

Avaliação temporal dos conflitos de uso do solo na bacia hidrográfica do rio Formoso, Tocantins

Kaio Cesar Cardoso de Lima Fonseca Alves^{1*}, Marcelo Ribeiro Viola², Patrícia Aparecida de Souza¹, Marcos Giongo¹, Carlos Rogério de Mello²

¹Universidade Federal do Tocantins, Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais, C.P. 66, CEP 77402-970, Gurupi, TO, Brasil

²Universidade Federal de Lavras, Departamento de Engenharia, C.P. 3037, CEP 37200-000, Lavras, MG, Brasil

*Autor correspondente:
kcclfa@mail.uft.edu.br

Termos para indexação:
Área de preservação permanente
Geotecnologias
ArcGIS
Legislação Ambiental

Index terms:
Permanent preservation area
Geotechnologies
ArcGIS
Environmental Legislation

Histórico do artigo:

Recebido em 12 nov 2014
Aprovado em 11 set 2015
Publicado em 30 set 2015

Resumo - A importância das áreas de preservação permanente (APP) encontra-se na função ambiental de manter, preservar e conservar os recursos hídricos e ecossistemas existentes nas bacias hidrográficas. Objetivou-se com o presente trabalho delimitar e quantificar as APP's de cursos d'água e áreas antropizadas nos limites destas na bacia hidrográfica do rio Formoso, TO. As APP's foram delimitadas considerando-se os limites determinados pelo Código Florestal Brasileiro, sendo amostradas as APP's dos cursos d'água principais de nível hierárquico 4. O traçado manual da rede de drenagem, a delimitação automática das APP's e a classificação visual dos conflitos de uso do solo a partir de imagens LANDSAT 5 TM dos anos de 1985, 1998 e 2011 foram realizadas no Sistema de Informações Geográficas ArcGIS. Constatou-se que as APP's dos cursos d'água amostradas no presente estudo representam 1,14% (24.491,35 ha) da área de drenagem da bacia do rio Formoso. Para o ano de 1985 quantificou-se uma área de 3.616,48 ha de conflitos de uso do solo na bacia, passando para 3.341,25 ha em 1998 e 3.345,37 ha em 2011. Tendo-se em vista a intensiva expansão agrícola observada na bacia do rio Formoso nas últimas décadas, a retração da área de conflitos de uso do solo entre 1985 e 1998 e sua posterior manutenção, pode ser associada às alterações na legislação ambiental.

doi: 10.4336/2015.pfb.35.83.820

Temporal evaluation of soil use conflicts in the Formoso river basin, state of Tocantins, Brazil

Abstract - The importance of permanent preservation areas (PPA) is mainly associated to their environmental role to maintain, preserve, and conserve water resources and ecosystems within a basin. The objective of this study was to delimitate and quantify the areas of PPA along watercourses as well as anthropized areas within PPAs boundaries, in the Formoso river basin, state of Tocantins, Brazil. PPAs area was delimited considering boundaries according to the Brazilian Forest Law. We sampled areas within the watercourses classified up to hierarchical Level 4. Watercourses handling draw, automatic delimitation of PPA, and visual classification of the soil use conflicts based on LANDSAT 5 TM of 1985, 1998 and 2011 were carried out on Geographical Information System ArcGIS. PPA of the watercourses sampled in this study represent 1.14% (24,491.35 ha) of the drainage area of the Formoso river basin. For 1985, an area of about 3,616.48 ha was quantified, which is characterized by conflicts related to soil use. However, these conflict areas were reduced to 3,341.25 ha and 3,345.37 ha, respectively, for 1998 and 2011. Due to the intense agricultural land expansion observed in the basin in the last decades, the mentioned reductions in soil use conflicts between 1985 and 1998 and subsequent maintenance can be linked to changes on Brazilian environmental legislation.

Introdução

Um dos grandes desafios do homem, no que diz respeito à conservação ambiental, tem sido reunir esforços e recursos para a preservação e recuperação de áreas naturais, consideradas estratégicas para a manutenção e conservação dos recursos naturais, das quais vários ecossistemas são dependentes. Dentre essas, destacam-se as áreas de preservação permanente (APP's), que têm importante papel dentro de uma bacia hidrográfica, por serem responsáveis pela manutenção, preservação e conservação dos ecossistemas ali existentes (Magalhães & Ferreira, 2000).

De acordo com a legislação brasileira, uma APP deve ser um espaço físico-natural protegido, sem qualquer atividade. Localizam-se às margens dos rios, córregos, lagos, represas e outros corpos d'água em faixas de largura variável, nas encostas íngremes, topos de morro, além de outros locais especificados pelo Código Florestal (Valle Júnior et al., 2011).

A preservação da vegetação nativa às margens dos rios e ao redor das nascentes e reservatórios, nas APP's, já conceituadas como instrumentos de grande importância para as bacias hidrográficas, responsáveis pela proteção de atributos ambientais em seus ecossistemas, é regulamentada pelo Código Florestal Brasileiro (Brasil, 2012), o qual estabelece normas gerais para a proteção dessa vegetação, inclusive determina a largura das faixas de APP.

A preservação e proteção da vegetação nativa, em específico a situada ao longo de cursos d'água e nascentes, têm se destacado por sua importância na conservação dos recursos hídricos (Valle Júnior et al., 2011). Porém, estas áreas na maioria das vezes não são respeitadas, sejam essas relacionadas à declividade, topos de morros, margens dos recursos hídricos e nascentes dos mananciais, o que vêm provocando, em muitos casos, o uso inadequado dos recursos naturais (Moreira et al., 2003).

O crescimento urbano no interior das bacias hidrográficas, as quais abrigam áreas de preservação permanente, faz com que estas estejam sujeitas a rápidas transformações, como alterações qualitativas do ambiente, degradação ambiental e ocupação desordenada e indevida do solo. Os impactos que ocorrem nestas unidades naturais, decorrentes das ações humanas, são de considerável magnitude, uma vez que ocorrem em alta intensidade (Guimarães & Penha, 2009).

Para que as APP's possam cumprir com suas funções é preciso que elas sejam devidamente delimitadas, para que sejam restauradas e/ou recuperadas, pois a ausência de informações precisas sobre os limites das áreas de preservação permanente dificulta e impede tanto os produtores de cumprirem as determinações do Código Florestal Brasileiro, quanto os órgãos ambientais de fiscalizarem (Soares et al., 2011). Nesse contexto, os sistemas de informações geográficas (SIG's) aliados a técnicas de sensoriamento remoto e a bancos de dados digitais destacam-se como ferramentas eficientes para o desenvolvimento de estudos ambientais (Lana, 2011). Dentre estes estudos, pode-se destacar aqueles relacionados ao uso e ocupação da terra, com a finalidade de dar subsídio a ações de recuperação de áreas degradadas, ordenação espacial e identificação de usos irregulares perante a legislação ambiental vigente (Cavallari et al., 2007; Bolfe et al., 2008; Soares et al., 2011; Reis et al., 2012; Romagnoli et al., 2012). Para Ribeiro et al. (2005), a delimitação automática das APP's contribui para a eliminação da subjetividade nos procedimentos no campo e favorece a fiscalização ambiental, viabilizando o cumprimento do Código Florestal Brasileiro.

A bacia do rio Formoso possui economia centrada na agropecuária, com forte inserção da agricultura irrigada. Mais precisamente às margens do rio Formoso prevalece o cultivo de arroz, feijão, milho, soja, melão, melancia, entre outras culturas (Tocantins, 2007). Segundo Santos & Rabelo (2008), esta bacia apresenta grande potencial para expansão da agricultura irrigada em áreas de várzea, demandando, desta maneira, o desenvolvimento de estudos sobre conflitos de uso do solo em APP's de cursos d'água para verificar o cumprimento do Código Florestal Brasileiro.

Neste contexto, objetivou-se com o presente trabalho delimitar as áreas de preservação permanente ao longo dos cursos d'água, nascentes, lagos e lagoas da bacia hidrográfica do rio Formoso, TO, e analisar a dinâmica temporal dos conflitos de uso do solo e possíveis influências das alterações da Legislação Ambiental brasileira sobre esta dinâmica.

Material e métodos

O estudo foi desenvolvido para a Bacia Hidrográfica do rio Formoso (Figura 1). Segundo a divisão hidrográfica da Agência Nacional das Águas (ANA) esta bacia

pertence à Região Hidrográfica do Araguaia-Tocantins e apresenta uma área de drenagem de 21.328,57 km², aproximadamente 7,7% da área total do Estado do Tocantins e 5,6% da bacia do rio Araguaia (Tocantins,

2007). Insere-se no sudoeste do Estado do Tocantins (97%) e noroeste de Goiás (3%), compreendida entre as coordenadas geográficas 10°28' e 13°16' S e 48°50' e 49°57' W.

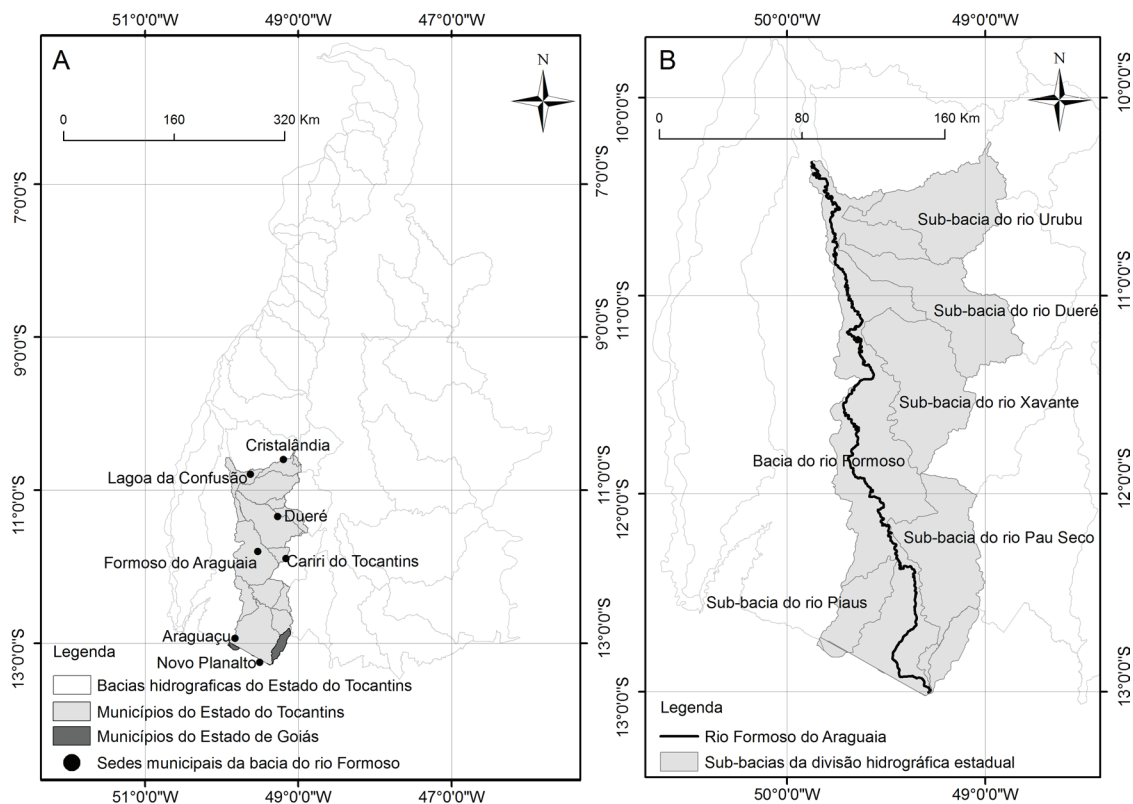


Figura 1. Localização da bacia hidrográfica do rio Formoso e das sedes municipais inseridas em seus limites (A) e sub-bacias da divisão hidrográfica estadual (B).

O rio Formoso é um afluente pela margem direita do rio Araguaia, que por sua vez, tem suas nascentes na Serra do Caiapó (GO) e segue em direção norte até confluir com o rio Tocantins, na região conhecida como Bico do Papagaio (Tocantins, 2007). A bacia é subdividida em seis sub-bacias hidrográficas na divisão hidrográfica estadual, sendo: rio Pau Seco, rio Xavante, rio Dueré, rio Piaus, rio Urubu e rio Formoso (Tocantins, 2012).

A bacia do rio Formoso abrange parte do território de 21 municípios dos estados do Tocantins e Goiás, que apresentam diferentes percentuais de participação no domínio físico da bacia, sendo eles: a) Estado do Tocantins: Aliança do Tocantins, Alvorada, Araguaçu, Cariri do Tocantins, Cristalândia, Crixás do Tocantins, Dueré, Fátima, Figueirópolis, Formoso do Araguaia, Gurupi, Lagoa da Confusão, Nova Rosalândia, Oliveira de Fátima, Pium, Sandolândia, Santa Rita do Tocantins e Talismã e b) Estado de Goiás: Porangatu, Novo Planalto

e São Miguel do Araguaia.

De acordo com levantamento realizado pela Secretaria de Planejamento e da Modernização da Gestão Pública do Estado do Tocantins (SEPLAN) para o ano de 2007 (Tocantins, 2012), em relação aos usos do solo e cobertura vegetal, 43,51% da área é destinada às práticas agropecuárias, 2,11% ao cultivo de culturas temporárias, 41,9% da cobertura vegetal encontra-se ocupada por fitofisionomias do Cerrado, principalmente Cerrado Sentido Restrito e Parque Cerrado, 11,29% por mata ciliar ou mata de galeria e o restante da área se divide em outros usos como praias e área urbanizada (Figura 2).

A bacia do rio Formoso está situada no contato Cerrado-Floresta Estacional. Das fisionomias do Cerrado encontradas na bacia, a maioria delas é de formação campestre entremeadas por arvoretas, sendo somente a porção noroeste da bacia de formação florestal representada pela Savana Arbóreo Densa (Tocantins, 2007).

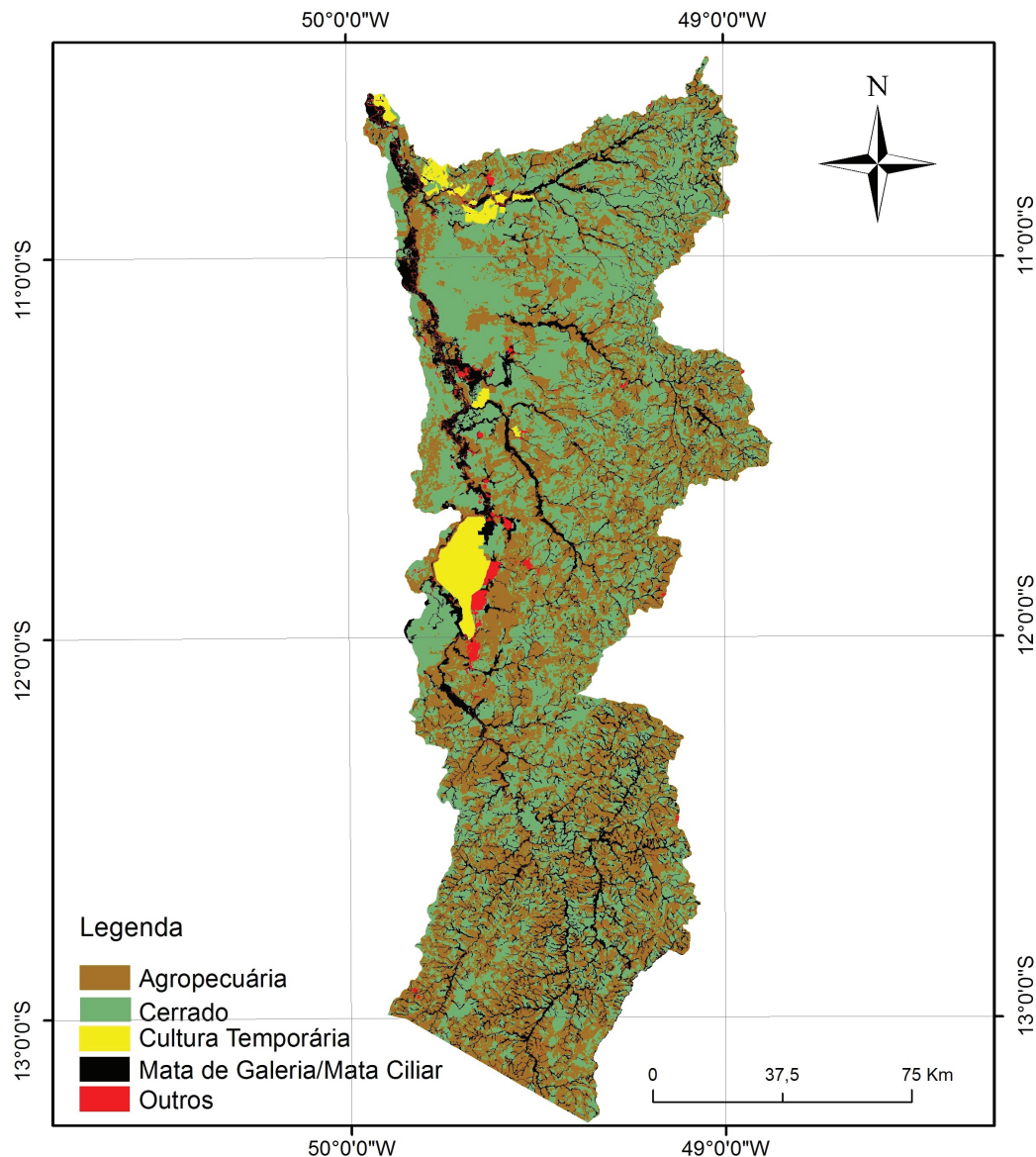


Figura 2. Mapa de cobertura e uso do solo de 2007 da bacia hidrográfica do rio Formoso.

Segundo a classificação climática de Thornthwaite, a bacia do rio Formoso apresenta clima úmido com deficiência hídrica variando de moderada à nula, regime de chuvas bem definido, evapotranspiração potencial anual variando de 1.400 a 1.700 mm, sendo de 390 a 500 mm ao longo dos três meses consecutivos com temperatura mais elevada (Tocantins, 2007). A precipitação média anual varia de 1.500 a 1.900 mm e a temperatura média anual varia de 25,5 a 26 °C (Tocantins, 2009).

Na Figura 3 estão apresentados o mapa de relevo (3A) e o Modelo Digital de Elevação ASTER (3B) com

resolução espacial de 30 m (Abrams et al., 2010). A altitude na bacia hidrográfica do rio Formoso varia de 181 a 658 m, com predominância da classe de relevo Plano em 32% da bacia, sobretudo no médio e baixo curso do rio Formoso, onde encontram-se as principais áreas de agricultura irrigada da bacia, com destaque para o Projeto Rio Formoso, em sua porção centro-oeste. No alto curso prevalecem as classes de relevo suave ondulado e ondulado, que ocupam 36,4% e 29,4%, respectivamente, enquanto a classe forte ondulada ocorre isoladamente em alguns trechos e ocupa 2,2% da bacia.

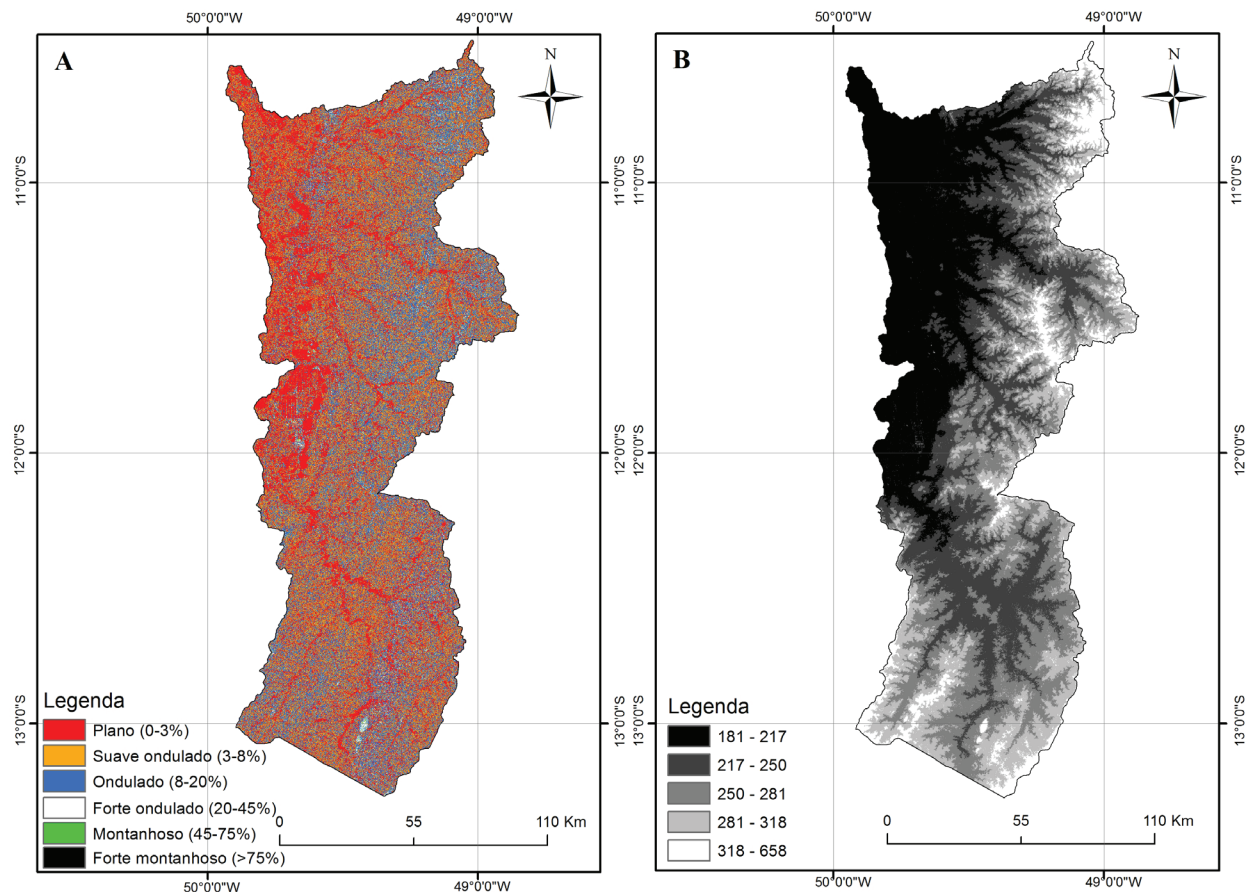


Figura 3. Mapa de relevo (A) e modelo digital de elevação ASTER (B) para a bacia hidrográfica do rio Formoso.

Base de Dados

Para o desenvolvimento deste trabalho foram utilizados arquivos vetoriais e imagens de satélite disponibilizados por Tocantins (2012). Para o tratamento e análise dos dados espaciais, visualização e interpretação das imagens foi utilizado o SIG ArcGIS 9 (Environmental Systems Research Institute, 2004).

A identificação e delimitação das APP's foi feita através de imagens multiespectrais do sensor Thematic Mapper, com resolução espacial de 30 m, a bordo do Satélite LANDSAT 5. As cenas utilizadas para a elaboração dos mosaicos foram das órbitas 222 e 223 nos pontos 067, 068 e 069, referentes aos anos de 1985, 1998 e 2011. Todas as cenas foram coletadas junto a Divisão de Geração de Imagens do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) e estão distribuídas entre os meses de julho e setembro devido à menor cobertura de nuvens nesse período. As imagens foram georreferenciadas no sistema UTM, fuso 22S e DATUM

WGS 1984 (Valle Júnior et al., 2011; Reis et al., 2012) em aplicação computacional de um algoritmo polinomial de 1ª ordem, através da seleção de pontos de controle semelhantes, identificados visualmente tendo como base elementos planimétricos estáveis, conforme descrito por Rivera-Lombardi (2005), e utilizando-se como base imagens ortorretificadas LANDSAT 5 TM de 2010 disponibilizadas por SEPLAN (Tocantins, 2012). O registro de cada uma das imagens foi realizado adotando-se o método de reamostragem do vizinho mais próximo (*Nearest Neighbor*), visando preservar os valores radiométricos da imagem original (Chuvieco, 1996), gerando um erro médio quadrático (RMS – Root Mean Square Error) para o algoritmo utilizado no georreferenciamento menor que 1 pixel (30 m).

A análise temporal dos conflitos de uso do solo das áreas de preservação permanente foi realizada através de interpretação visual dos mosaicos referentes a cada data estudada. De acordo com Rivera-Lombardi (2005),

o uso desse procedimento para extrair a informação temática desejada é considerado o mais adequado, uma vez que os procedimentos de classificação digital geralmente confundem padrões espectrais semelhantes, e essas confusões normalmente geram classificações menos exatas das imagens LANDSAT do que aquelas resultantes da análise visual.

Delimitação das áreas de preservação permanente

Para a delimitação das áreas de preservação permanente da bacia hidrográfica do rio Formoso considerou-se as definições, parâmetros e limites dispostos na Lei 12.651/2012 (Brasil, 2012), atual Código Florestal brasileiro. Para cada situação prevista na Lei que dispõe sobre as APP's, são definidos os limites e dimensões destas (Tabela 1).

Tabela 1. Classes e dimensões das APP's de acordo com o Código Florestal.

Área de preservação permanente	Critério para a delimitação/localização	Extensão da APP
Ao longo dos cursos d'água	Largura do curso d'água (m)	Largura da faixa marginal de APP (m)
	Até < 10	30
	10 a 50	50
	50 a 200	100
	200 a 600	200
	> 600	500
Lagos e lagoas naturais	Área urbana	30
	Área rural com corpo d'água < 20 ha de superfície	50
	Área rural com corpo d'água > 20 ha de superfície	100
Nascentes ou olhos d'água	Área circular ao redor da nascente	Raio da circunferência = 50 m

Adaptado de Brasil (2012).

As APP's de cursos d'água foram amostradas considerando-se os cursos d'água principais de nível hierárquico 4 (Figura 4), segundo método de Otto Pfafstetter (Pfafstetter, 1989).

Com o auxílio de um arquivo vetorial de Ottobacias disponibilizado pela Agência Nacional de Águas, no formato “*shapefile*”, os cursos d'água principais de nível hierárquico 4 foram discriminados e demarcados, bem como os reservatórios da bacia, utilizando-se para isso as imagens LANDSAT 5 em ambiente SIG. Utilizou-se a ferramenta *Buffer* para delimitar as APP's. Para isto foi necessário medir a largura dos cursos d'água a cada trecho, a fim de identificar a largura da APP correspondente. Teixeira & Christofletti (1997) demonstraram que, em SIG, “*Buffer*” significa uma forma de análise de proximidade, onde zonas de uma determinada dimensão são delimitadas em volta de uma feição ou de um elemento geográfico, levando-se em conta um determinado atributo.

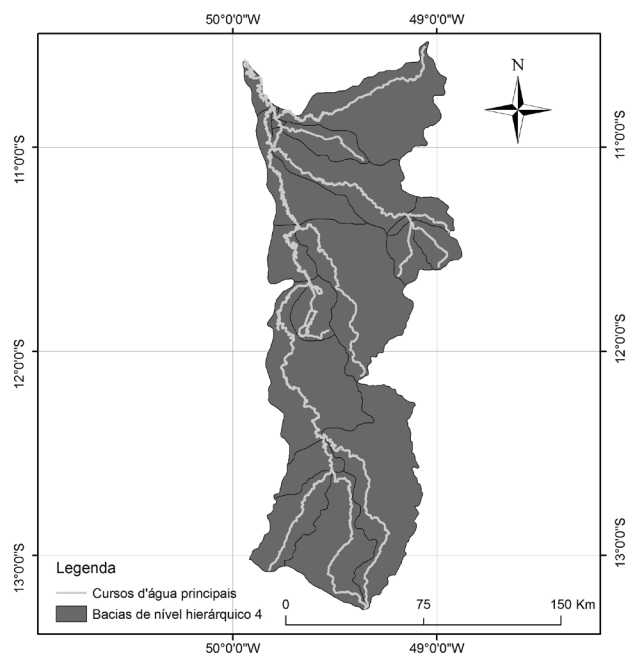


Figura 4. Cursos d'água principais e Ottobacias nível hierárquico 4, segundo método de Otto Pfafstetter.

Para a delimitação dos lagos e reservatórios foram criados polígonos a partir da imagem do satélite LANDSAT 5, sensor TM. Após a criação dos polígonos em ambiente SIG, a localização dos mesmos em área urbana ou rural foi conferida. Para a bacia hidrográfica do rio Formoso, os reservatórios encontrados situavam-se em área rural e estes possuíam área superior a 20 ha. Portanto, seguindo os parâmetros e limites dispostos na legislação, foi aplicada a ferramenta *Buffer* linear com valor de 100 m.

Para a demarcação das nascentes foram identificados os pontos iniciais dos vetores de hidrografia e aplicada a ferramenta *Buffer* circular, para a delimitação das APP's ao redor das nascentes, gerando uma área com raio de 50 m em torno de cada nascente, para atender adequadamente o disposto no Código Florestal (Brasil, 2012).

As áreas antropizadas inseridas em APP's, que caracterizam conflitos de uso do solo, foram vetorizadas manualmente no SIG, tomando-se como referência o mosaico LANDSAT sobreposto ao *shapefile* das APP's anteriormente delimitadas. Observando-se todos os elementos de interpretação visual de imagens (tonalidade/cor, textura, tamanho, forma, sombra, altura, padrão e localização), foram consideradas antropizadas todas as áreas que apresentaram características de solo exposto, corte raso, raleamento, queimadas, estradas e áreas de atividade agropecuária em geral.

O cálculo da taxa de expansão ou retração das áreas de conflito de uso do solo em APP's por município ao longo do rio Formoso foi calculado utilizando-se a equação 1:

$$VE_{ano\ inicial-ano\ final} = \frac{(ATF_{ano\ final} - ATF_{ano\ inicial})}{AMIRF} \quad (1)$$

Onde VE = variação específica entre o ano inicial e final; ATF = área total de conflito de APP na bacia do rio Formoso, no ano inicial e final e AMIRF = área do município inserida na bacia do rio Formoso.

Resultados e discussão

Dos 2.132.857 ha da área de drenagem da bacia do rio Formoso, 24.491,35 ha representam as áreas de APP's amostradas neste estudo, o equivalente a cerca de 1,14% da área total da bacia (Figura 5).

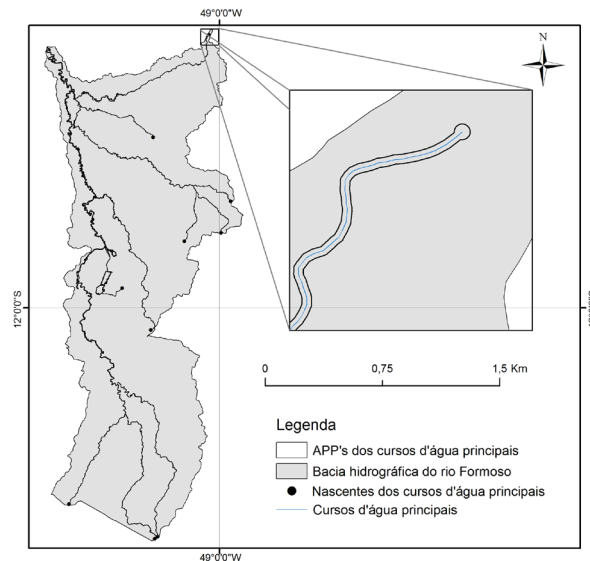


Figura 5. Áreas de preservação permanente delimitadas na bacia do rio Formoso.

Foram amostrados três tipos de APP's, sendo: a) ao longo de cursos d'água; b) lagos e lagoas naturais e c) nascentes. A área de preservação permanente em cursos d'água totalizou 22.770,37 ha, o equivalente a 92,98% da área total de APP's amostrada pelo presente estudo. As APP's de lagos e lagoas totalizaram uma área de 1.713,15 ha, representando 6,99% do total de APP's amostradas e as APP's de nascentes somaram 7,83 ha, representando 0,03% da área total de APP's.

No ano de 1985 a área afetada por ações antrópicas dentro dos limites das APP's amostradas na bacia do rio Formoso totalizou 3.616,48 ha. Em 1998, verificou-se uma redução de 275,23 ha, o que representa um decréscimo de 7,61% em relação a 1985. Em 2011, observou-se um aumento de 4,12 ha (0,12%) em comparação a 1998 (Tabela 2). Portanto, embora tenha ocorrido um aumento em área antropizada no decorrer do período, verificou-se um comportamento de desaceleração do processo antrópico, indicando redução na intensidade das intervenções em APP's.

Tabela 2. Área total de conflitos de uso do solo nas APP's de curso d'água amostradas pelo estudo na bacia do rio Formoso (ATF), número de feições mapeadas (NF), tamanho médio das feições mapeadas (TMF) e percentual das APP's amostradas inseridas em áreas de conflito de uso do solo (PAIC), para os anos de 1985, 1998 e 2011.

	1985	1998	2011
ATF (ha)	3.616,48	3.341,25	3.345,37
NF	1.292,00	1.463,00	1.675,00
TMF (ha)	2,79	2,28	1,99
PAIC (%)	14,77	13,64	13,66

Essa redução das intervenções em APP's verificada entre 1985 e 1998, pode ser justificada pela elaboração e aplicação de uma política e legislação ambiental mais específica e restritiva no Brasil nesse período, com ênfase principalmente na largura da faixa de APP marginal aos cursos d'água, o que contribui efetivamente para a proteção e preservação das APP's. Na sequência, aborda-se as alterações na legislação ambiental brasileira, que sustentam os resultados obtidos por esta pesquisa, de acordo com Trevisan (2009).

Anteriormente ao ano de 1985, no que concerne às áreas de preservação permanente, vigorava-se apenas o descrito nos artigos 2º e 3º da Lei nº 4.771 de 15 de setembro de 1965 (Brasil, 1965), o Código Florestal Brasileiro em vigor no período, os quais dispunham sobre os parâmetros e limites das diferentes classes de APP, bem como suas atribuições. O artigo 2º trata, dentre outros fatores, da largura mínima das faixas marginais em relação aos cursos d'água: definindo 5 m para os rios de menos de 10 m de largura; metade da largura dos cursos com 10 a 200 m de distância entre as margens; e 100 m para todos os cursos com largura superior a 200 m (Brasil, 1965).

A partir de 8 de julho de 1986, conforme estabelecido na Lei nº 7.511 (Brasil, 1986), que altera dispositivos da Lei 4.771, de 15 de Setembro de 1965, houve uma mudança na extensão das faixas de largura das áreas de preservação permanente (APP's) relativas à proteção dos cursos d'água. Estas passaram a ser mais restritivas, aumentando, por exemplo, de 5 para 30 m para cursos d'água com menos de 10 m de largura, e estabelecendo os limites de 50 m para os cursos d'água com 10 a 50 m de largura; 100 m para os cursos d'água entre 50 e 100 m de largura; 150 m para os cursos d'água entre 100

e 200 m de largura; igual à distância entre as margens para os cursos d'água com largura superior a 200 m (Brasil, 1986).

A Lei nº 7.803 de 18 de julho de 1989 (Brasil, 1989b) também contribuiu para essa restrição, pois até então as APP's permaneciam sendo medidas a partir da faixa marginal do curso d'água que se desejava. Se a drenagem deste, estivesse, por qualquer motivo, com seu leito reduzido, a área de preservação seria mensurada a partir deste limite, e não do limite que o leito representasse em circunstâncias normais (Trevisan, 2009). Porém, a partir desta alteração, as APP's passaram a ser demarcadas a partir do limite da drenagem em seu nível mais alto. Além disso, essa lei também alterou a largura das faixas de APP condicionadas a largura dos cursos d'água, dentre alguns outros itens do Art. 2º, definindo ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água desde o seu nível mais alto em: 30 m para os cursos d'água de menos de 10 m de largura; 50 m para os cursos d'água com 10 a 50 m de largura; 100 m para os cursos d'água com 50 a 200 m de largura; 200 m para os cursos d'água com 200 a 600 m de largura; 500 m para os cursos d'água com largura superior a 600 m; um raio mínimo de 50 m de largura para nascentes, ainda que intermitentes e nos chamados "olhos d'água", qualquer que seja a sua situação topográfica; nas bordas dos tabuleiros ou chapadas, a partir da linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 m em projeções horizontais; e em altitude superior a 1.800 m, qualquer que seja a vegetação (Brasil, 1989b).

Outros dispositivos legais que contribuíram para a redução na ocorrência de conflitos de uso do solo em áreas de preservação permanente foram: o parágrafo primeiro do artigo 225 da Constituição Federal de 1988 (Brasil, 1988), o qual dá a todos o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem como o dever de defendê-lo e preservá-lo; a Lei dos Crimes Ambientais (Lei nº 9.605/1998), que dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente (Brasil, 1998); e a Lei nº 7.754,

de 14 de abril de 1989, que rege medidas para proteção das florestas estabelecidas nas nascentes dos rios (Brasil, 1989a). Finalmente, o Código Florestal, Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, lei atualmente vigente, conforme apresentado na Tabela 1 (Brasil, 2012).

Para cada município da bacia do rio Formoso, foram quantificadas as intervenções em APP's por ano analisado. Entretanto, dos 21 municípios, 15 apresentaram APP's com intervenção em seus limites, dentre os quais estão os municípios de Araguaçu, Dueré, Formoso do Araguaia e Lagoa da Confusão, que apresentam sede dentro da bacia, e para os quais se verificou maiores áreas com intervenção em APP's nos três anos analisados.

Estes resultados mostraram que, de maneira geral, as intervenções em APP's foram maiores nos municípios que apresentam sede municipal dentro da área da bacia, dentre os quais, destacaram-se Formoso do Araguaia e Lagoa da Confusão. De acordo com IBGE (2011), residem nestes municípios 18.427 e 10.210 habitantes, respectivamente.

Resultados obtidos por Martins et al. (2011), em trabalho realizado em unidade de conservação estadual do Amazonas, corroboram com os obtidos pelo presente estudo. Estes autores realizaram uma análise multitemporal da antropização e constataram através da distribuição espacial das áreas antropizadas, que a pressão antrópica sofrida pela área de proteção ambiental (APA) foi maior em regiões mais próximas às sedes municipais. De acordo com os autores, a proximidade das áreas protegidas com as sedes dos municípios resulta em maior concentração populacional na região, o que favorece a ocorrência de conflitos de uso do solo nas APP's, em razão da demanda intensificada pelo uso do solo.

De acordo com a Secretaria de Recursos Hídricos e Meio Ambiente do Estado do Tocantins (SRHMA), a região da bacia apresenta cultivo agrícola intenso, concentrado principalmente nos municípios de Formoso do Araguaia e Lagoa da Confusão (Tocantins, 2007). Essa característica da bacia pode ser resultado de um maior agrupamento populacional, devido à presença das sedes municipais, o que intensifica a utilização do solo da região para agricultura, favorecendo a ocorrência de intervenções em APP's.

Como exemplo disso, tem-se no município de Formoso do Araguaia o Projeto de Irrigação Rio Formoso e no município de Lagoa da Confusão, o Projeto Javaés, que juntos totalizam aproximadamente 45.000 ha, onde é cultivado predominantemente arroz irrigado (Santos & Rabelo, 2008). Entretanto, a produção de culturas como soja, feijão, milho e melancia é, também, bastante expressiva nestes dois municípios, pois de acordo com Tocantins (2013a, 2013b), em 2011 a área total plantada foi de 17.755 ha no município de Formoso do Araguaia, e 21.855 ha no município de Lagoa da Confusão.

Outra atividade da região, que propicia a ocorrência de conflitos de uso do solo em APP's é a pecuária extensiva, onde o principal efetivo de rebanhos é bovino. Em 2005, segundo dados da SRHMA (Tocantins, 2007), na bacia do rio Formoso, este rebanho somava 1.529.040 animais. Em 2011, segundo dados de Tocantins (2013a, 2013b), apenas os municípios de Formoso do Araguaia e Lagoa da Confusão totalizaram aproximadamente 317 mil animais, com 217.690 e 99.580, respectivamente, o que indica uma extensa área dedicada a essa prática.

Com o objetivo de se quantificar a taxa de expansão ou retração das áreas de conflito de uso do solo em APP's por município entre 1985 e 2011, calculou-se a variação específica (Tabela 3).

Tabela 3. Área total de conflitos de uso do solo nas APP's de curso d'água amostradas pelo estudo por município em 1985 (ATM₁₉₈₅), 1998 (ATM₁₉₉₈) e 2011 (ATM₂₀₁₁), área do município inserida na bacia do rio Formoso (AMIRF) e variação específica entre 1998 e 2011 (VE₉₈₋₁₁).

Município	AMIRF (km ²)	ATM ₁₉₈₅ (km ²)	ATM ₁₉₉₈ (km ²)	ATM ₂₀₁₁ (km ²)	VE ₉₈₋₁₁ (km ² km ⁻²)
Aliança do Tocantins	709,67	0,82	0,71	0,42	-0,0006
Araguaçu ⁽¹⁾	3.556,08	3,90	4,73	2,29	-0,0005
Cristalândia ⁽¹⁾	880,16	1,06	0,55	0,62	-0,0005
Crixás do Tocantins	342,15	0,03	0,03	0,02	0,0000
Dueré ⁽¹⁾	3.421,28	2,79	2,66	3,73	0,0003
Figueirópolis	1.264,36	0,51	0,53	0,71	0,0002
Formoso do Araguaia ⁽¹⁾	3.769,72	14,48	12,95	13,54	-0,0002
Gurupi	30,62	0,06	0,05	0,03	-0,0010
Lagoa da Confusão ⁽¹⁾	1.278,74	7,77	7,66	9,26	0,0012
Nova Rosalândia	107,40	0,05	0,06	0,06	0,0001
Novo Planalto ⁽¹⁾	76,98	0,23	0,13	0,20	-0,0004
Porangatu	526,89	0,24	0,36	0,18	-0,0001
Sandolândia	990,26	2,82	1,85	1,18	-0,0017
Santa Rita do Tocantins	2.517,68	1,31	0,96	1,16	-0,0001
Talismã	835,51	0,10	0,18	0,04	-0,0001
Total	20.307,48	36,17	33,41	33,45	-0,0034

¹Município com sede inserida na área da bacia do rio Formoso.

Observou-se que a maioria dos municípios apresentou variação específica negativa (Tabela 3), indicando redução na área com intervenções entre 1985 e 2011. Dentre estes, destacaram-se os municípios de Sandolândia, Gurupi e Aliança do Tocantins, que apresentaram as menores taxas. Conforme discussão anterior, esse resultado pode ser atribuído ao aumento do rigor da legislação ambiental ocorrido no mesmo período e possível aumento da fiscalização pelos órgãos ambientais.

Contudo, alguns municípios apresentaram taxa positiva, indicando aumento das intervenções em APP's ao longo dos 26 anos. Nesse contexto, o município de Lagoa da Confusão se destacou acentuadamente dos demais, com 0,0012 km² km⁻². A justificativa para esse resultado associa-se à expressiva expansão agrícola ocorrida em Lagoa da Confusão no período, em vista principalmente dos solos e relevo aptos para culturas anuais, bem como da disponibilidade hídrica para condução de culturas irrigadas, com destaque para o arroz

(Tocantins, 2007; Santos & Rabelo, 2008). Conforme Tocantins (2013b), em 2010 o setor agropecuário foi responsável por 71,6% da arrecadação municipal, crescimento de 15% em relação ao ano anterior, com destaque para o cultivo de arroz e a criação de bovinos.

Os municípios da bacia do rio Formoso utilizam os recursos hídricos principalmente para irrigação (98,7%), dessedentação animal (1,10%) e abastecimento público (0,16%) (Tocantins, 2007). A atividade agropecuária desenvolvida na região carece da adoção de práticas de conservação dos solos e respeito aos limites impostos pela legislação ambiental. Um possível reflexo direto da não adesão dessas práticas seria a degradação qualitativa e quantitativa dos recursos hídricos, em virtude do assoreamento, processos erosivos, elevação da turbidez da água, erosão das margens dos cursos d'água, entre outros.

De acordo com o Plano da bacia hidrográfica do rio Formoso (Tocantins, 2007), há predominância de áreas com cobertura vegetal nativa na bacia. Porém, foram

observadas formas de apropriação bem marcadas pelas práticas agropecuárias, o que reforça os resultados obtidos neste estudo, sugerindo que estas práticas sejam as principais responsáveis pela pressão antrópica sofrida pelas APP's amostradas para a região da bacia do rio Formoso.

Estudos desenvolvidos por Casarin et al. (2008), Gonçalves (2009), Rodrigues et al. (2009), Vanzela et al. (2010), Lana (2011), Melo & Lima (2011), Soares et al. (2011), Pinto & Rossete (2012) e Pessoa et al. (2013) corroboram com os resultados obtidos pelo presente estudo, pois mostram que o uso e ocupação do solo, principalmente com atividades agropecuárias, têm promovido conflitos de uso, que, por sua vez, causam inúmeros impactos quando se trata de conservação dos recursos hídricos, uma vez que a redução da mata ciliar impede que esta desempenhe suas funções ambientais, reduzindo a disponibilidade e a qualidade da água na bacia. Além disso, esses autores também mostraram que o SIG aliado ao sensoriamento remoto, constitui importante ferramenta que auxilia o cumprimento do Código Florestal Brasileiro em relação às APP's, viabilizando o monitoramento e gestão de bacias hidrográficas.

No contexto deste estudo, reforça-se a necessidade de desenvolvimento de pesquisas no intuito de fornecer informações que subsidiem a preservação das APP's, tendo-se em vista o importante papel que estas desempenham nas bacias hidrográficas, especialmente no tocante às matas ciliares, visto que estas atuam diretamente em importantes processos para a estabilidade da bacia, manutenção da qualidade e da quantidade dos recursos hídricos, ciclagem de nutrientes, manutenção do ecossistema aquático, corredor ecológico, banco de sementes, entre outros (Lima, 2008).

Conclusões

As APP's avaliadas para a bacia do rio Formoso apresentam intervenções ocorrendo em seus limites nas três datas analisadas.

O diagnóstico da análise temporal indica uma desaceleração do processo antrópico, uma vez que para a grande maioria dos municípios observa-se redução das intervenções, atribuída, principalmente, a melhorias na legislação ambiental, realizadas no decorrer do período analisado.

A análise temporal indica também que alguns municípios apresentam aumento das intervenções em APP's, como é o caso do município de Lagoa da Confusão, que apresenta características propícias ao cultivo agrícola, o que favorece a expansão das áreas plantadas, bem como a abertura de novas áreas.

Referências

- ABRAMS, M.; BAILEY, B.; TSU, H.; HATO, M. The ASTER global DEM. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, Bethesda, n. 4, p. 344-348, 2010.
- BOLFE, E. L.; BOLFE, A. P. F.; SIQUEIRA, E. R. Dinâmica do uso e ocupação do solo: subsídio à recuperação de áreas degradadas em Japarutuba, SE. **Geomática**, Santa Maria, RS, n. 1/2, p. 13-29, 2008.
- BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988. 292 p.
- BRASIL. Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, seção 1, p. 9.913, 16 set. 1965. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/14771.htm>. Acesso em: 19 maio 2014.
- BRASIL. Lei nº 7.511, de 07 de julho de 1986. Altera dispositivos da Lei 4.771, de 15 de Setembro de 1965, que institui o novo Código Florestal, **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 8 jul. 1986. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/17511.htm>. Acesso em: 19 mai. 2014.
- BRASIL. Lei nº 7.754, de 14 de abril de 1989. Estabelece medidas para proteção das florestas existentes nas nascentes dos rios e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 18 abr. 1989a. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L7754.htm>. Acesso em: 10 set. 2013.
- BRASIL. Lei nº 7.803, de 18 de julho de 1989. Altera a redação da Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e revoga as Leis nº 6.535, de 15 de julho de 1978 e 7.511, de 7 de julho de 1986. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 20 jul. 1989b. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/17803.htm>. Acesso em: 19 maio 2014.
- BRASIL. Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, n. 31, p. 25, 13 fev. 1998. Retificado em 17 fev. 1998. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9605.htm>. Acesso em: 15 set. 2013.
- BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Institui o Novo Código Florestal Brasileiro. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, v. 149, n. 102, p. 1-10, 25 maio 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/12651.htm>. Acesso em: 15 maio 2013.

- CASARIN, R.; NEVES, S. M. A.; NEVES, R. J. Uso da terra e qualidade da água da bacia hidrográfica Paraguai/Jauquara-MT. **Revista Geográfica Acadêmica**, Boa Vista, v. 2, n. 1, p. 33-42, 2008.
- CAVALLARI, R. L.; TAMAE, R. Y.; ROSA, A. J. A importância de um sistema de informações geográficas no estudo de microbacias hidrográficas. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, v. 6, n. 11, jun. 2007.
- CHUVIECO, E. **Fundamentos de teledetección espacial**. Madrid: Rialp, 1996. 568 p.
- ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE. **ArcGIS 9: getting started with ArcGIS**. Redlands, 2004. 265 p.
- GONÇALVES, A. B. **Delimitação automática das áreas de preservação permanente e identificação dos conflitos de uso da terra na sub-bacia hidrográfica do rio Camapuã/Brumado**. 2009. 57 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- GUIMARÃES, N. A.; PENHA, J. W. Mapeamento das áreas de risco de inundação com a utilização do modelo digital de elevação hidrologicamente consistente: estudo de caso em Muriaé-MG. **Revista Agrogeoambiental**, Inconfidentes, n. 2, p. 46-52, 2009.
- IBGE. **Censo demográfico 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br>>. Acesso em: 10 jun. 2014.
- LANA, V. M. **Unidades de conservação e áreas de preservação Permanente: estudo de caso para a bacia do rio São Francisco**. 2011. 119 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- LIMA, W. P. **Hidrologia florestal aplicada ao manejo de bacias hidrográficas**. Piracicaba: Ed. da ESALQ, 2008. 253 p.
- MAGALHÃES, C. S.; FERREIRA, R. M. Áreas de preservação permanente em uma microbacia. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, n. 207, p. 33-39, 2000.
- MARTINS, M. H. B.; COSTA, L. A.; OLIVEIRA, M. A. F.; MENDES-PINTO, T. J. Análise multitemporal da antropização da área de proteção ambiental da margem direita do rio Negro, setor Paduari-Solimões. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15., 2011, Curitiba. **Anais...** São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2011. p. 4519-4525.
- MELO, J. A. B.; LIMA, E. R. V. Diagnóstico geoambiental em microbacia hidrográfica do semiárido brasileiro, a partir do uso de geotecnologias. **Revista de Geografia**, Recife, n. 1, p. 134-148, 2011.
- MOREIRA, A. A.; SOARES, V. P.; RIBEIRO, J. C.; SILVA, E.; RIBEIRO, C. A. A. S. Determinação de áreas de preservação permanente em uma microbacia hidrográfica a partir de fotografias aéreas de pequeno formato. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 11., 2003, Belo Horizonte. **Anais...** São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2003. p. 1381-1389.
- PESSOA, S. P. M.; GALVANIN, E. A. S.; NEVES, S. M. A. S.; KREITLOW, J. P. Análise espaço-temporal do uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do rio do Bugres - Mato Grosso, Brasil. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, n. 17, p. 162-174, 2013.
- PFAFSTETTER, O. **Classificação de bacias hidrográficas: metodologia de codificação**. Rio de Janeiro: Departamento Nacional de Obras de Saneamento, 1989. 19 p.
- PINTO, C. E. T.; ROSSETTE, A. N. Mapeamento dos conflitos no uso da terra em áreas de preservação permanente na microbacia hidrográfica do córrego Capitão Décio, Nova Xavantina – MT. **Ciência e Natura**, Santa Maria, RS, v. 34, n. 2, p. 139-155, jul. 2012. DOI: 10.5902/2179460X9346.
- REIS, A. A.; TEIXEIRA, M. D.; ACERBI JÚNIOR, F. W.; MELLO, J. M.; LEITE, L. R.; SILVA, S. T. Análise do uso e ocupação da terra em áreas de preservação permanente no município de Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 36, n. 3, p. 300-308, mai./jun. 2012. DOI: 10.1590/S1413-70542012000300005.
- RIBEIRO, C. A. A. S.; SOARES, V. P.; OLIVEIRA, A. M. S.; GLERIANI, J. M. O desafio da delimitação de áreas de preservação permanente. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 29, n. 2, p. 203-212, mar./abr. 2005. DOI: 10.1590/S0100-67622005000200004.
- RIVERA-LOMBARDI, R. J. **Estudo da recorrência de queimadas e permanências de cicatrizes do fogo em áreas selecionadas do cerrado brasileiro, utilizando imagens TM/Landsat**. 2005. 174 f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos.
- RODRIGUES, F. M.; PISSARRA, T. C. T.; CAMPOS, S. Análise temporal do uso e ocupação do solo na microbacia hidrográfica do córrego da fazenda Glória, município de Taquaritinga, SP. **Irriga**, Botucatu, n. 3, p. 314-324, 2009.
- ROMAGNOLI, I.; PIROLI, E. L.; ZANATA, J. M.; GIMENES, G. R. Geoprocessamento aplicado na análise do uso da terra das áreas de preservação permanente dos corpos d'água da microbacia do rio da Prata-SP. **Revista Geonorte**, Manaus, n. 4, p. 1519-1527, 2012.
- SANTOS, A. B.; RABELO, R. R. **Informações técnicas para a cultura do arroz irrigado no Estado do Tocantins**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2008. 136 p. (Documentos/Embrapa Arroz e Feijão, 218). Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/216530/1/doc218.pdf>>. Acesso em: 14 maio 2014.
- SOARES, V. P.; MOREIRA, A. A.; RIBEIRO, C. A. A. S.; GLERIANI, J. M.; GRIPP JUNIOR, J. Mapeamento de áreas de preservação permanentes e identificação dos conflitos legais de uso da terra na bacia hidrográfica do ribeirão São Bartolomeu - MG. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 35, n. 3, p. 555-563, mai./jun. 2011. DOI: 10.1590/S0100-67622011000300018.
- TEIXEIRA, A. L. A.; CHRISTOFOLETTI, A. **Sistema de informações geográficas: dicionário ilustrado**. São Paulo: Hucitec, 1997. 244 p.
- TOCANTINS. Secretaria de Recursos da Infra Estrutura. **Elaboração do plano estadual de recursos hídricos do Tocantins**. Palmas, TO, 2009. 251 p. Disponível em: <<http://semades.to.gov.br/conteudo/elaboracao-do-perh/392>>. Acesso em: 10 ago. 2014.
- TOCANTINS. Secretaria de Recursos Hídricos e Meio Ambiente. **Plano de bacia hidrográfica do rio Formoso – PBH Rio Formoso, no Estado do Tocantins**: relatório síntese. Palmas, TO: SRHMA, 2007. 70 p. Disponível em: <central2.to.gov.br/arquivo/31/213>. Acesso em: 19 maio 2013.

TOCANTINS. Secretaria do Planejamento e da Modernização da Gestão Pública. **Base de dados geográficos do Tocantins**: versão 2012. Palmas, TO, 2012. Disponível em: <<http://www.seplan.to.gov.br/Portal/governo/geo/bases-vetoriais>>. Acesso em: 11 abr. 2013.

TOCANTINS. Secretaria do Planejamento e da Modernização da Gestão Pública. **Perfil socioeconômico dos municípios do Tocantins**: Formoso do Araguaia. Palmas, TO, 2013a. 29 p. Disponível em: <http://www.seplan.to.gov.br/Arquivos/download/Municipios_Perfil_2013/Formoso_do_Araguaia.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2014.

TOCANTINS. Secretaria do Planejamento e da Modernização da Gestão Pública. **Perfil socioeconômico dos municípios do Tocantins**: Lagoa da Confusão. Palmas, TO, 2013b. 29 p. Disponível em: <http://www.seplan.to.gov.br/Arquivos/download/Municipios_Perfil_2013/Lagoa_da_Confusao.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2014.

TREVISAN, G. V. **Análise da cobertura da terra em áreas de preservação permanente em Rondônia**: avaliação com imagens de videografia e do sensor TM. 2009. 151 f. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos.

VALLE JÚNIOR, R. F.; FERREIRA, A. F.; CHAVES, L. H.; ABDALA, V. L. Diagnóstico das áreas de preservação permanente na bacia hidrográfica do rio Tijuco, Prata - MG, utilizando tecnologia SIG. **Global Science and Technology**, v. 4, n. 1, p. 105-114, jan. 2011.

VANZELA, L. S.; HERNANDEZ, F. B. T.; FRANCO, R. A. M. Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do córrego Três Barras, Marinópolis. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 1, p. 55-64, jan. 2010. DOI: 10.1590/S1415-43662010000100008.

