as áreas com maiores possibilidades de danos ambientais, uma vez que possuem como característica a cultura de pastagens com nenhuma ou praticamente nenhuma cobertura vegetal.

Tabela 5. Classes de propostas em APP, na BHRCT, em 2016

NDVI	Área (km ²)	Porcentagem (%)
Manter e Preservar	25,34	83,16
Regenerar natural sem manejo	1,89	6,20
Destocar e regenerar natural com manejo	0,61	2
Demolir e regenerar natural com manejo	0,55	1,81
Levantar erosão e regenerar natural com manejo	2,08	6,83
TOTAL	30,47	100

Fonte: Org. Silva (2018).



Fonte: Silva (2018).

Figura 2. Mapa de Adequação Ambiental nas APP da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Campo Triste

Como se analisa na Tabela 5 e Figura 2, 83,16% das Áreas de Preservação Permanente da Bacia Hidrográfica estão classificadas como Manter e Preservar, otimizando ambientalmente a proteção dos canais fluviais que fazem parte do sistema hidrográfico da BHRCT.

Esteve presente principalmente ao decorrer dos canais fluviais dos afluentes e do Ribeirão Campo Triste e, também, nota-se a presença dessa classe em algumas nascentes dos afluentes às margens esquerda e direita da BHRCT, enaltecendo as questões de proteção ambiental e adquirindo um enquadramento ambiental adequado.

A Classe Regenerar natural sem manejo, que são caracterizadas como áreas de pastagens com a presença de um determinado grau de vegetação, está presente nas APP em aproximadamente 6,20%, ou seja, em 1,89 km². Essa proposta está inserida principalmente nos afluentes às margens direita e esquerda do Ribeirão Campo Triste e, também, em algumas nascentes de afluentes situadas aos mesmos lados. Por mais que essa classe seja caracterizada com certa presença de vegetação, vale ressaltar que para que haja uma regeneração natural desses ambientes, é essencial que exista o cercamento do mesmo e o impedimento da utilização dos gados como bebedouros.

A proposta Destocar e regenerar natural com manejo nas APP da BHRCT atingiu uma área aproximada de 20%, ou seja, 0,61 km² de plantios de eucaliptos irregulares presentes dentro de áreas impróprias para atividades antrópicas. Essa classe se torna importante como proposta, uma vez que esses plantios estão localizados principalmente

nas nascentes dos afluentes das margens direita e esquerda e, também, nas nascentes que abastecem o canal principal do Ribeirão Campo Triste.

Para execução dessa proposta, em primeiro momento é destacar todos os plantios irregulares para assim começar a efetuar plantios de uma vegetação nativa para que, assim, possa ocorrer a proteção adequada do local. Vale lembrar que além de plantios de eucaliptos irregulares, a pesquisa apontou, também, a presença de estradas próximas às nascentes que servem como acesso de automóveis e maquinários pesados. Assim sendo, esses carregadores existentes também têm que passar por um processo de regeneração por meio de uma vegetação nativa e ser planejados a uma distância segura das áreas de nascentes.

A proposta Levantar erosão e regenerar natural com manejo, que são destinadas às áreas caracterizadas com a presença de pastagens com baixa ou praticamente isenta de uma densidade vegetal alcançou cerca de 6,83% das APP da BHRCT. Essa proposta é considerada como uma das mais delicadas, pois, entende-se que a junção dessas duas características favorece o surgimento de processos que causam danos ao meio ambiente.

A distribuição dessa proposta está inserida nas APP dos canais fluviais dos afluentes e também do canal do Ribeirão Campo Triste. Além disso, nota-se a presença dessa proposta nas nascentes dos afluentes da margem esquerda e direita, tornando, assim, essa medida como uma das mais importantes a ser tomada.

Em primeiro momento, deve-se ocorrer um estudo apropriado para cada local, uma vez que essas regiões estão situadas em uma declividade levemente acentuada e nos maiores índices de pluviométricos da BHRCT, podendo ocorrer, assim, processos de erosão ou até mesmo a sua intensificação, caso não seja tratada adequadamente. Consequentemente, caso haja a existência desses danos, medidas para controle e amenização de tal processo erosivo recorrente na área devem ser buscadas. Por fim, a área deverá ser cercada para o impedimento de gados e regenerada com uma vegetação nativa. Vale ressaltar que a análise do manejo de pastagem próximo à área também é muito importante, aconselhando fazer uma manutenção do mesmo, caso esteja deteriorado.

Foi encontrada a presença de algumas casas irregulares dentro das APP da BHRCT. Analisado em campo, essas casas tratam-se de moradores ribeirinhos e ranchos que servem de lazer aos finais de semana para os residentes da cidade de Três Lagoas.

Consequentemente, com a presença desses imóveis irregulares, criou-se a proposta de Enquadramento Ambiental Demolir e Regenerar Natural com Manejo que está presente em um total de aproximadamente 0,55 km², ou seja, 1,81% da área total das APP da BHRCT.

Essa classe de proposta está espacializada inteiramente à margem direita do Ribeirão Campo Triste, estando inserida inteiramente na foz alagada próxima à desembocadura no rio Sucuriú. Por mais que exista a demolição dessas casas irregulares, a regularização das futuras construções perante as leis ambientais e o reflorestamento da área com uma vegetação nativa, deve-se trabalhar com esses moradores a questão de uma educação ambiental, principalmente com focos de poluição de águas por meio de despejo incorreto de lixo doméstico.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após o processo de análise das APP da BHRCT nesses dez anos de estudo, estipulou-se alguns enquadramentos ambientais para serem executados, a fim de alcançar uma qualidade ambiental para essas áreas. Deste modo, como visto na Tabela 5, conclui-se que 83,16% das Áreas de Preservação Permanente da Bacia Hidrográfica estão classificadas como Manter e Preservar, otimizando ambientalmente a proteção dos canais fluviais que fazem parte do sistema hidrográfico da BHRCT.

As outras classes de propostas presentes nas APP da BHRCT não passaram de 10%. Entretanto, deve-se ter total cuidado nessas áreas em questão, pois são lugares com grandes possibilidades de danos ambientais e passíveis de agravamento devido à forte influência que sofrem de culturas antrópicas. Outra questão que se deve levantar é a localização dessas áreas precárias, como por exemplo, as classes Levantar erosão e regenerar natural com manejo e Destocar e regenerar natural com manejo, que estão inseridas principalmente em regiões de nascentes.

Além dessas sugestões de medidas mitigadoras desenvolvidas nessa pesquisa, conclui-se que é válida, também, a adequação do ambiente segundo a metodologia analisada por Silva (2003), onde ele estipula faixas de zonas ripárias de 20, 60, 100, 170, 210 e 250 metros e as caracteriza ambientalmente de acordo com a função de cada faixa.

Por fim, conclui-se, também, que o método utilizado mostrou ser eficaz e importante na análise ambiental das Áreas de Preservação Permanente associado à fiscalização das leis ambientais. Hodiernamente, é crescente a utilização do geoprocessamento e sensoriamento remoto em diversas áreas. A facilidade e a praticidade das ferramentas, aliadas a vários materiais como as imagens de satélite disponíveis gratuitamente na *internet*, tornaram essas técnicas mais chamativas para várias áreas, inclusive a fiscalização ambiental.

A utilização do geoprocessamento e sensoriamento remoto podem ser avaliados como importantes aliados para analisar, diagnosticar e indicar um adequado modelo de monitoramento das Áreas de Preservação Permanente.

REFERÊNCIAS

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.

_____. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. Áreas degradadas. Brasília, 2013.

DIVISÃO DE PROCESSAMENTO DE IMAGENS, DPI; INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, INPE. **Tutorial de Geoprocessamento.** Classificação de Imagens, 2006.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, EMBRAPA. **Artigos.** Disponível em: <http://www.cnpab.embrapa.br/publicacoes/artigos.html>. Acesso em: 20 jan. 2017.

FRANCISCO, C. E. S.; et al. Análise multicriterial na seleção de bacia hidrográfica para recuperação ambiental. **Revista Ciência Florestal**, v. 18, p. 1-13. 2008.

GISDICTIONARY. **Support**. Esri, 2014.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, INPE. **Imagem LANDSAT OLI TIRS e PAN**, Órbita 223, ponto 074 - 07 de Julho de 2016. Departamento de Geração de Imagens, 2016.

_____. **Imagem CBERS PAN**, Órbita 161, e ponto 123 - 03 de julho de 2016 e 28 de Julho de 2016. Departamento de Geração de Imagens, 2016.

KALAF, R.; BRASILEIRO, R.; CARDOSO, P. V.; CRUZ, C. B. M. **Landsat 8: Avanços para mapeamento em mesoescala**. 2013.

MARQUES NETO, R. M.; SILVA. A abordagem sistêmica e os estudos geomorfológicos: Algumas interpretações e possibilidades de aplicação. **Revista Geografia**, v.17, 2008, p. 67-87.

MATO GROSSO DO SUL. Secretaria de Estado de Meio Ambiente, do Planejamento, da Ciência e Tecnologia e Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul. **Plano Estadual de Recursos Hídricos de Mato Grosso do Sul, PERH**. Campo Grande, MS: Editora UEMS, 2010. 194 p.

MIRANDOLA, P. H. **Análise geo-ambiental multitemporal para fins de planejamento ambiental: um exemplo aplicado à bacia hidrográfica do Rio Cabaçal Mato Grosso, Brasil**. 317 f. 2006. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2006.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E.; KUPLICH, T. M. **Sensoriamento Remoto da Vegetação**. 2. ed. atualizada e ampliada. São Paulo: Oficina de Textos, 2012. 176p.

SILVA, R. A. **Análise das alterações ambientais em Áreas de Preservação Permanentes (APP's) da bacia hidrográfica do ribeirão Campo Triste/MS – Brasil (2006-2016)**. 245 p. 2018. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Três Lagoas, 2018.

SILVA, R. V. Da estimativa de largura de faixa vegetativa para zonas ripárias: uma revisão. *In: SEMINÁRIO DE HIDROLOGIA FLORESTAL: ZONAS RIPÁRIAS*, I., 2003, Alfredo Wagner/SC. **Anais [...]**. Alfredo Wagner/SC, 2003.

VITAL, H. F. Impacto ambiental de florestas de eucalipto. **Revista do BNDES**. v. 14, 2007.