



FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE PALMAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

**ANÁLISE DA COBERTURA DA TERRA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO
RIBEIRÃO ÁGUA FRIA, NO MUNICÍPIO DE PALMAS-TO, COM ENFÂSE NAS
ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTES MARGINAIS**

JULIANA DA COSTA SANTOS

PALMAS
2016

JULIANA DA COSTA SANTOS

**ANÁLISE DA COBERTURA DA TERRA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO
RIBEIRÃO ÁGUA FRIA, NO MUNICÍPIO DE PALMAS-TO, COM ENFÂSE NAS
ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTES MARGINAIS**

Orientador: Prof. Dr. Girlene Figueiredo
Maciel

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Tocantins, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, para a obtenção do Título de Mestre em Engenharia Ambiental.

PALMAS
2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

S237a Santos, Juliana da Costa.

Análise da cobertura da terra da bacia hidrográfica do ribeirão Água Fria, no município de Palmas-TO, com ênfase nas Áreas de Preservação Permanente Marginais. / Juliana da Costa Santos. – Palmas, TO, 2016.

76 f.

Dissertação (Mestrado Profissional) - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Palmas - Curso de Pós-Graduação (Mestrado) Profissional em Engenharia Ambiental, 2016.

Orientador: Gilene Figueiredo Maciel

1. Recursos hídricos. 2. Bacia hidrográfica. 3. Áreas de Preservação Permanente. 4. Sensoriamento remoto. I. Título

CDD 628

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizada desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

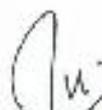
FOLHA DE APROVAÇÃO

JULIANA DA COSTA SANTOS

ANÁLISE DA COBERTURA DA TERRA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO ÁGUA FRIA, NO MUNICÍPIO DE PALMAS – TO, COM ÊNFASE NAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTES MARGINAIS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Nível Mestrado Profissional, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental. A presente dissertação foi aprovada pela Banca Examinadora composta pelos membros abaixo relacionados:

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Girlene Figueiredo Maciel
Universidade Federal do Tocantins (Presidente)



Prof. Dr. Ricardo Ribeiro Dias
Universidade Federal do Tocantins



Prof. Dr. Lucas Barbosa e Souza
Universidade Federal do Tocantins

Aprovada em: 15 de março de 2016
Local de defesa: Sala 40 do bloco III
Universidade Federal do Tocantins, Campus Universitário de Palmas

DEDICO

Aos meus alicerces,
Bartolomeu e Maria Eliene,
pelo amor incondicional.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente e sempre, a Deus, por enternecer minhas inquietações e atender aos meus pedidos, concedendo-me a paz e a força necessárias ao cumprimento desta missão.

Aos meus pais, razões primordiais do meu empenho, friso entre os motivos de minha gratidão cada segundo de zelo, paciência e carinho, a fé no meu potencial e todos os seus sonhos pausados em troca da educação dos seus privilegiados filhos.

Aos meus irmãos, Danilo e Gustavo, pela motivação e carinho.

Ao meu orientador, Prof.º Girlene Maciel, pela paciência, preocupação e tempo concedido no decorrer destes anos.

Aos amigos e colegas que acompanharam esta etapa, em especial a Thays Marinho, Dyhana Marinho, Carla Madeira, Erton Inácio, Aryana Penno, Mário Borges e a Flávia Marcolini.

Ao corpo técnico e docente do Mestrado Profissional em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Tocantins, pelo auxílio e conhecimento compartilhado.

*“Feliz aquele que transfere o que sabe e
aprende o que ensina.”*

Cora Coralina

RESUMO

SANTOS, J. C. ANÁLISE DA COBERTURA DA TERRA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO ÁGUA FRIA, NO MUNICÍPIO DE PALMAS-TO, COM ENFÂSE NAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTES MARGINAIS. 2016, 76p. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia Ambiental). Universidade Federal do Tocantins, Palmas, TO.

A crescente necessidade de exploração dos recursos naturais, em detrimento do consumismo desenfreado, promove óbices na preservação do meio. Os aspectos qualitativos e quantitativos da água, como um recurso vital ao nosso desenvolvimento e sobrevivência, dependem de diversos fatores do ambiente, como geologia, vegetação, solos, clima e da ação antrópica. A bacia hidrográfica, na sua incumbência de produzir de água, possui as Áreas de Preservação Permanente (APPs) como aliadas na conservação dos corpos hídricos e o instrumento legal, que preceitua acerca da proteção da vegetação nativa, orientando quanto à delimitação da APPs, trata-se do Código Florestal, instaurado pela Lei n.º 12.651/12. A Bacia Hidrográfica do Ribeirão Água Fria (BHAF) tem apresentando decrescentes valores de vazão na estação seca e sofrido alterações no seu uso e ocupação do solo, em decorrência do processo de urbanização do município de Palmas-TO. Neste sentido, o presente estudo buscou avaliar a ocupação da terra da supracitada bacia, enfatizando nas suas Áreas de Preservação Permanente Marginais (APPMs), por meio de imagens do satélite Landsat 5 dos anos de 1991, 2004 e 2011, com o intuito de identificar conflitos que possam se contrapor a função da bacia de preservar os recursos hídricos. A classificação das imagens ocorreu pelo modo supervisionado, no qual foram estabelecidas as classes área urbana construída, vegetação nativa, agropecuária, corpos d'água e solo exposto, e o método de classificação utilizado denomina-se Máxima Verossimilhança. Os resultados obtidos apontaram para a predominância da classe vegetação nativa na área no decorrer dos anos em estudo, variando de 64,89% a 67,6%, bem como para a ocorrência de classes de uso indevido nas Áreas de Preservação Permanente delimitadas, representadas pelas classes de agropecuária, área urbana construída e solo exposto, que corresponderam nos anos de 1991, 2004 e 2011 às proporções de 11,74%, 14,43% e 16,21%, respectivamente, apontando para a necessidade de ações de fiscalização e monitoramento dos órgãos públicos competentes.

Palavras-Chave: urbanização, corpos hídricos, vegetação nativa, delimitação de áreas de preservação.

ABSTRACT

SANTOS, J. C. ANALYSIS OF THE COVERAGE OF EARTH BASIN RIBEIRÃO ÁGUA FRIA, IN THE MUNICIPALITY OF PALMAS -TO, WITH EMPHASIS ON PERMANENT PRESERVATION AREAS OF MARGINAL. 2016, 76p. Dissertation (Master in Environmental Engineering). Federal University of Tocantins, Palmas, TO.

The growing need for the exploitation of natural resources, to the detriment of rampant consumerism, promotes obstacles on the preservation of the environment. The qualitative and quantitative aspects of water, as a vital resource to our development and survival, depend on several factors of medium, as geology, vegetation, soil, climate and the anthropic action. The watershed, in its task of producing water, has the Areas of Permanent Preservation (APP) as allies in the conservation of water bodies and the legal instrument that a detainee about the protection of native vegetation, guiding for delimitation of APPs, this is the Forest Code, introduced by Law 12.651/12. The Basin Ribeirão Água Fria (BHAP) has presenting decreasing flow values in the dry season and suffered changes in its use and occupation of the soil, due to the process of urbanization of the municipality of Palmas. In this sense, the present study sought to evaluate the land occupation of the above basin, emphasizing in its Marginal Areas of Permanent Preservation (APPMs) through satellite images Landsat 5 the years 1991, 2004 and 2011, in order to identify conflicts that may counteract the function of the basin to preserve water resources. The classification of images was supervised by the way in which they were established classes built urban area, native vegetation, agriculture, water bodies and exposed soil, and the classification method used is called Maximum Likelihood. The results pointed to the predominance of native vegetation class in the area over the years under study, ranging from 64.89 % to 67.6 % , as well as the occurrence of misuse classes in Permanent Preservation Areas defined , represented the agricultural classes , built urban areas and bare soil , which corresponded in 1991 , 2004 and 2011 the proportion of 11.74 % , 14.43% and 16.21 % , respectively , indicating the need for surveillance practices and monitoring of public agencies .

Keywords: urbanization, water bodies, native vegetation, delimitation of areas of preservation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema do ecossistema ripário	27
Figura 2 - Localização da Bacia Hidrográfica do ribeirão Água Fria, no município de Palmas/TO	28
Figura 3 - UCM's, APA, Parque Estadual e área urbana localizadas no domínio da BHAF ...	29
Figura 4 - Classificação dos Solos da BHAF	31
Figura 5 - Fitoecologia da BHAF	32
Figura 6 - Ambientes geológicos da BHAF	34
Figura 7 - Unidades Geomorfológicas da BHAF	35
Figura 8 - Crescimento populacional do município de Palmas	36
Figura 9 - Dados de vazão para o ribeirão Água Fria nos meses de julho a setembro, de 2001 a 2012	38
Figura 10 – Projeto TOPODATA: (a) Localização da folha referente à área de estudo; (b) Dados disponíveis para a folha 10S495.....	40
Figura 11 - Fluxograma das etapas desenvolvidas na geração da rede de drenagem e delimitação da bacia	40
Figura 12 - Sequência de etapas para obtenção de rede de drenagem com informações de topologia no <i>ArcGis</i> por intermédio das ferramentas <i>ArcHydro</i> : (a) Modelo Digital de Elevação; (b) Direção de fluxo; (c) Identificação de vazios; (d) Correção de vazios; (e) Correção da direção de fluxo; (f) Fluxo acumulado; (g) Geração da rede de drenagem; (h) Vetorização da rede de drenagem e (i) Delimitação da bacia de interesse.....	41
Figura 13 - Delimitação obtida para um trecho do corpo hídrico e observação da largura na área de estudo	43
Figura 14 - Dinâmica do uso e ocupação do solo da BHAF nos anos de 1991, 2004 e 2011..	52
Figura 15 - Dinâmica do uso e ocupação do solo das APPMs nos anos de 1991, 2004 e 2011	56
Figura 16 - Dinâmica da cobertura da terra da BHAF nos anos de 2011 e 2015	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características das bandas do TM Landsat 5	17
Tabela 2 - Área absoluta e relativa das unidades ambientais localizadas na bacia hidrográfica do ribeirão Água Fria.....	30
Tabela 3 - Quantificação das classes de uso e ocupação do solo da BHAF no ano de 1991 ...	46
Tabela 4 - Quantificação das classes de uso e ocupação do solo da BHAF no ano de 2004 ...	48
Tabela 5 - Quantificação das classes de uso e ocupação do solo da BHAF no ano de 2011 ...	50
Tabela 6 - Quantificação das classes de uso e ocupação do solo das Áreas de Preservação Permanente Marginais da BHAF no ano de 1991	54
Tabela 7 - Quantificação das classes de uso e ocupação do solo das Áreas de Preservação Permanente Marginais da BHAF no ano de 2004	55
Tabela 8 - Quantificação das classes de uso e ocupação do solo das Áreas de Preservação Permanente Marginais da BHAF no ano de 2011	55
Tabela 9 - Quantificação das classes de uso e ocupação do solo da BHAF no ano de 2015 ...	57
Tabela 10 - Quantificação das classes de uso e ocupação do solo das Áreas de Preservação Permanente Marginais da BHAF no ano de 2015	59

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional das Águas
APA	Área de Proteção Ambiental
APPMs	Áreas de Preservação Permanente Marginais
APPs	Áreas de Preservação Permanente
BHAF	Bacia Hidrográfica do Ribeirão Água Fria
Conama	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DGI	Divisão de Geração de Imagens
DPI	Divisão de Processamento de Imagens
Embrapa	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Gesto	Gestão de Unidades de Conservação do Estado do Tocantins
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INDE	Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
MDE	Modelo Digital de Elevação
PEL	Parque Estadual do Lajeado
Saneatins	Companhia de Saneamento do Tocantins
Seplan	Secretaria de Planejamento do Estado do Tocantins
SIGs	Sistemas de Informações Geográficas
SRTM	Missão Topográfica <i>Radar Shuttle</i>
TM	<i>Thematic Mapper</i>
UCMs	Unidades de Conservação Municipal
USGS	<i>United States Geological Survey</i>

SUMÁRIO

RESUMO	VI
ABSTRACT	VII
LISTA DE FIGURAS	VIII
LISTA DE TABELAS	IX
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	X
1 – INTRODUÇÃO.....	12
2 – OBJETIVO(S)	15
2.1 - Objetivo Geral.....	15
2.2 - Objetivo(s) Específico(s).....	15
3 – REVISÃO DE LITERATURA	16
3.2 – Sensoriamento Remoto: ferramenta de análise ambiental.....	16
3.1 – Bacias Hidrográficas: unidade de planejamento	18
3.3 – Uso e Ocupação do Solo de Bacias Hidrográficas e APPs.....	19
3.4 – Áreas de Preservação Permanente.....	21
3.4.1 - Áreas de Preservação Permanente Marginais	25
3.4.1.1 – Funções das Áreas de Preservação Permanente Marginais	26
4 - MATERIAL E MÉTODOS	28
4.1 – Área de estudo	28
4.1.1 – Localização e dimensão da área de estudo	28
4.1.2 – Pedologia	30
4.1.3 – Vegetação	32
4.1.4 – Geologia	33
4.1.5 – Geomorfologia.....	34
4.1.6 – Clima	35
4.1.7 – Biodiversidade	36
4.1.8 – Caracterização Socioeconômica	36
4.2 – Materiais	38
4.2.1 – Sistema de Informações Geográficas – SIG	38
4.2.2 – Imagens de Satélites	38
4.2.3 Bases vetoriais	39
4.2.4 Modelo Digital de Elevação – MDE	39
4.3 Procedimentos Metodológicos	40
4.3.1 Geração da rede de drenagem e delimitação automática da bacia	40
4.3.2 Correção geométrica e atmosférica das imagens.....	42
4.3.3 Delimitação das Áreas de Preservação Permanente Marginais.....	43
4.3.4 Definição das classes de cobertura da terra	44
4.3.5 Análise do uso e identificação de conflitos	45
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
5.1 Cobertura da terra da BHAF em 1991	46
5.2 Cobertura da terra da BHAF em 2004.....	48
5.3 Cobertura da Terra da BHAF em 2011	50
5.4 Evolução da Cobertura da Terra da BHAF	52
5.5 Evolução da Cobertura da Terra das Áreas de Preservação Permanente Marginais da BHAF	54
5.6 Cobertura da terra da BHAF em 2015	57
6 – CONCLUSÃO.....	60
REFERÊNCIAS	61
APÊNDICE	68

1 – INTRODUÇÃO

Nosso atual modelo de desenvolvimento econômico, embasado em um consumismo irracional, denota incongruência com a conservação dos nossos recursos naturais. É nítida a imprescindibilidade de mensurar a sustentabilidade das nossas ações, atentar sobre o quanto somos responsáveis pela crise ambiental que nos cerca e adotar práticas de monitoramento e gestão dos nossos recursos.

Dentre esses recursos, a água destaca-se por sua vitalidade a nossa sobrevivência, sendo um fator limitante para o desenvolvimento urbano, industrial e agrícola (HESPANHOL, 2008). É evidente o surgimento, cada vez mais frequente, de eventos críticos e alterações que promovem sua escassez, bem como do seu potencial em desencadear conflitos e desequilíbrios sociais, políticos e econômicos, mediante qualquer privação de seus múltiplos usos.

O desencadear da crise hídrica na região Sudeste do nosso país, produto da incompatibilidade entre a disponibilidade e a demanda do recurso, pode ser tratar de uma oportunidade para reformularmos nosso modelo de gestão de água. Embora as alterações climáticas sejam ressaltadas como o principal agravante da situação, outros fatores devem ser enfatizados, como a má qualidade das águas dos rios em razão da contaminação por esgoto doméstico, desmatamento e ocupação em áreas de mananciais e falta de articulação e de ações consistentes na governabilidade dos recursos hídricos (TUNDISI, 2008; CAPOBIANCO; JACOBI, 2014; JACOBI et al., 2015; TUCCI, 2015).

TUCCI (2015) destaca que é evidente que um cenário de seca como o atual leva ao racionamento e gestão da escassez, o problema é o seu agravamento pela falta de medidas preventivas de resiliência, que permitam reduzir os impactos.

Com a função precípua de produzir água, a bacia hidrográfica abrange diversos tributários que convergem para um curso principal. A qualidade e quantidade de água em qualquer ponto do curso hídrico reflete a influência de fatores como geologia, vegetação, solos, clima e, singularmente, do homem (BRICKER; JONES, 1995 apud SHRESTHA; KAZAMA, 2007; PINTO et al., 2004), por meio das diversas alterações que provoca no meio, adequando-o as suas necessidades, sem considerar, por muitas vezes, a relevância dos serviços ambientais prestados pela natureza.

A ação antrópica pode provocar transformações significativas no sistema hidrológico de uma bacia hidrográfica. A ocupação das terras, o desmatamento, o avanço das fronteiras agrícolas e a urbanização modificam a dinâmica hidrológica ao promoverem alterações nas

características de cobertura e perfil do solo, o que pode resultar em prejuízos diversos, como erosão, assoreamento e enchentes. O uso da terra, com alteração da cobertura vegetal, e introdução de superfícies impermeáveis diminui a infiltração e reduz a superfície de retenção, interferindo na recarga do lençol freático e afetando a produção de água na bacia (TUCCI, 2002; LIMA, 2008; COUTINHO et al., 2013).

Segundo Lima (2008), a conservação da água não pode ser conseguida independentemente da conservação dos outros recursos naturais, pois o comportamento da fase terrestre do ciclo hidrológico reflete diretamente as condições e os tipos de uso dos terrenos.

As Áreas de Preservação Permanente (APPs) que margeiam os cursos d'água contribuem de forma substancial à manutenção e preservação dos corpos hídricos, dentre algumas de suas funções, pode-se citar sua atuação como filtro contra a contaminação por meio de agrotóxicos e fertilizantes, contribuição para a retenção hídrica do solo e subsolo, ação na contenção dos processos erosivos e assoreamento dos rios e suporte a conservação de espécies (RESENDE et al., 1996).

O Código Florestal, instaurado pela Lei n.º 12.651/12, normatiza acerca da proteção da vegetação nativa, orientando quanto à delimitação da APPs. Em geral, a revisão do Código, no decorrer dos anos, promoveu um acréscimo nas restrições de uso das terras, entretanto persistiram as impropriedades na sua aplicação e efetividade. Tal discrepância entre o instrumento legal e o seu eficaz cumprimento tornou-se razão de negociações políticas visando alterações na lei e valoração de argumentos para menores restrições, sendo uma das justificativas comumente utilizadas que as supracitadas restrições impedem o franco desenvolvimento do setor agropecuário (ALSTON; MULLER, 2008; MIRANDA et al., 2008).

Segundo Ribeiro et al. (2005), a inexistência de demarcação oficial das áreas das APPs é um dos fatores que facilitam o descumprimento da legislação que as criou, levando à ocupação e à utilização ilegal dessas áreas.

A bacia do ribeirão Água Fria está inserida, em sua maior parte, na zona rural do município de Palmas, capital do estado do Tocantins, em uma área circunvizinha ao seu plano diretor, contribuindo para o abastecimento público da região e compartilhando das consequências de seu intenso processo de urbanização, principalmente no que concerne a evolutivas alterações no uso e ocupação do solo e, nos últimos anos, o manancial tem apresentando decrescentes valores de vazão no período da estação seca, consoante dados de monitoramento de vazão da Companhia de Saneamento do Tocantins - Saneatins.

As bacias hidrográficas mais impactadas, em relação à qualidade e disponibilidade da água, são aquelas que sofrem processo de ocupação acelerada e sem planejamento. As bacias hidrográficas em fase de urbanização se tornam propícias à ocorrência de transformações, tais como: alterações qualitativas da paisagem e degradação ambiental. A intensidade desse processo pode acarretar na geração de significativos impactos ambientais nesta unidade natural (CHAVES; SANTOS, 2009; GUIMARÃES; PENHA, 2009).

Diante desta realidade, torna-se necessário a obtenção de dados que constituam um alicerce ao adequado planejamento da região, compatibilizando o desenvolvimento com a proteção dos recursos hídricos e preservação da cobertura vegetal.

Ferreira (2006) afirma que o estudo temporal do uso e ocupação das terras constitui um importante passo para o entendimento da relação entre o homem e o meio físico, possibilitando estimar consequências futuras.

Neste sentido, os Sistemas de Informações Geográficas – SIGs e o Sensoriamento Remoto se tornaram valiosas ferramentas de mapeamento e monitoramento das alterações do espaço geográfico. As informações geradas pelas supracitadas ferramentas podem contribuir na tomada de decisões sobre os problemas urbanos, rurais e ambientais do nosso país, sanando possíveis carências de dados, sobretudo se baseadas em tecnologias não onerosas, em que o conhecimento seja adquirido no mesmo local (CÂMARA et al., 2001).

Mediante esta premissa, o presente estudo possui como intuito analisar a cobertura das terras das APPs dos corpos hídricos e nascentes da bacia do ribeirão Água Fria, nos anos de 1991, 2004 e 2011, por meio da utilização de imagens do satélite Landsat 5, permitindo o reconhecimento de possíveis conflitos na ocupação das APPs, que possam se contrapor a uma de suas principais funções, o papel substancial de preservar os recursos hídricos.

2 – OBJETIVO(S)

2.1 - Objetivo Geral

Analisar a cobertura das terras das APPs dos corpos hídricos e nascentes da bacia do ribeirão Água Fria, nos anos de 1991, 2004 e 2011, por meio da utilização de imagens do satélite Landsat 5, e caracterizar os possíveis conflitos na ocupação das APPs, que possam se contrapor a uma de suas principais funções, o papel substancial de preservar os recursos hídricos.

2.2 - Objetivo(s) Específico(s)

- Delimitar automaticamente a rede de drenagem e bacia hidrográfica do ribeirão Água Fria, a partir do Modelo Digital de Elevação (MDE) do terreno.
- Mapear a cobertura da terra da bacia nos supracitados anos;
- Realizar comparativo quanto à evolução espacial e temporal das áreas mapeadas, determinando quais substituições ocorreram no uso das terras da bacia e de suas APPs dos corpos hídricos e nascentes;
- Refletir sobre as possíveis causas das alterações observadas.

3 – REVISÃO DE LITERATURA

3.2 – Sensoriamento Remoto: ferramenta de análise ambiental

O Brasil possui diversas instituições no âmbito das esferas municipais, estaduais e nacional com o intuito de proteger o meio ambiente, devidamente amparadas por preceitos da nossa legislação ambiental. Pode-se observar que essa preocupação se faz presente até mesmo na lei fundamental e suprema do nosso Estado, a Constituição Federal de 1988, em seu artigo 225, que garante a todos o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado (MASCARENHAS et al., 2009). Contudo, há uma série de fatores que promovem óbices na plena atuação dos órgãos públicos e execução das normativas impostas, como a ampla extensão territorial do nosso país e subdimensionamento dos agentes e ferramentas necessários à fiscalização.

Diante deste quadro, torna-se imprescindível almejar alternativas viáveis de modo a dirimir as deficiências existentes na prossecução da legislação vigente. A consolidação de um banco de dados acerca da evolução do uso da terra em um curto espaço de tempo, necessária a compreensão dos padrões de organização do espaço, monitoramento dos recursos e análise dos cenários futuros, pode ser proporcionada por uma ferramenta de grande valia denominada de sensoriamento remoto (SANTOS et al., 1981; FERREIRA et al., 2008).

Florenzano (2002) define o sensoriamento remoto como uma tecnologia que permite a obtenção de imagens e outros tipos de dados, da superfície terrestre, por intermédio da captação e do registro da energia refletida ou emitida pela superfície. Sua origem e evolução se encontram atreladas ao desenvolvimento da fotografia aérea e as prementes necessidades históricas dos militares.

A captação da energia da superfície por intermédio de sensores instalados em satélites artificiais consiste em um dos meios para obtenção dos produtos fornecidos pelo sensoriamento remoto. As primeiras fotografias orbitais da superfície da Terra foram obtidas na década de 1960, pelos satélites tripulados Mercury, Gemini e Apollo. O primeiro satélite de recursos terrestres, denominado, a princípio, de ERTS-1 e, posteriormente, Landsat-1, foi lançado em julho de 1972 (FLORENZANO, 2002).

A interpretação dos dados obtidos depende da capacidade do sensor em distinguir os objetos da superfície terrestre. As diferentes resoluções espaciais, espectrais, radiométricas e temporais, atualmente disponíveis nos sensores, influenciarão na extração e análise das informações a serem obtidas (FLORENZANO, 2002; NUNES; ROIG, 2015).

A vegetação, o solo e os corpos hídricos possuem características espectrais fundamentais na análise e interpretação dos dados. Na atribuição das classes de uso e ocupação do solo, características como a forma, a textura, a resposta espectral e o contexto espacial dos alvos são de extrema importância, atuando como chaves de interpretação (QUEIROZ, 1996; LOCK; KIRCHNER, 1997).

O satélite americano da série Landsat possui órbita circular, polar e heliosíncrona. O Landsat 5 foi lançado em 1984 e desativado em novembro de 2011, o sensor *Thematic Mapper* (TM) a bordo registrava dados em sete bandas espectrais (três no visível, um no infravermelho próximo, dois no infravermelho médio e um no infravermelho termal), consoante tabela 1, com uma resolução espacial de 30 metros (exceto para o canal termal, que é de 120 metros). Esse satélite passava sobre a mesma área da superfície terrestre a cada 16 dias e cada imagem obtida cobria uma área de 185 por 185 quilômetros (DGI/INPE, 2009).

Tabela 1 - Características das bandas do TM Landsat 5

Banda	Intervalo espectral (µm)	Principais características e aplicações das bandas TM do satélite LANDSAT 5
1	0,45 - 0,52 azul	Apresenta grande penetração em corpos de água. Sofre absorção pela clorofila e pigmentos fotossintéticos auxiliares (carotenóides). Pode apresentar atenuação pela atmosfera.
2	0,52 - 0,60 verde	Apresenta grande sensibilidade à presença de sedimentos em suspensão, possibilitando sua análise em termos de quantidade e qualidade. Boa penetração em corpos de água.
3	0,63 - 0,69 vermelho	A vegetação verde, densa e uniforme, apresenta grande absorção. Permite análise da variação litológica em regiões com pouca cobertura vegetal. Permite o mapeamento da drenagem. É a banda mais utilizada para delimitar a mancha urbana. Permite a identificação de áreas agrícolas.
4	0,76 - 0,90 infravermelho próximo	Os corpos de água absorvem muita energia nesta banda e ficam escuros, permitindo o mapeamento da rede de drenagem e delineamento de corpos hídricos. Apresenta sensibilidade à rugosidade da copa das florestas. Apresenta sensibilidade à morfologia do terreno. Serve para mapear áreas ocupadas com vegetação que foram queimadas.
5	1,55 - 1,75 infravermelho médio	Apresenta sensibilidade ao teor de umidade das plantas, servindo para observar estresse na vegetação, causado por desequilíbrio hídrico. Esta banda sofre perturbações em caso de ocorrer excesso de chuva antes da obtenção da cena pelo satélite.
6	10,4 - 12,5 infravermelho termal	Apresenta sensibilidade aos fenômenos relativos aos contrastes térmicos
7	2,08 - 2,35 infravermelho distante	Apresenta sensibilidade à morfologia do terreno.

Fonte: DGI/INPE, 2009

As imagens obtidas através do sensoriamento remoto podem promover uma visão multitemporal de uma região, subsidiando estudos regionais e integrados que abrangem vários

campos do conhecimento e ressaltando a transformação do meio e os impactos causados tanto por fenômenos naturais, quanto pela ação antrópica, como os desmatamentos, as queimadas e a expansão urbana. A coleta, tratamento e manipulação das informações geográficas podem ocorrer por meio de um conjunto de técnicas matemáticas e computacionais denominado de geoprocessamento (CÂMARA et al., 2001; FLORENZANO, 2002).

3.1 – Bacias Hidrográficas: unidade de planejamento

A imprescindibilidade dos cursos d'água pode ser enfatizada até mesmo no contexto histórico, por se tratarem de vias de acesso que forneciam condições estratégicas à conquista de novos espaços. Sua vitalidade a sobrevivência humana fundamenta a propensão ao desenvolvimento em seu entorno de atividades como cultivo agrícola, criação de animais e aglomerados urbanos (MASCARENHAS et al., 2009).

A bacia hidrográfica pode ser conceituada como uma área de captação natural da água de precipitação que faz convergir o escoamento para um único ponto de saída. Sua composição é determinada por um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos de água que confluem até resultar em um leito único no seu exutório (TUCCI, 1997).

A definição das águas como bens de direito difuso e a alteração do seu domínio no território nacional provocadas pela Constituição de 1988 e, anteriormente, instituídas pelo Código das Águas de 1934, desencadearam um importante papel para a gestão dos recursos hídricos. O art. 21, inciso XIX, da Constituição Federal de 1988, que atribui à União “instituir Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e definir critérios de outorga de direitos de uso” deu origem à Lei 9.433, de 08 de janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, legalizando instrumentos que possam viabilizar a garantia quanto à disponibilidade adequada do recurso para as gerações futuras (PORTO; PORTO, 2008).

O artigo 1º da supracitada política trata dos fundamentos, no qual consta a água como bem de domínio público, recurso natural limitado, dotado de valor econômico e que a sua gestão deve sempre proporcionar o seu uso múltiplo, dando prioridade, em situações de escassez, ao consumo humano e a dessedentação de animais e que a unidade territorial para a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos é a bacia hidrográfica.

O artigo 1º, inciso VI, expõe que sua gestão deve ser descentralizada, com a participação do Poder Público, dos usuários e da comunidade, criando, para tanto, os Comitês de Bacia Hidrográfica. O artigo 37 da Política Nacional de Recursos Hídricos trata da área de atuação dos supramencionados comitês, estabelecendo que a bacia hidrográfica abrange os cursos d'água classificados como principais e tributários (MASCARENHAS et al., 2009).

Destaque-se que a Lei 9.433/1997 teve o cuidado de buscar a ligação dos recursos hídricos com os aspectos sociais, culturais, econômicos, bem como com os demais recursos naturais, por meio do artigo 3, incisos II, III e IV, e, ainda, a articulação da gestão dos recursos hídricos com a do uso do solo, consoante o prescrito no artigo 3, inciso V. O estabelecimento destas considerações se torna de extrema importância em decorrência da intrínseca relação entre a vegetação, o solo e os recursos hídricos, e a interferência das atividades antrópicas desenvolvidas nestes espaços (MACHADO, 2007).

O manejo de bacias hidrográficas é definido, então, por Brooks et al. (1991), como o “processo de organizar e orientar o uso da terra e de outros recursos naturais numa bacia hidrográfica, a fim de produzir bens e serviços, sem destruir ou afetar adversamente o solo e a água”.

A instituição da bacia hidrográfica como unidade de planejamento advém da imprescindibilidade da mesma para que obtenhamos água em quantidade e qualidade adequadas à manutenção da nossa biodiversidade, bem como a garantia da sobrevivência humana, necessária à geração de capital e, conseqüentemente, desenvolvimento (RESCHILIAN; BEVILACQUA, 2012).

3.3 – Uso e Ocupação do Solo de Bacias Hidrográficas e APPs

A cobertura vegetal, pela sua influência sobre processos hidrológicos, tais como interceptação, transpiração, infiltração, percolação etc., constitui-se num dos fatores mais importantes que afetam a produção de água em bacias hidrográficas. Outro fator de uso do solo diz respeito, por exemplo, ao grau de urbanização da bacia, o qual resulta, em geral, em aumento da impermeabilização da superfície, aumentando o escoamento superficial, o pico de cheia, a sedimentação dos cursos d'água, a poluição da água e etc. (LIMA, 2008).

As conseqüências do desmatamento sobre os recursos hídricos geram desequilíbrio ambiental das áreas drenadas pelas bacias hidrográficas. A necessidade de converter os sistemas naturais em outros usos, em razão do acréscimo no consumismo, acarreta na promoção de danos ambientais e compromete a capacidade de fornecimento de serviços

ambientais, promovendo uma sensibilização crescente sobre a importância do meio natural na manutenção da qualidade de vida da sociedade (NASCIMENTO et al., 2005; FENGLER et al., 2015), diversos estudos já foram efetivados com o intuito de averiguar o uso das terras em bacias hidrográficas.

Costa et al. (1996) delimitaram e caracterizaram o uso indevido de APPs de uma área do município de Viçosa, em Minas Gerais, por meio de cartas topográficas e utilização do programa Idrisi. Os autores detectaram que em 50,54% das APPs havia ocupações por pastagens e usos agrícolas.

Narumalani et al. (1997) desenvolveram estudo em uma área da bacia do rio Iowa, nos Estados Unidos da América, com o intuito de delimitar e analisar o uso e ocupação das zonas ripárias, por intermédio de imagens Landsat Thematic Mapper. Os resultados obtidos indicaram que a maior parte do canal principal do rio Iowa era protegida por vegetação, entretanto cerca de 44% da área ao longo de seus afluentes não possuía qualquer cobertura vegetal necessária a proteção do corpo hídrico contra fontes de poluição não pontual, sendo fundamental o reestabelecimento das matas ciliares nestas áreas.

Nascimento et al. (2005) elaboraram um mapa de uso da terra para a bacia hidrográfica do rio Alegre, no Espírito Santo, com base em imagem do ano de 2002 do satélite IKONOS II, delimitando de maneira automática as áreas de preservação permanente e identificando a ocorrência de discrepâncias no uso da terra, tendo como embasamento legal o Código Florestal e a Resolução n.º 303, do Conama. Os resultados indicaram que em 43,80% da área havia uso indevido, sendo as classes cafezal (979,6 ha) e pastagem (6.179,8 ha) as principais classes de uso e ocupação e apenas 18,61% das áreas de preservação permanente estavam cobertas por vegetação nativa.

Oliveira et al. (2008) elaboraram um mapa de uso da terra para as APPs no entorno do Parque Nacional do Caparaó, em Minas Gerais, por meio de imagens do satélite IKONOS II, a delimitação das áreas de preservação permanente ocorreu de forma automática e o estudo permitiu identificar que apenas 18,40% das APPs eram protegidas por vegetação nativa.

Silva et al. (2009) concluíram, por meio da análise do uso e ocupação do solo das APPs do município de Sorocaba, em São Paulo, com a utilização de imagens do Landsat 5 dos anos de 1988, 1995 e 2003, no software *Idrisi*, que 58,43% das APPs se encontravam desprovidas de cobertura vegetal, sendo necessário um programa de restauração florestal em 5.400 hectares.

Barros et al. (2013) realizaram análise temporal do uso e ocupação da terra da bacia hidrográfica do rio Vieira, em Montes Claros-MG, por meio de classificações supervisionadas

das imagens do satélite TM/Landsat 5 para os anos de 1990, 1995, 2000 e 2005, no *software* ArcGIS. Os autores concluíram que há uma tendência de aumento para as classes de área urbana e solo exposto e que, a expansão desta última, encontra-se relacionada com a transição do uso das áreas da bacia, indicando uma forte tendência à degradação da região.

Coutinho et al. (2013) avaliaram o uso da terra e APPs na bacia do rio da Prata, no município de Castelo-ES. A identificação e delimitação das classes de uso e cobertura do solo e das APPs ocorreu por meio da utilização de fotografias aéreas ortorretificadas, de cartas digitais de altimetria e do programa computacional *ArcGis*. Os autores identificaram que a principal forma de uso da terra na bacia é a agropecuária (60,84% da área total), composta pela agricultura (30,21%) e pela pecuária (30,63%), sendo que a área preservada com floresta nativa é de 36,85%, e que as APPs representam 55,48% da área total e sua maior parte (50,40%) é utilizada para finalidades socioeconômicas, enquanto a cobertura florestal representa apenas 49,60%, concluíram, ainda, que há necessidade de adoção de medidas reguladoras na ocupação da área visando à preservação dos recursos naturais ali existentes.

Nunes e Roig (2015) analisaram o uso e ocupação do solo da bacia do Alto do Descoberto, localizada no Distrito Federal, para os anos de 1994 e 2011, por meio de classificação automática e lógica nebulosa, utilizando imagens do sensor *Thematic Mapper* (TM) do satélite Landsat 5, disponibilizadas no Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS), e pelo *software* ENVI EX. Os resultados obtidos com as análises comparativas entre as classes temáticas geradas para os supramencionados anos evidenciaram a forte expansão agrícola da região, em aproximadamente 11% da área da bacia, bem como a supressão da vegetação nativa.

A análise dos aludidos estudos permite afirmar que há propensão para a ocorrência de usos indevidos em áreas de preservação de bacias hidrográficas, sendo necessário o devido monitoramento, bem como ações de fiscalização nestes meios.

3.4 – Áreas de Preservação Permanente

Conforme preceitua o Código Florestal, Lei n.º 12.651/2012, em seu artigo 3º, inciso II, a Área de Preservação Permanente – APP é a “área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas”.

A Lei Ordinária n.º 1011, de 04 de junho de 2011, trata da Política Ambiental do município de Palmas, considerando as Áreas de Preservação Permanente como “espaços territoriais especialmente protegidos” e conceituando-as no seu artigo 20 como:

Art. 20. São áreas de preservação permanente:

I - a cobertura vegetal que contribui para a estabilidade das encostas sujeitas a erosão e ao deslizamento;

II - as nascentes, as matas ciliares e as faixas marginais de proteção das águas superficiais naturais e artificiais;

III - as áreas que abriguem exemplares raros, ameaçados de extinção ou insuficientemente conhecidos da flora e da fauna, bem como aquelas que servem de pouso, abrigo ou reprodução de espécies migratórias;

IV - as elevações rochosas de valor paisagístico e a vegetação rupestre de significativa importância ecológica;

V - as demais áreas declaradas por lei;

VI - morros, montes e encostas;

VII - as praias, a orla e os afloramentos rochosos do Município de Palmas.

No contexto histórico, desde os tempos medievais, os órgãos governamentais procuram instituir as "florestas de proteção". Os argumentos daquela época, todavia, eram baseados em especulações, opiniões pessoais, em folclore, e se alastravam à medida que as florestas iam sendo aniquiladas em detrimento do desenvolvimento das atividades agrícolas. Por volta de 1900, por exemplo, o movimento conservacionista tinha como objetivo opor-se à destruição das florestas para se evitar a desertização (LIMA, 2008).

O primeiro Código Florestal brasileiro foi criado em 23 de janeiro de 1934, por meio do Decreto Federal n.º 23.793/34, tendo sua publicação no Diário Oficial, como “Acto do Governo Provisório”, em de 21 de março de 1935. A visão conservacionista das funções básicas dos ecossistemas naturais já se torna perceptível nessa regulamentação, há uma preocupação sobre a importância da preservação de todos os tipos de vegetação nativa, e não apenas das espécies fornecedoras de lenha, uma das principais fontes de energia no passado (RIBEIRO, 2011).

As Áreas de Preservação Permanente foram legalmente criadas no Brasil por meio da Lei n.º 4.771, que instituiu o novo Código Florestal, promulgada pelo Presidente Castello Branco, em 16 de setembro de 1965, conforme consta no Diário Oficial dos Estados Unidos do Brasil n.º 117, ano CIII, Seção I, Parte I. Esta lei modificou e detalhou o Decreto n.º 23.793 de 1934, até então vigente, que aprovou o Código Florestal, durante o primeiro governo de Getúlio Vargas. A denominação preservação permanente foi concebida oficialmente no novo Código Florestal e definida conforme o artigo 2º (BRASIL, 1965; RIBEIRO, 2011):

Art. 2º. Consideram-se de preservação permanente, pelo só efeito desta Lei, as florestas e demais formas de vegetação natural situadas:

- a) ao longo dos rios ou de outro qualquer curso d'água, em faixa marginal cuja largura mínima será:
 - 1 - de 5 (cinco) metros para os rios de menos de 10 (dez) metros de largura;
 - 2 - igual à metade da largura dos cursos que meçam de 10 (dez) a 200 (duzentos) metros de distancia entre as margens;
 - 3 - de 100 (cem) metros para todos os cursos cuja largura seja superior a 200 (duzentos) metros.
- b) ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios d'água naturais ou artificiais;
- c) nas nascentes, mesmo nos chamados "olhos d'água", seja qual for a sua situação topográfica;
- d) no topo de morros, montes, montanhas e serras;
- e) nas encostas ou partes destas, com declividade superior a 45°, equivalente a 100% na linha de maior declive;
- f) nas restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues;
- g) nas bordas dos taboleiros ou chapadas;
- h) em altitude superior a 1.800 (mil e oitocentos) metros, nos campos naturais ou artificiais, as florestas nativas e as vegetações campestres.

Essa lei foi oriunda dos trabalhos de um grupo de técnicos e representantes do setor rural do Ministério da Agricultura, que propuseram regras mínimas para o uso e a proteção dos recursos florestais, sem qualquer ingerência de grupos ambientalistas, iniciando seus trabalhos em 1961 e finalizando em 1962. O período era de intensa turbulência no cenário político, contudo tanto a renúncia do presidente Jânio Quadros, quanto às passagens pelo governo parlamentarista e o golpe militar de 1964 não chegaram a afetar de forma significativa a transcrição do texto original de 1962 que seria oficializado em 1965. Apesar de ser um período caracterizado por revoltas e violações dos direitos humanos, uma das possíveis explicações para promulgação da lei seria a certeza de que ela não viesse a ser aplicada, já que não havia qualquer fiscalização do meio. Em razão de tantos avanços e inovações é que apenas na década de 1990, após mais de vinte anos de sua edição, o Código Florestal seria visto seriamente pela sociedade em geral (BENJAMIN, 2000; RIBEIRO; 2011).

Em 25 de maio de 2012, foi publicada a Lei Federal n.º 12.651, alterada pela Lei 12.727, de 17 de outubro de 2012, que dispõe sobre a preservação da vegetação nativa e revoga a Lei 4.771, de 15 de setembro de 1965, instituindo em seu artigo 4º, inciso I, a seguinte delimitação para as faixas marginais Áreas de Preservação Permanente (BRASIL, 2012):

- Art. 4º Considera-se Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas, para os efeitos desta Lei:
- I - as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de:
 - a) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;
 - b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;
 - c) 100 (cem) metros, para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;
 - d) 200 (duzentos) metros, para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;

e) 500 (quinhentos) metros, para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros;

O Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, em 20 de março de 2002, elaborou duas resoluções concernentes á Áreas de Preservação Permanente, sendo a n.º 302, que dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de APPs de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno, e a n.º 303, que dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de APPs.

No artigo 3º, da Resolução n.º 302/2002 foi instituída a largura mínima da área marginal dos reservatórios artificiais (BRASIL, 2002):

Art 3º Constitui Área de Preservação Permanente a área com largura mínima, em projeção horizontal, no entorno dos reservatórios artificiais, medida a partir do nível máximo normal de:

I - trinta metros para os reservatórios artificiais situados em áreas urbanas consolidadas e cem metros para áreas rurais;

II - quinze metros, no mínimo, para os reservatórios artificiais de geração de energia elétrica com até dez hectares, sem prejuízo da compensação ambiental;

III - quinze metros, no mínimo, para reservatórios artificiais não utilizados em abastecimento público ou geração de energia elétrica, com até vinte hectares de superfície e localizados em área rural.

Machado (2010) ressalta que, ao instituir parâmetros para o entorno dos lagos e lagoas naturais, veredas e de alguns outros elementos geomorfológicos, o CONAMA agiu de boa-fé, mas nestas partes em que foram ultrapassados os limites indicados em lei as resoluções não têm força obrigatória”.

Mediante o estabelecimento de limites para essas áreas, cabe ressaltar que o artigo 5º, da Constituição Federal de 1998, afirma que a propriedade deve atender a sua função social, concomitantemente, o artigo 6º atribui direito garantido à moradia e a outros direitos sociais, atribuindo um caráter conflituoso e de impossível simplificação da moradia popular em APPs, que se reflete na Resolução CONAMA n.º 369/2006. Essa resolução apresenta a possibilidade de ponderação entre o direito à moradia das comunidades de baixa renda e o direito difuso ao meio ambiente na execução das políticas ambiental e de regularização fundiária, ao delegar ao órgão público ambiental a competência de, nesses casos, permitir a intervenção ou supressão de Áreas de Proteção Permanente urbanas, desde que sejam atendidas as condições determinadas. Os casos previstos por essa resolução são “a implantação de obras, planos, atividades ou projetos de utilidade pública ou interesse social, ou para a realização de ações consideradas eventuais e de baixo impacto ambiental” (BRASIL, 1988; CONAMA, 2006; SOUZA, 2010).

Estas premissas podem ser utilizadas para justificar intervenções que estejam incompatíveis com o proposto pela Lei n.º 6766, de 19 de dezembro de 1979, que dispõe sobre o parcelamento do solo urbano e que, em seu artigo 4º, especificamente no inciso III, estabelece como obrigatória uma faixa sem intervenção de edificações ao longo de corpos hídricos, conforme segue abaixo:

Art. 4º. Os loteamentos deverão atender, pelo menos, aos seguintes requisitos:

...

III - ao longo das águas correntes e dormentes e das faixas de domínio público das rodovias e ferrovias, será obrigatória a reserva de uma faixa não-edificável de 15 (quinze) metros de cada lado, salvo maiores exigências da legislação específica;

O Estatuto da Cidade, denominado pela Lei n.º 10.257/2001, considera, em seu artigo 2º, as diretrizes da política urbana, cujo objetivo é ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e da propriedade urbana, onde no inciso XIV se pode perceber a relevância das normas ambientais (BRASIL, 2001):

XIV – regularização fundiária e urbanização de áreas ocupadas por população de baixa renda mediante o estabelecimento de normas especiais de urbanização, uso e ocupação do solo e edificação, consideradas a situação socioeconômica da população e as normas ambientais;

No estado do Tocantins, a Lei n.º 1.939, de 24 de junho de 2008, dispõe sobre os casos excepcionais de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em Área de Preservação Permanente.

3.4.1 - Áreas de Preservação Permanente Marginais

No presente estudo a delimitação se restringiu às Áreas de Preservação Permanente Marginais, sendo estas consideradas como as localizadas no entorno dos corpos hídricos e nascentes, em detrimento da integração e interdependência destes espaços na proteção da água.

Observa-se que a previsão legal contempla de forma acertada, a manutenção da vegetação, que contribui com o equilíbrio dos demais recursos naturais envolvidos. Trata-se da visão sistêmica de meio ambiente, onde cada elemento mantém-se distinto um do outro, porém possui indissociáveis interações e relações mútuas. A quebra desse equilíbrio produz efeito em todos esses elementos, inclusive para o próprio ser humano (MORIN, 2002; MASCARENHAS et al., 2009).

3.4.1.1 – Funções das Áreas de Preservação Permanente Marginais

A conservação das zonas ripárias pode ter seu embasamento nas funções ecológicas desempenhadas pelas mesmas, sendo corredores extremamente importantes para o movimento da fauna ao longo da paisagem, assim como para a dispersão vegetal. Além das espécies tipicamente ripárias, nelas ocorrem também espécies típicas de terra firme, e as zonas ripárias, desta forma, são também consideradas como fontes importantes de sementes para o processo de regeneração natural (TRIQUET et al., 1990; GREGORY et al., 1992; LIMA, 2008).

Além destas, podem ser agregadas suas funções hidrológicas efetuadas por intermédio dos seguintes processos:

i. Geração do escoamento direto em microbacias: definindo-se escoamento direto como o volume de água que causa o aumento rápido da vazão de microbacias durante e imediatamente após a ocorrência de uma chuva. Considerando microbacias onde o uso da terra não tenha favorecido o surgimento de áreas compactadas ou impermeáveis, as zonas ripárias desempenham papel hidrológico fundamental na geração do escoamento direto. Devendo estar permanentemente protegidas pela vegetação ciliar, embora não seja fácil demonstrar a relação de causa e efeito. A ausência da proteção mecânica que as raízes da mata ciliar oferecem às margens mediante a intensificação dos processos de geração do escoamento direto que contribuísse para a erosão fluvial acarretaria na degradação do meio (LIMA, 2008);

ii. quantidade de água: há evidências de que a recuperação da vegetação ciliar promove o aumento da capacidade de armazenamento da água na microbacia ao longo da zona ripária, fomentando a vazão na estação seca do ano (ELMORE; BESCHTA, 1987 apud LIMA, 2008);

iii. qualidade da água: gerada por meio da capacidade da mata ciliar filtrar substâncias, nutrientes e sedimentos que seriam depositados no recurso hídrico (LIMA, 2008);

iv. ciclagem de nutrientes: o efeito de filtragem de particulados e de nutrientes em solução ocasiona em significativa estabilidade em termos do processo de ciclagem geoquímica de nutrientes pela microbacia (LIMA, 2008);

v. interação direta com o ecossistema aquático: nas zonas ripárias há uma interação funcional permanente entre a vegetação, os processos geomórficos e hidráulicos do canal e a biota aquática, consoante a representação na figura 1 (LIMA, 2008).

Figura 1 - Esquema do ecossistema ripário



Fonte: Adaptado de Likens (1992) apud Lima (2008)

Tundisi e Tundisi (2010) ressaltam que a vegetação tem um papel crucial na regulação dos ciclos biológicos e biogeoquímicos nas bacias hidrográficas. O fluxo de água e nutrientes nas interfaces vegetação/solo/água superficial/água subterrânea é vital para a manutenção sustentável dos ecossistemas naturais. A energia potencial é alterada por sua estrutura, reduzindo a erosão e modificando a química da água de superfície e a química da água subterrânea. A supressão da vegetação aumenta o transporte de sólidos em suspensão, aumenta a condutividade e degrada mananciais, aumentando os custos do tratamento da água para abastecimento.

4 - MATERIAL E MÉTODOS

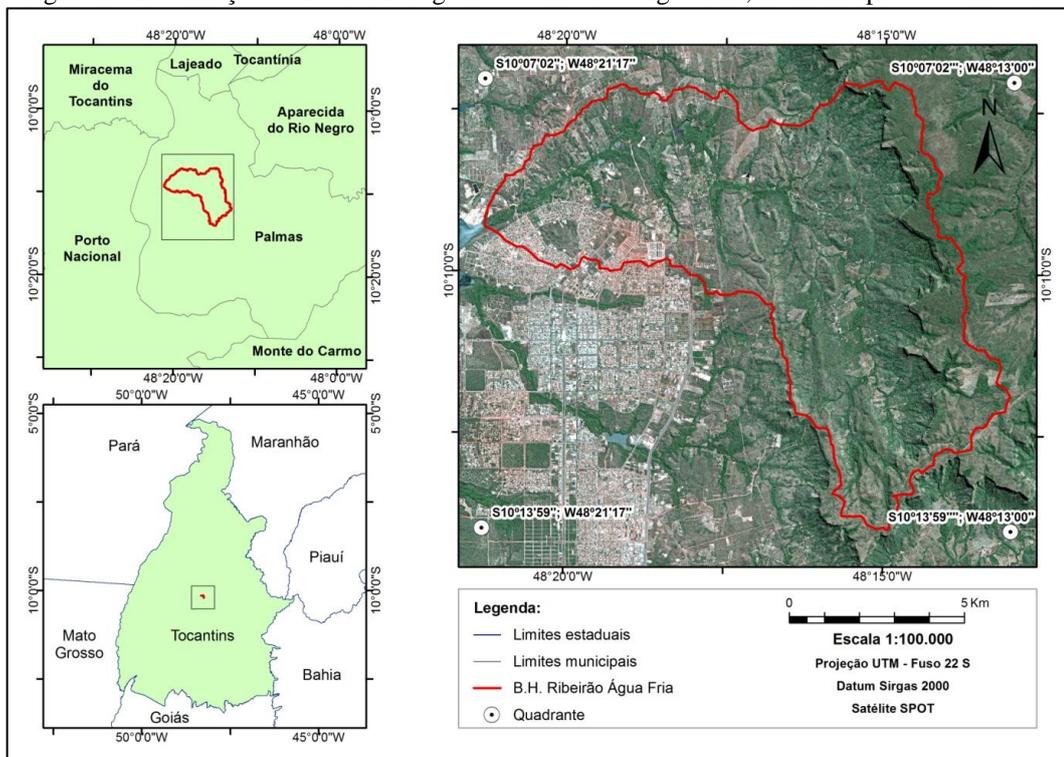
4.1 – Área de estudo

4.1.1 – Localização e dimensão da área de estudo

A bacia do ribeirão Água Fria – BHAF se situa no quadrante de S10°07'02" a S10°13'59" de latitude Sul e de W48°21'17" a W48°13'00" de longitude Oeste, no município de Palmas, capital do Estado do Tocantins, conforme demonstrado na figura 2. A bacia secciona a área urbana na região noroeste, parte de suas nascentes se localiza na serra do Lajeado, o corpo hídrico contribui para o abastecimento público da região central do município e é um afluente do lago da Usina Hidrelétrica Luís Eduardo Magalhães (SEPLAN, 2011).

A área de drenagem da bacia é de aproximadamente 90,0 km², com perímetro de 56,27 km e comprimento axial de 14,91 km. Conforme classificação da Agência Nacional das Águas – ANA, o ribeirão Água Fria e demais cursos d'água da região estão inseridos na sub-bacia 22, descrita como constituinte da área de drenagem do rio Tocantins (TOCANTINS, 2004).

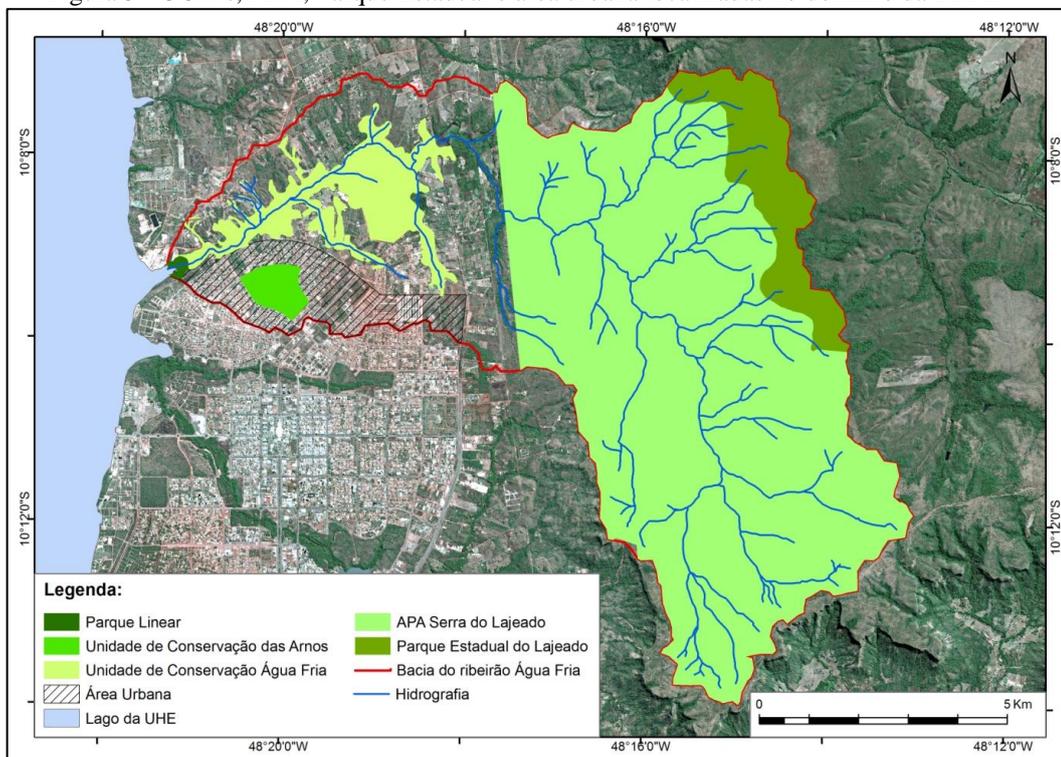
Figura 2 - Localização da Bacia Hidrográfica do ribeirão Água Fria, no município de Palmas/TO



No domínio da bacia podem ser identificadas duas Unidades de Conservação Municipais - UCMs, sendo a Água Fria e a das Arnos, e parte da Área de Preservação

Ambiental da Serra do Lajeado e do Parque Estadual do Lajeado - PEL, consoante a figura 3, que exibe um mapa confeccionado a partir de bases vetoriais de delimitação das UCMs fornecidas pelo Sistema de Informações Geográficas da Prefeitura de Palmas – SIG Palmas.

Figura 3 - UCM's, APA, Parque Estadual e área urbana localizadas no domínio da BHAF



As UCMs Água Fria e a das Arnois foram instituídas pela Lei Complementar n.º 155, de 28 de dezembro de 2007, que estabelece a política urbana do município de Palmas. Por intermédio desta legislação e suas posteriores alterações, foram definidas as Zonas Especiais de Interesse Ambiental, nas quais, dentre outros espaços, se inserem as APPs e Unidades de Conservação, e criadas 13 UCMs que devem interligar as unidades de conservação já existentes ao lago, com o intuito de constituir corredores ecológicos.

A Área de Proteção Ambiental da Serra do Lajeado foi criada pela Lei n.º 906, de 20 de maio de 1997, funciona como zona de amortecimento do PEL e dentre seus objetivos cabe ressaltar a proteção da qualidade das águas e das vazões dos mananciais da região. Enquanto a Lei n.º 1224, de 11 de maio de 2001, estabeleceu os limites e confrontações do PEL, destinando-o a proteção dos recursos naturais, tais como, dos corpos hídricos existentes na área que abastecem a região.

As áreas ocupadas pelas aludidas unidades na bacia do ribeirão Água Fria se encontram aferidas na tabela 02.

Tabela 2 - Área absoluta e relativa das unidades ambientais localizadas na bacia hidrográfica do ribeirão Água Fria

Unidade	Área (km²)	% de Área da BHAF
UCM Água Fria	6,26	5,65
UCM das Arnos	0,98	0,88
APA da Serra do Lajeado	55,95	50,5
PEL	6,05	5,46
Total	69,24	62,49

Apesar da BHAF possuir esse significativo percentual de unidades de proteção ambiental em seu domínio, não foram encontrados estudos específicos referentes a sua área que indicassem que estes espaços se encontram preservados. Coriolano e Pinheiro (2010) ressaltam que a criação das unidades de conservação do município de Palmas se deu sem a realização dos estudos específicos necessários e que tal contexto é tão evidente que a sua Lei de criação estipulou um prazo, a partir da sua aprovação, de 2 anos para o enquadramento dessas áreas.

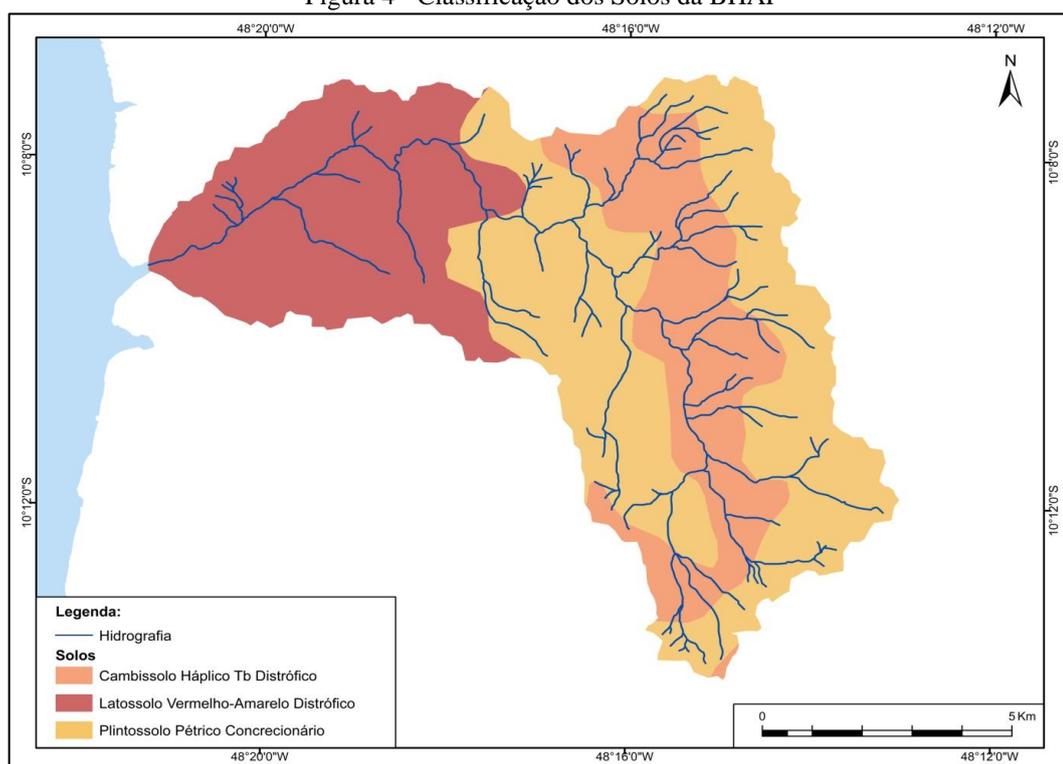
A área urbana instituída pelo Plano Diretor ocupa cerca de 6,44 km² da bacia, equivalente a 5,81% da área total. As quadras 403, 405, 407, 409, 503, 603, 605 e 607 Norte se encontram totalmente inseridas nesta região. A especulação imobiliária no entorno deste território é perceptível, podem ser identificados loteamentos provenientes do parcelamento ilegal do solo, pois se trata de uma região bastante valorada em razão da sua proximidade com a região central.

Há uma tendência do mercado em destinar os locais de valor econômico inferior, geralmente mais distantes do centro, para ocupação da população que possui menor poder aquisitivo, o que pode promover a apropriação irregular das áreas livres, que outrora deveriam ser destinadas à proteção ambiental, construção de parques, jardins e escolas ou até mesmo ao escoamento natural das águas pluviais (FERREIRA et al., 2004), tal situação é notória em algumas regiões do município de Palmas.

4.1.2 – Pedologia

De acordo com os dados disponibilizados no visualizador da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais - INDE, a área de estudo apresenta solos do tipo Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, Plintossolo Pétrico Concrecionário e Cambissolo Háplico Tb Distrófico, conforme apresentado na figura 4 e caracterizados a seguir com o auxílio do Sistema Brasileiro de Classificação de Solo (Embrapa, 2006) e do Manual Técnico de Pedologia (IBGE, 2007).

Figura 4 - Classificação dos Solos da BHAF



Fonte: Adaptado de INDE (2015)

Os Cambissolos são solos que apresentam grande variação no que concerne a profundidade, ocorrendo desde rasos a profundos, além de apresentarem grande variabilidade também em relação às demais características. A drenagem varia de acentuada a imperfeita e podem apresentar qualquer tipo de horizonte A sobre um horizonte B incipiente, também de cores diversas. Muitas vezes são pedregosos, cascalhentos e mesmo rochosos. Os Cambissolos Háplicos Tb Distróficos são solos com baixa atividade de argila e baixa saturação por bases na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B.

Os Latossolos Vermelho-Amarelos possuem cores vermelho-amareladas, são profundos, com boa drenagem e normalmente baixa fertilidade natural, embora se tenha verificado algumas ocorrências de solos eutróficos. Ocorrem em praticamente todo o território brasileiro. Quando de textura argilosa são muito explorados com lavouras de grãos mecanizadas e quando de textura média são usados basicamente com pastagens. Os Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos são solos com saturação por bases baixa na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B.

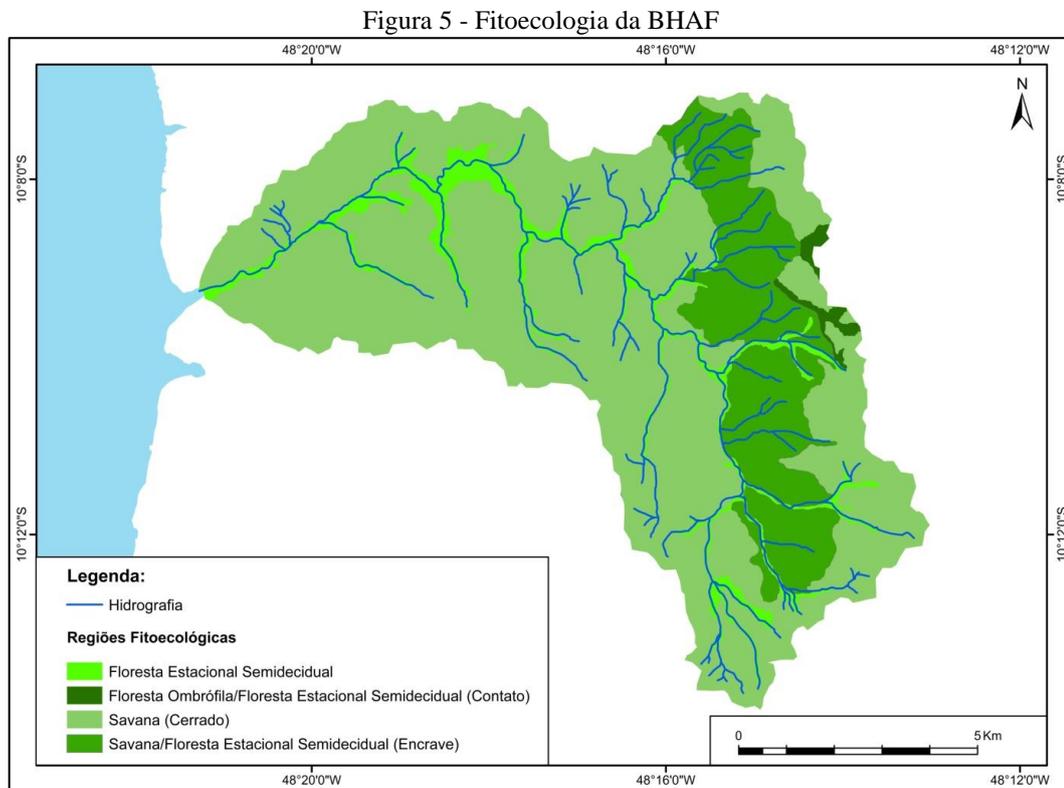
Os Plintossolos Pétricos geralmente apresentam melhor drenagem. São usados apenas para pastoreio extensivo quando há vegetação campestre ou de Campo Cerrado, ou com pasto plantado com espécies forrageiras rústicas. Os Plintossolos Pétricos Concrecionários são solos com horizonte concrecionário em posição diagnóstica,

caracterizado pelo predomínio de petroplintita, do tipo nódulos ou concreções de ferro ou de ferro e alumínio, numa matriz terrosa de textura variada ou matriz de material mais grosseiro. O horizonte concrecionário, para ser diagnóstico, deve apresentar no mínimo 30 cm de espessura.

4.1.3 – Vegetação

A bacia do Ribeirão Água Fria está inserida no bioma Cerrado composto por um mosaico vegetacional com várias fitofisionomias, que englobam formações florestais, formações savânicas e formações campestres, sua vegetação apresenta uma alta riqueza florística, uma considerável parte das espécies arbóreas é endêmica, mas também há ocorrência de espécies arbóreas compartilhadas com outros biomas (IBRAM, 2015).

Na área são encontradas as fitofisionomias Floresta Estacional Semidecidual, Savana (Cerrado), região de contato entre Floresta Ombrófila e Floresta Estacional Semidecidual, e região de enclave entre Savana e Floresta Estacional Semidecidual, conforme a figura 5, que foram caracterizadas por intermédio do projeto do IBGE de Classificação da Vegetação Brasileira para o estado do Tocantins, na escala 1:1.000.000, embasado no projeto RADAMBRASIL (IBGE, 2007).



Fonte: Adaptado de Seplan/TO

O conceito ecológico da Floresta Estacional Semidecidual está condicionado pela dupla estacionalidade climática, sendo que no Tocantins é decorrente da estacionalidade climática tropical. É constituída por fanerófitos com gemas foliares protegidas da seca por escamas (catafilos), ou pelos, e cujas folhas adultas são esclerófilas ou membranáceas decíduais. Consoante à faixa altimétrica, tem-se duas formações: Aluvial e Submontana. Na aluvial podem ser citados como principais elementos: a sucupira-da-várzea (*Diploptropis*), muiraúba (*Mourin*), quaruba (*Vochysia*), inharé (*Helicostyles*), enviras (*Xylopia*), tachi (*Triplaris*), bacupari (*Rheedla*), pau-d'óleo (*Copaifera*), breu (*Protium*), cariperana (*Licania*) e jacareúba (*Calophyllum*). As espécies mais conhecidas da submontana são o cedro (*Cedrela*), aroeira (*Myracrodruon*), jatobá (*Hymenaea*), óleo (*Copaifera*), garapa (*Apuleia*), ipê (*Tabebuia*), angico (*Parapiptadenia*).

A denominação Savana (Cerrado) surgiu primeiramente no projeto RABAMBRASIL, consistindo em uma vegetação xeromorfa, preferencialmente de clima estacional, mais de cinco meses secos, podendo ainda ser encontrada em clima ombrófilo. Reveste solos lixiviados e aluminizados, apresentando sinúcia de hemiacrófitos, geófitos e fanerófitos oligotróficos de pequeno porte. Em detrimento de suas diferenças fisionômicas, podem ser subdivididas em quatro subgrupos de formação, sendo a Savana Florestada, Savana Arborizada, Savana Parque e Savana Gramíneo-Lenhosa.

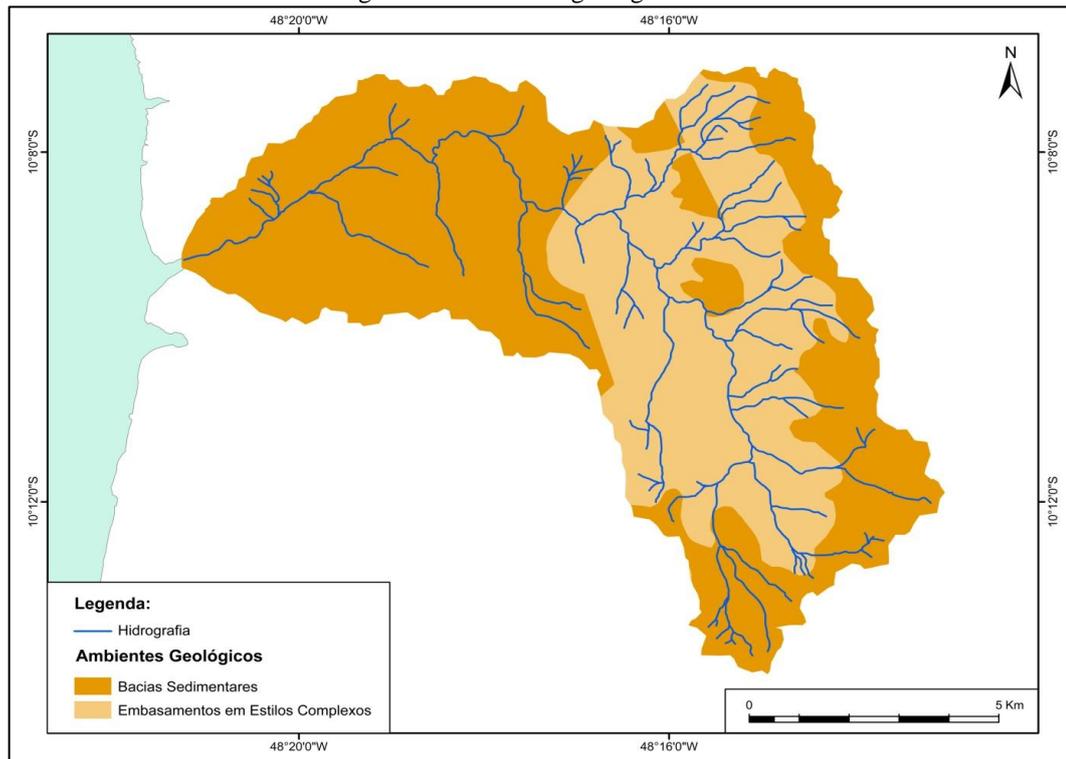
Quando ocorre contato entre formações de duas ou mais regiões fitoecológicas diferentes, a vegetação se caracteriza por interpenetrações de espécies, que se misturam, constituindo os ecótonos ou formam interpenetração sem se misturar o qual se denominam encaves de formações. No primeiro, não é possível determinar a separação independente da escala utilizada, enquanto no segundo só a utilização de pequenas escalas de representação impossibilita a separação.

A região de contato entre a Floresta Ombrófila com a Floresta Estacional se caracteriza pela mistura de espécies amazônicas da Floresta Ombrófila com espécies da Estacional e o enclave da Savana com a Floresta Estacional ocorre por meio da ocupação dos talwegues e encostas inferiores pela floresta, enquanto as formações de cerrado se estabelecem nos topos e encostas superiores.

4.1.4 – Geologia

Os ambientes geológicos da área, representados na figura 6, dividem-se em Bacias Sedimentares e Embasamentos em Estilos Complexos.

Figura 6 - Ambientes geológicos da BHAF



Fonte: Adaptado de Seplan/TO

As características geomorfológicas de uma bacia hidrográfica, tais como solo, relevo, geologia e rede drenagem, bem como a existência de cobertura vegetal são fatores determinantes do seu comportamento hidrológico, influenciando em processos do ciclo hidrológico, dentre eles a infiltração e quantidade de água produzida como deflúvio, a evapotranspiração, e os escoamentos superficial e sub- superficial (LIMA, 1976; TONELLO, 2005).

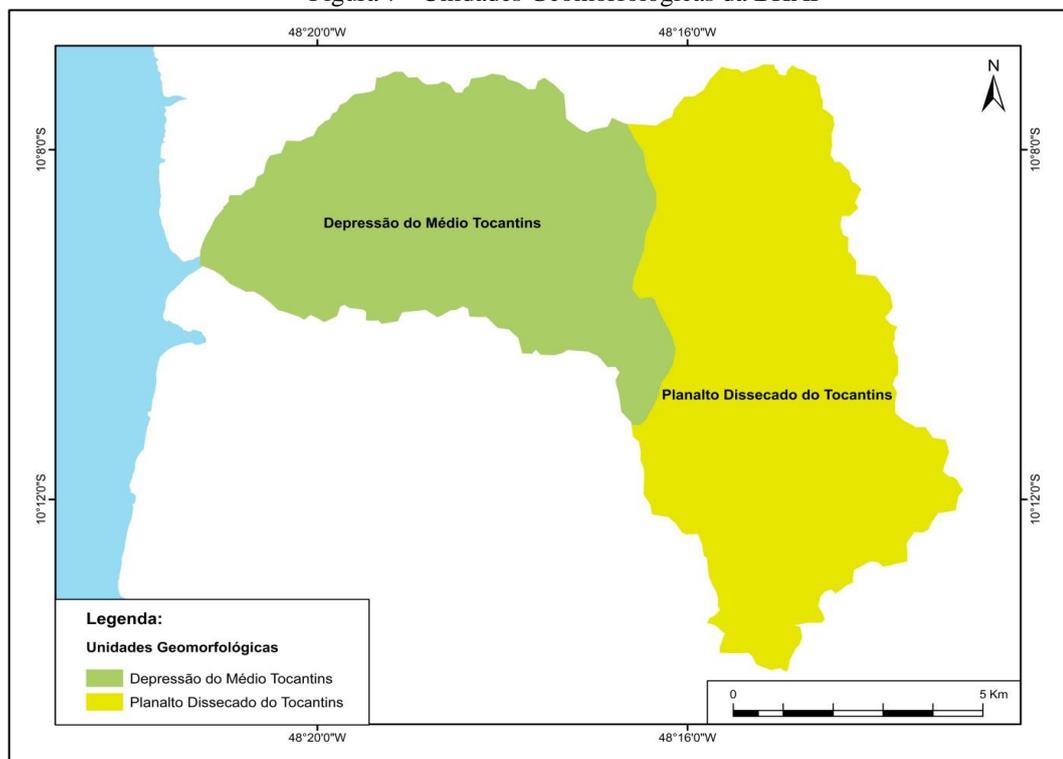
4.1.5 – Geomorfologia

As unidades geomorfológicas apresentadas são a Depressão do Médio Tocantins e o Planalto Dissecado do Tocantins, conforme apresentado na figura 7, que são domínios morfoestruturais de Bacias Sedimentares Farenozóicas, com modelos de dissecação e aplainamento, consoante mapa temático do IBGE de Geomorfologia para o estado do Tocantins, na escala 1:1.000.000.

Os modelos de aplainamento identificados foram o pediplano retocado inumado, sendo superfícies constituídas durante fases sucessivas de retomada de erosão, e o pediplano degradado inumado, que são superfícies parcialmente conservadas, tendo perdido a continuidade em razão de mudanças do sistema morfogenético.

A área apresenta modelos de dissecação homogênea e diferencial, que se distinguem quanto ao controle estrutural não nítido e controle estrutural evidente, respectivamente, com conjunto de formas de relevo de topos aguçados e de topos tabulares e encostas íngremes de erosão.

Figura 7 - Unidades Geomorfológicas da BHAF



Fonte: Adaptado de Seplan/TO

4.1.6 – Clima

O clima de Palmas-TO, consoante dados do Laboratório de Meteorologia da Universidade Federal do Tocantins – Labmet/UFT e classificação de THORNTHWAITE, é o C2wA'a' Subúmido, com duas estações bem definidas (uma chuvosa e a outra seca), apresentando durante a estação seca (inverno) moderada deficiência hídrica, megatérmico com evapotranspiração potencial anual de 1688,2 mm (dos quais 61,03% se concentram no verão). As temperaturas médias oscilam entre mínimo de 15,4°C (julho) e máximo de 35,2°C (setembro).

O regime pluviométrico apresenta características tipicamente tropicais, com precipitação acumulada de 1519,4 mm, com mais de 91% desse volume concentrado entre os meses de outubro e abril (estação chuvosa). Por outro lado o período entre os meses de abril e setembro (estação seca) caracteriza-se pelos baixos índices pluviométricos, quando se observa por vezes ausência total de chuvas em pelo menos trinta dias consecutivos, o que pode

contribuir para incidência de escassez do recurso hídrico, sendo esse período caracterizado também pela elevada ocorrência de queimadas.

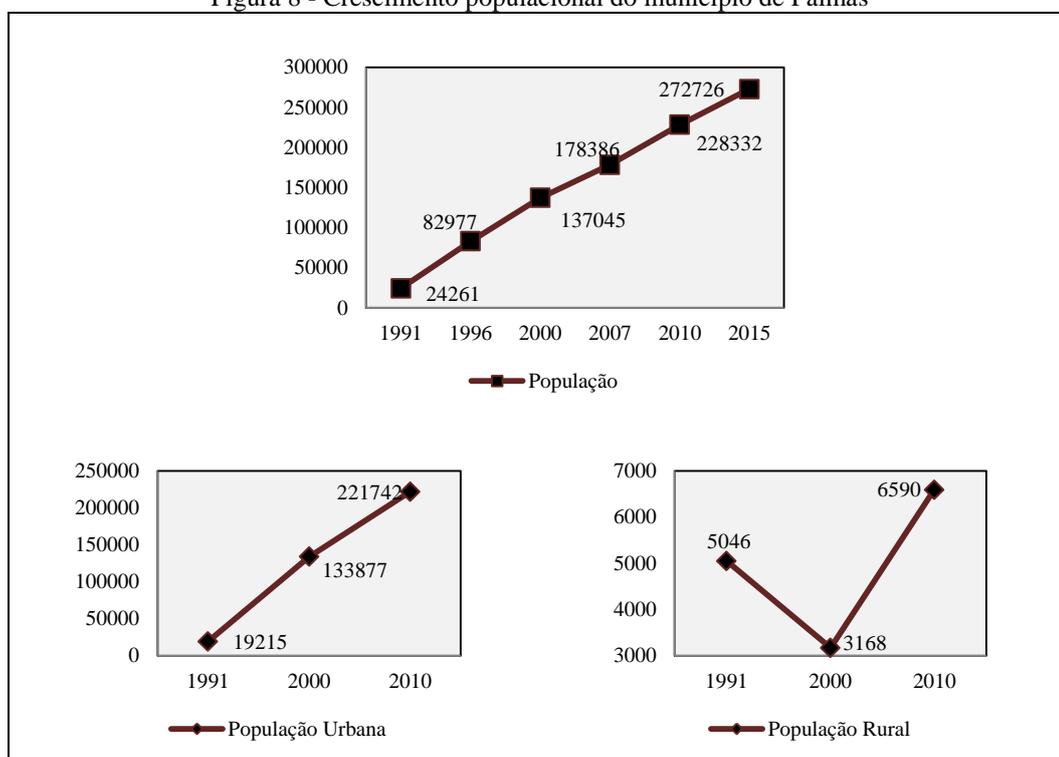
4.1.7 – Biodiversidade

A biodiversidade da região pode ser corroborada consoante levantamento apresentado pela Gestão de Unidades de Conservação do Tocantins, concernente ao Parque Estadual do Lajeado, cuja BHAF ocupa parte da porção oeste, no qual foram identificadas 171 espécies da flora, distribuídas em 61 famílias, e 314 da fauna, dentre os quais 41 mamíferos, 219 aves, 50 anfíbios e 104 répteis, totalizando 585 espécies (GESTO, 2015).

4.1.8 – Caracterização Socioeconômica

O município de Palmas foi planejado para se tornar um polo de desenvolvimento econômico e social, a economia da capital é baseada principalmente no setor de serviços, ressaltando-se o comércio e a administração pública, e o Índice de Desenvolvimento Humano - IDH é de 0,788, superior ao IDH nacional de 0,744. Desde a sua criação, no ano de 1989, pode ser observado um acelerado processo de evolução populacional, no ano de 1991 a capital contava com 24.334 habitantes, enquanto a estimativa para o ano de 2015 é de 272.726, consoante a figura 8 (IBGE, 2015).

Figura 8 - Crescimento populacional do município de Palmas



Fonte: Adaptado de IBGE Cidades (2015) e Sinopse do Censo do IBGE (1991; 2000; 2010)

Um levantamento importante referente ao Censo Demográfico de 2010 (IBGE, 2010), no qual a população residente rural era de 6.590 pessoas, consiste na informação de que dos 1.691 domicílios particulares permanentes localizados na área rural, que foram abordados, um total de 67,1% possuía sistema de saneamento inadequado, o que implica na possível ocorrência de impactos ambientais nestas áreas.

Por intermédio das visitas de campo na BHAF, observou-se que na zona rural os empreendimentos possuem diversas finalidades, dentre as quais se podem citar moradia, comércio, recreação e lazer. Foram identificadas tanto moradias de alto, quanto de baixo padrão, condomínios residenciais e construções inacabadas e abandonadas.

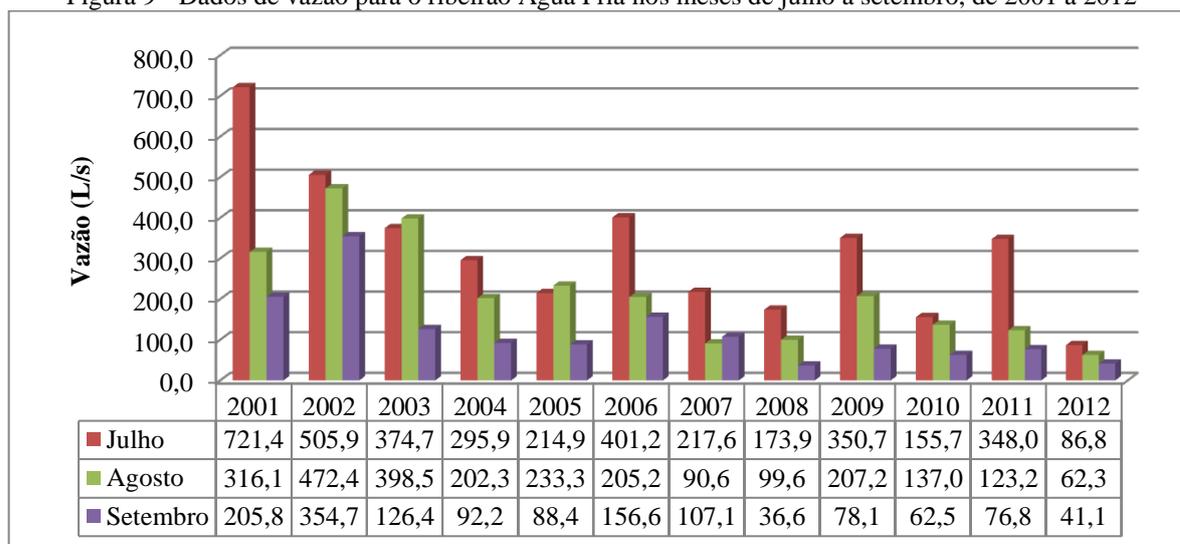
Em detrimento da sua proximidade com a área urbana, há tendência de aumento da ocupação da área de estudo, já existem loteamentos circundando o ribeirão, como o denominado Vale da Cachoeira, no qual há 68 chacareiros, e desenvolvimento de atividades de piscicultura de subsistência, com apoio do poder público estadual.

Com o intuito de quantificar, bem como caracterizar a população que reside na área da bacia, foram solicitadas informações junto aos órgãos da Prefeitura de Palmas acerca dos moradores residentes na bacia do Ribeirão Água Fria, entretanto os mesmos alegaram não possuir os dados requisitados.

Segundo dados do Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental da Serra do Lajeado, cuja unidade ocupa uma proporção de maior representatividade na bacia, trata-se de uma região ocupada por criadores de gado e pequenos agricultores provenientes, sobretudo, dos estados da Bahia, do Maranhão e do Piauí, na qual, com a instalação da capital Palmas, houve a promoção de um intenso processo migratório, acarretando no fracionamento das antigas propriedades. A estrutura fundiária pode ser considerada como composta predominantemente por pequenas e médias glebas, utilizadas em sua quase totalidade para a agricultura e criação de subsistência, com excedentes variáveis destinados à comercialização (GESTO, 2005).

No entorno da BHAF se localiza a Estação de Tratamento de Água – ETA 03, da Companhia de Saneamento do Tocantins, que capta água do ribeirão Água Fria para o abastecimento público da parte central do perímetro urbano, dados históricos coletados pela companhia referente à vazão do corpo hídrico indicam déficit na disponibilidade hídrica, consoante à figura 9.

Figura 9 - Dados de vazão para o ribeirão Água Fria nos meses de julho a setembro, de 2001 a 2012



Fonte: Companhia de Saneamento do Tocantins (2014)

4.2 – Materiais

4.2.1 – Sistema de Informações Geográficas – SIG

Os softwares utilizados na execução do presente estudo, para o adequado processamento e análise dos dados, foram o *ArcGis 10.2.1* e o *ENVI 5.0* (ENVI, 2014; ESRI, 2014).

O *ArcGis 10.2.1* foi desenvolvido pelo *Environmental Systems Research Institute – ESRI*, o programa possui diversas ferramentas que permitem a análise espacial, gerenciamento e manipulação de dados e criação de mapas, assim como o *ENVI 5.0* que permite a visualização, exploração, análise e apresentação de dados na área de Sensoriamento Remoto.

4.2.2 – Imagens de Satélites

A realização deste estudo se tornou viável por intermédio da obtenção gratuita de imagens do satélite Landsat 5, sensor *Thematic Mapper (TM)*, disponibilizadas endereço eletrônico da Divisão de Geração de Imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – DGI/INPE, no link <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>.

A bacia do ribeirão Água Fria foi representada por imagens de satélite situadas na órbita 222, ponto 67, do Landsat 5. Para a obtenção da análise da ocupação das terras foram utilizadas imagens dos anos de 1991, 2004 e 2011 e o critério de seleção estabelecido foi à ausência ou menor área sob cobertura de nuvens e presença de ruídos, para não comprometer o procedimento de classificação, conforme especificado na tabela 01.

Tabela 01 - Especificação do período das imagens utilizadas

Ponto	Órbita	Data	Tempo Central (GMT)	Bandas
67	222	06/06/1991	12:42:05	1, 2, 3, 4, 5 e 7
		09/06/2004	13:00:35	
		28/05/2011	13:08:48	

As imagens selecionadas para a análise e realização deste estudo tiveram o intuito de abranger um período de 20 anos de estudo, partindo de um ano próximo à implantação do município, em 1991, e compreendendo um espaço de tempo no qual ocorreu um crescimento total de 204.071 habitantes, consoantes dados já apresentados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

Ainda fora utilizado, na produção de mapas temáticos de caracterização da bacia, produto orbital do satélite SPOT 5, sensor HRC (*Hight-Resolution Geomatic*), com resolução espacial de 2,5 metros, gerada no ano de 2011 e obtida por meio do Projeto de Atualização Cartográfica e Mapeamento do Uso do Solo do município de Palmas/TO, executado em cumprimento ao Termo de Ajuste de Conduta da 25ª Promotoria de Justiça da Capital com a Companhia de Saneamento do Tocantins – Saneatins, bem como uma imagem do satélite Landsat 8, datada de 23 de maio de 2015, com resolução espacial de 15 metros, com o intuito de realizar uma classificação mais atualizada da cobertura da terra da BHAF.

4.2.3 Bases vetoriais

Foram adquiridos arquivos *shapefiles* concernentes à vegetação, geologia, geomorfologia, limites territoriais municipais e estaduais, disponibilizados pela Secretaria de Planejamento do Estado do Tocantins – SEPLAN/TO, bem como de unidades de conservação municipais, áreas de preservação ambiental e hidrologia, fornecidas pela Saneatins, e de pedologia, gerado pela Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais – INDE.

4.2.4 Modelo Digital de Elevação – MDE

O projeto TOPODATA oferece o Modelo Digital de Elevação (MDE) e suas derivações locais básicas em abrangência nacional. As variáveis geomorfométricas se encontram disponíveis em quadrículas compatíveis com a articulação 1:250.000, com resolução espacial de 30 metros (VALERIANO, 2008).

Para elaboração deste estudo foi utilizada a folha 10s495, conforme a figura 10, disponível para *download* no formato *geotiff*, no endereço eletrônico

<http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/>, cuja obtenção se tornou necessária para execução do procedimento de delimitação automática da bacia.

Figura 10 – Projeto TOPODATA: (a) Localização da folha referente à área de estudo; (b) Dados disponíveis para a folha 10S495



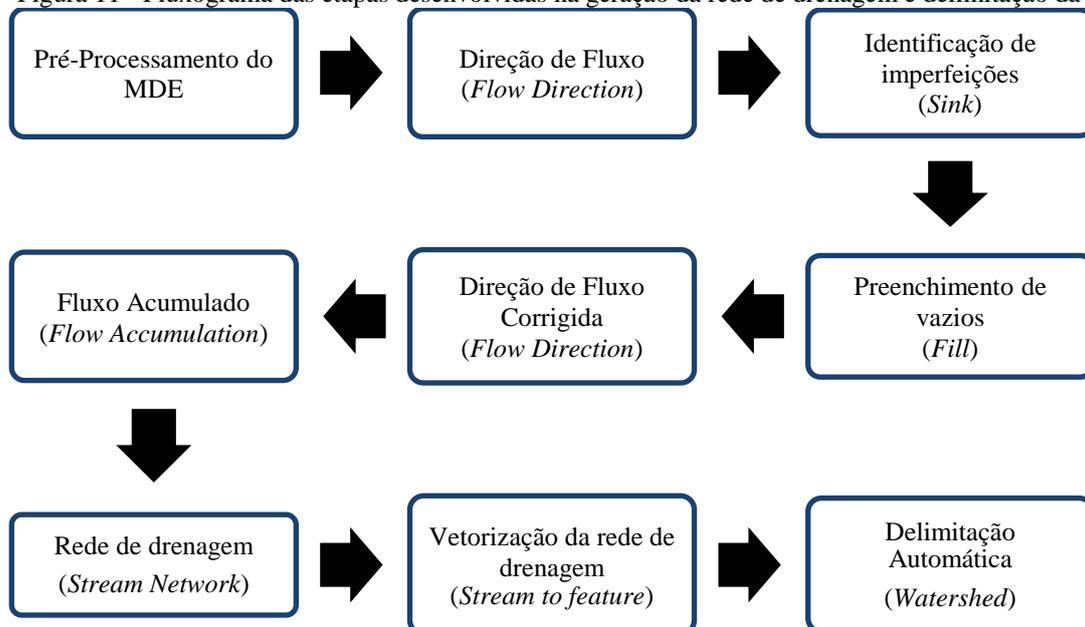
Fonte: Adaptado de TOPODATA (2008)

4.3 Procedimentos Metodológicos

4.3.1 Geração da rede de drenagem e delimitação automática da bacia

A delimitação automática da bacia ocorreu após a extração da rede de drenagem do Modelo Digital de Elevação adquirido para a área em estudo, conforme o fluxograma abaixo:

Figura 11 - Fluxograma das etapas desenvolvidas na geração da rede de drenagem e delimitação da bacia



Preliminarmente, foi necessária a definição do sistema de projeção para o arquivo do MDE, pois o mesmo não possui referência espacial.

Todas as demais etapas foram executadas por intermédio do menu *Spatial Analyst – Hydrology*, do programa *ArcGis*.

A direção dos rios foi gerada a partir da ferramenta *Flow Direction*, que resultou em um arquivo raster, no qual havia distorções. Posteriormente, foi utilizada a ferramenta *Sink*, que identificou os vazios e as possíveis imperfeições no raster de superfície gerado.

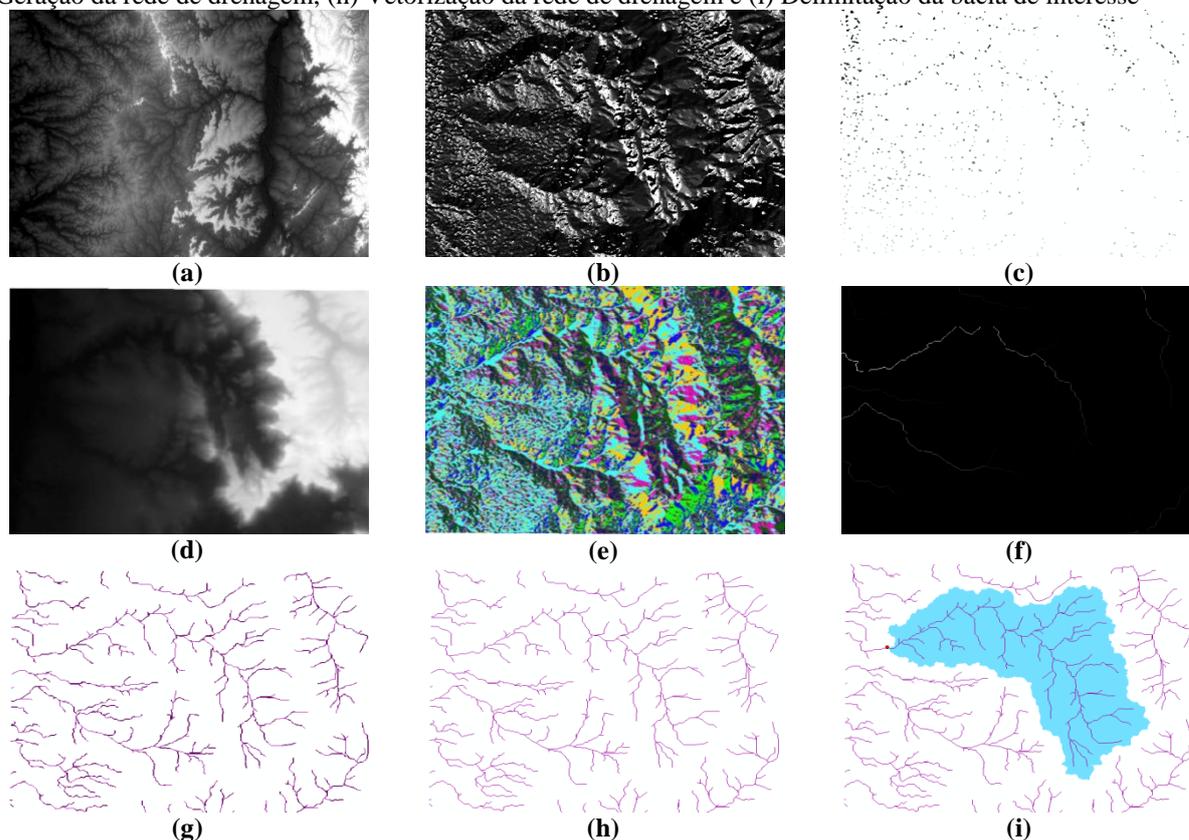
Em seguida, foi executado o comando *Fill* objetivando o preenchimento dos vazios identificados e gerando um novo *Flow Direction* com as devidas correções, a partir desse raster foi criado o processo de *Flow Accumulation*, que determinou a acumulação do fluxo.

Com base no *Flow Accumulation*, foi executada uma expressão algébrica de condição, que determinou a rede de drenagem com base em um limiar, sendo utilizada com uma espécie de filtro para os rios. A hierarquia dos rios pode ser ampliada ou omitida conforme o valor utilizado. Neste caso, foi utilizado o limiar de 500, ressalta-se que, quanto maior os limiares, mais genéricos serão os córregos da rede de drenagem.

Com o intuito de corroborar a rede de drenagem obtida, o arquivo obtido foi sobreposto à imagem de satélite da bacia, para verificar a representatividade da hidrografia.

A bacia do ribeirão Água Fria foi delimitada por meio da execução do comando *Watershed*, a partir da edição de um ponto que correspondesse à confluência do ribeirão com o Lago da Usina Hidrelétrica de Lajeado, conforme etapas representadas na figura 12.

Figura 12 - Sequência de etapas para obtenção de rede de drenagem com informações de topologia no *ArcGis* por intermédio das ferramentas *ArcHydro*: (a) Modelo Digital de Elevação; (b) Direção de fluxo; (c) Identificação de vazios; (d) Correção de vazios; (e) Correção da direção de fluxo; (f) Fluxo acumulado; (g) Geração da rede de drenagem; (h) Vetorização da rede de drenagem e (i) Delimitação da bacia de interesse



Posteriormente, utilizou-se como ferramenta para a ratificação do processo as sobreposições do arquivo vetorial, gerado pela conversão do *raster* de delimitação automática, com a imagem de satélite da bacia, bem como com as curvas de nível geradas por meio do Modelo de Elevação Digital, que possibilitaram a efetivação das correções necessárias.

4.3.2 Correção geométrica e atmosférica das imagens

A correção geométrica compreende a modelagem da relação entre a imagem e o sistema de coordenadas da superfície da Terra. A execução de tal procedimento foi importante em razão das imagens obtidas por meio de satélites no nível orbital apresentarem distorções relacionadas à plataforma (velocidade, altitude e posição), ao instrumento, ao tipo de sensor (varredura mecânica ou eletrônica) e ao modelo da Terra (rotação, esfericidade, relevo, etc.) (SILVA et al., 2012).

Esse processo é fundamental na resolução de vários problemas que ocorrem na área de sensoriamento remoto, tais como: integração de uma imagem à base de dados existente num SIG; fusão de imagens adquiridas por sensores diferentes e na análise de dados multitemporais (DPI/INPE, 2015).

Para a efetivação deste procedimento, preliminarmente, foi realizado o processo de empilhamento das bandas espectrais, por meio da ferramenta *Composite Bands* do *ArcGis*. As bandas 3, 4 e 5 foram utilizadas para compor a imagem em azul, verde e vermelho, respectivamente.

O processo de registro ocorreu com a utilização de uma imagem ortorretificada do satélite Landsat 5, de mesma cena, datada de 12 de junho de 2005, porém adquirida do site *Global Land Cover Facility*, produzida pela *Earth Satellite Corporation – EarthSat* (GLOBAL LAND COVER FACILITY, 2015).

Em cada cena, foram identificados cerca de 20 pontos de controle em feições cuja identificação era inteligível, tais como, corpos d'água e estradas. A imagem ortorretificada foi tomada como referência para obtenção dos pontos e georreferenciamento das demais. O ajuste de coordenadas foi efetivado pelo modelo polinomial de primeiro grau e a função de reamostragem adotada foi a interpolação por “vizinho mais próximo”, disponíveis na ferramenta *Georeferencing*, opção *Rectify*, do programa *ArcGIS*.

A correção dos efeitos atmosféricos ocorreu no programa *ENVI 5.0*, por intermédio do método *Dark Object Subtraction* - DOS ou Subtração de Pixel Escuro – SPE, proposto por Chaves Jr. (1975).

4.3.3 Delimitação das Áreas de Preservação Permanente Marginais

A primeira etapa da delimitação das Áreas de Preservação Permanente Marginais - APPMs consistiu na verificação das larguras dos cursos d'água do ribeirão Água Fria, entretanto como as imagens utilizadas possuem a resolução espacial de 30 metros, optou-se pela utilização do software livre *Google Earth* e visitas em campo para a adequada verificação das distâncias.

Foi possível observar que o curso principal e seus tributários possuem largura inferior a dez metros, além disso, também pode ser observada a existência de reservatórios, localizados no entorno da Rodovia TO-010 e na zona urbana.

As APPMs foram delimitadas a partir do vetor de hidrografia, em projeção horizontal, por intermédio da ferramenta que determina a área de abrangência, denominada *Buffer*, no software *ArcGis*, e do arcabouço legal referente a sua dimensão, constante no artigo 4º da Lei 12.651/2012 e no artigo 3º da Resolução CONAMA n.º 302/2002.

Para os trechos em que os cursos d'água possuem menos de 10 metros, foram atribuídas faixas marginais com área de preservação permanente de trinta metros para cada lado.

Para as áreas no entorno de nascentes, foram atribuídos raios de cinquenta metros, considerando-as como ponto inicial das linhas vetoriais correspondentes aos corpos hídricos.

Para o reservatório com área superior a 20 hectares, foi estabelecida uma faixa marginal de 30 metros e com área inferior a 20 hectares uma faixa de 15 metros.

Figura 13 - Delimitação obtida para um trecho do corpo hídrico e observação da largura na área de estudo



Cabe enfatizar, assim como a apresentado por Guimarães e Carvalho (2013) que, no procedimento de delimitação, a rede hidrográfica foi considerada como um arquivo vetorial constituído por linhas, não sendo apreciado o limite de maior vazão, como estabelece o artigo 2º da Resolução CONAMA n.º 303/2002, em detrimento da ausência de dados que fornecessem estas demarcações.

4.3.4 Definição das classes de cobertura da terra

A primeira etapa para o mapeamento das classes de cobertura da terra consistiu na realização do recorte das imagens de satélite adquiridas, por intermédio do arquivo vetorial gerado que representa a delimitação da bacia do ribeirão Água Fria. A aplicação da máscara de recorte ocorreu pela ferramenta *Extract by Mask* do *ArcToolbox*.

A classificação das imagens foi executada com a ferramenta denominada *Image Classification*, sendo selecionado o modo supervisionado, no qual foram inseridas amostras representativas das classes de uso da terra. A implementação da classificação supervisionada ocorre com base no conhecimento do usuário acerca da área e posterior seleção das classes de interesse, subsidiando ao programa os padrões espectrais típicos destas classes (IBGE, 2013).

Na definição das classes foi utilizado como ferramenta de auxílio o Manual Técnico de Uso da Terra do IBGE (IBGE, 2013), sendo estabelecido como critério a conformidade ou não do uso da terra com a legislação vigente.

A identificação foi efetivada com base na análise visual das imagens e observações “*in loco*”. A coleta de amostras das classes nas imagens ocorreu por intermédio do módulo *Spatil Analyst*, ferramenta *Creat Signatures*.

Conforme as características apresentadas foram estabelecidas e coletadas amostras de treinamento das seguintes classes:

- Área urbana construída: caracterizada pela concentração de unidades habitacionais, estradas e outras obras antrópicas;
- Vegetação nativa: áreas constituídas por formações vegetais naturais;
- Agropecuária: tipologia constituída por áreas com presença de espécies gramíneas forrageiras e cultivo de culturas;
- Corpos d’água: categoria representada por espelhos d’água de qualquer natureza;
- Solo Exposto: área desprovida de cobertura vegetal.

Sendo consideradas como de uso indevido nas APPs as áreas de solo exposto, agropecuária e área urbana construída.

O método de classificação selecionado é denominado de Máxima Verossimilhança (MAXVER) e classifica por pixel, utilizando as amostras de treinamento representativas das classes a serem mapeadas para extrair das imagens os grupamentos mais homogêneos, de forma a compor a unidade de mapeamento, ou o polígono (IBGE, 2013).

4.3.5 Análise da cobertura e identificação de conflitos

Os resultados provenientes da classificação serviram de base para a análise espaço-temporal da cobertura da terra da bacia do Ribeirão Água Fria e de suas APPs que margeiam os corpos hídricos e nascentes, nos anos de 1991, 2004, 2011 e 2015. O mapeamento da cobertura e uso da terra do município de Palmas, realizado pela Secretária de Planejamento do Estado do Tocantins para os anos de 1990, 2000 e 2007, foi utilizado como ferramenta de auxílio na verificação das classificações obtidas.

Posteriormente, os dados gerados foram concatenados em um *geodatabase* e as áreas, absoluta, em km², e relativa, foram mensuradas por meio da tabela de atributos, do programa *ArcGis*.

A definição da área ocupada por cada classe no decorrer dos supracitados anos permitiu a apreciação da dinâmica espaço-temporal concernente ao uso e ocupação da bacia, bem como a prossecução de gráficos comparativos.

A identificação de possíveis conflitos na ocupação das APPs foi verificada mediante a sobreposição e intersecção da área correspondente as classes de cobertura da terra com o arquivo vetorial contendo a delimitação das APPs, com o auxílio da ferramenta *Intersect* do *ArcGis*.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A classificação automática das imagens do sensor TM/Landsat 5 resultou em oito mapas de cobertura da terra da bacia e das Áreas de Preservação Permanente do ribeirão Água Fria, referente aos anos de 1994, 2004, 2011 e 2015, constantes no Apêndice.

5.1 Cobertura da terra da BHAF em 1991

A geração do mapa de cobertura da terra da BHAF do ano de 1991 possibilitou a individualização e quantificação das áreas ocupadas pelas classes determinadas, consoante valores apresentados na tabela 3.

Tabela 3 - Quantificação das classes de uso e ocupação do solo da BHAF no ano de 1991

Classes	Área (km²)	% de Área da BHAF
Agropecuária	25,84	28,71
Área Urbana Construída	1,19	1,33
Corpos d'água	0,83	0,93
Solo Exposto	1,29	1,43
Vegetação Nativa	60,84	67,60
TOTAL	90,00	100,00

A classe vegetação nativa apresentou maior representatividade na área, ocupando cerca de 60,84 km², equivalente a 67,60% da BHAF. Tal fato pode demonstrar que ainda não havia ocorrência frequente de desmatamento e ocupações humanas na região, proporcionando a conservação dos recursos naturais desta área, que pode ser corroborado pelo baixo valor apontado para a classe área urbana construída, totalizando 1,19 km² e indicando baixa incidência de atividades antrópicas na área.

A classe agropecuária apresentou um índice relevante na área, ocupando 28,71% da BHAF. Por se tratar de um período recente à instalação do município de Palmas, com o setor de serviços começando a se desenvolver, as atividades agropecuárias apresentavam significância na região.

A classe solo exposto ocupava 1,29 km² da BHAF, parte de sua área se concentrou na extensão que, posteriormente, foi ocupada com loteamentos e construções localizadas na zona urbana de Palmas-TO.

A classe corpos d'água foi identificada em 0,25 km² da bacia, ressaltando que no ano de 1991 ainda não havia sido constituído o lago da Usina Hidrelétrica Luis Eduardo

Magalhães, após sua formação essa classe sofreu acréscimo em detrimento do surgimento de reservatórios.

Como já fora apresentado, na área da bacia podem ser identificadas porções das zonas urbana e rural, das unidades de conservação municipal do Água Fria e das Arnos, do Parque Estadual do Lajeado e da Área de Proteção Ambiental da Serra do Lajeado. Com o intuito de proceder na identificação da predominância das classes agropecuária, área urbana construída, corpos d'água, solo exposto e vegetação nativa nestes domínios, foi executada a intersecção das supracitadas áreas com o mapa de uso e cobertura da terra da BHAF gerado para o ano de 1991.

A zona urbana identificada na extensão da BHAF ocupa uma área equivalente a 6,44 km². Na imagem classificada para o ano de 1991, pode ser identificada em 75,04% desta área a cobertura da terra pela classe agropecuária, enquanto a classe vegetação nativa ocupava 11,87%, seguida pelas classes área urbana construída, solo exposto e corpos d'água que atingiriam os percentuais de 6,50%, 6,46% e 0,13%, respectivamente.

O quantitativo de área da bacia abrangido pela zona rural foi de aproximadamente 83,56 km². A classe vegetação nativa predominou neste território, sendo observada em 71,93% desta área, posteriormente a classe de maior relevância foi a de agropecuária, abrangendo 25,12%. As classes representativas de solo exposto, corpos d'água e área urbana construída apresentaram valores diminutos, sendo de 1,04%, 0,98% e 0,93%, respectivamente.

Na área equivalente a 7,24 km², ocupada pelas unidades de conservação municipal na BHAF, denominadas de Água Fria e das Arnos, 67,42% corresponderam à classe vegetação nativa, enquanto 29,86% representavam a classe agropecuária, 1,2% área urbana construída, 0,62% corpos d'água e 0,90% solo exposto. Embora as aludidas unidades tenham sido instituídas apenas no ano de 2007, com o intuito de interligar as unidades de conservação já existentes ao Lago da Usina Hidrelétrica Luís Eduardo Magalhães, proporcionando subsídios à formação de corredores ecológicos, inferiu-se quanto à classificação das mesmas no ano de 1991 objetivando observar quais substituições de cobertura da terra ocorreram nestes domínios nos demais anos em estudo, assemelhando-se a situação do Parque Estadual do Lajeado, instituído apenas no ano de 2001, e da Área de Proteção Ambiental da Serra do Lajeado, criada no ano de 1997.

A Área de Proteção Ambiental da Serra do Lajeado se trata de uma Unidade de Conservação de Uso Sustentável que possui uma área de aproximadamente 1.214,18 km², sendo que destes, 55,95 km² se encontram inseridos na BHAF, sendo a unidade de maior

relevância na bacia dentre as identificadas. Na classificação da BHAF pode-se identificar que 78,27% da área da APA correspondem à classe vegetação nativa, à medida que da proporção restante 19,76% se referem à classe agropecuária, 1,28% corpos d'água, 0,37% área urbana construída e 0,30% solo exposto.

A extensão territorial do Parque Estadual do Lajeado é de 99,31 km², trata-se de uma unidade circundada pela APA situada na porção leste da BHAF, ocupando 6,05 km² da extensão da bacia. Consoante os dados de classificação de cobertura da terra da BHAF gerados para a imagem de 1991, a classe vegetação nativa se demonstrou predominante na área ocupada pelo PEL, representando 95,88%, enquanto a classe agropecuária foi observada em 3,97%, seguida por valores irrisórios de corpos d'água, solo exposto e área urbana construída, de 0,06%, 0,03% e 0,06%, respectivamente.

Paz (2009) ressalta que, no ano de 1991, no início do processo de urbanização de Palmas, a ocupação ocorreu de forma desordenada, ocasionando problemas de infraestrutura e de meio ambiente, fragilizando, principalmente, a população de baixa renda, que não se encontrava instalada em locais apropriados. O governo estadual, que era proprietário da área territorial do município de Palmas, distribuiu grande parcela desta área a várias instituições, mesmo antes da instituição da lei de uso do solo.

5.2 Cobertura da terra da BHAF em 2004

A geração do mapa de cobertura da terra da BHAF do ano de 2004 possibilitou a individualização e quantificação das áreas ocupadas pelas classes agropecuária, área urbana construída, corpos d'água, solo exposto e vegetação nativa, consoante valores apresentados na tabela 4.

Tabela 4 - Quantificação das classes de uso e ocupação do solo da BHAF no ano de 2004

Classes	Área (km²)	% de Área da BHAF
Agropecuária	19,19	21,33
Área Urbana Construída	7,89	8,77
Corpos d'água	0,55	0,61
Solo Exposto	2,59	2,88
Vegetação Nativa	59,77	66,41
TOTAL	90,00	100,00

A classe vegetação nativa representou o maior percentual da área da BHAF, ocorrendo em 66,41%, totalizando 59,77 km², enfatiza-se que nesse período já havia ocorrido

à criação da Área de Proteção Ambiental da Serra do Lajeado, de 20 de maio de 1997, e do Parque Estadual do Lajeado, em 11 de maio de 2001, o que pode ter contribuído para a preservação da vegetação.

O aumento populacional ocorrido no município de Palmas entre os anos de 1991 e 2004, concomitante com a especulação imobiliária ocorrida na área de estudo, podem ter refletido no valor identificado para a classe área urbana construída, de 7,89 km², representando 8,77% da área da BHAF, bem como da classe solo exposto, que pode ser identificada em 2,59 km² da bacia.

Ressalta-se que, no município em estudo, podem ser identificados vazios urbanos e que há uma problemática concernente a ocupação desses vazios proporcionada pela prática especulativa, que promove óbices no preenchimento dos mesmos em razão dos elevados preços das terras urbanas. Tal fato gera a procura por áreas novas que sejam mais baratas, surtindo na expansão horizontal da cidade.

O crescimento da classe área urbana construída ocorreu, principalmente, na porção oeste da BHAF, em seu exutório, onde a topografia é mais plana, fato este que pode aumentar os riscos associados às inundações.

A implantação de reservatórios artificiais na região foi representada pela classe corpos d'água, ocorrendo em 0,55 km² da BHAF.

O índice apresentado para a classe agropecuária sofreu um decréscimo, sendo representada em 19,19 km² da BHAF, corroborando a possibilidade da instituição da APA do Lajeado e do PEL ter proporcionado uma maior conservação da região.

No que concerne à porção de zona urbana da BHAF classificada para a imagem do ano de 2004, a classe área urbana construída foi predominante, ocorrendo em 64,35% desta área, pode-se perceber que a maior parte destes espaços eram ocupados na imagem de 1991 pela classe agropecuária, que passou a preencher 16,47% da cobertura da terra, seguido das classes vegetação nativa, solo exposto e corpos d'água, com 9,51%, 9,39% e 0,28%, respectivamente.

Na extensão abrangida pela zona rural persistiu a dominância da classe vegetação nativa, sendo identificada em 70,85%, sua relevância nesta área se torna condizente com a ocupação, pois se trata de uma porção da bacia no qual ainda não era identificado parcelamento do solo de forma intensificada. A classe agropecuária ocupou 21,75%, enquanto a área urbana construída foi localizada em 4,46%, solo exposto em 2,37% e corpos d'água em 0,66%.

Na proporção abrangida pelas unidades de conservação municipal da Água Fria e das Arnos ocorreu predominância da classe vegetação nativa, ocupando 67,42% da supracitada área, prosseguida das classes agropecuária, área urbana construída, corpos d'água e solo exposto, com 15,11%, 8,53%, 5,47% e 3,47%, respectivamente, ressalta-se que a UCM da Água Fria se localiza no entorno da zona urbana e abrange o baixo curso do ribeirão Água Fria, enquanto a UCM das Arnos ocupa a região central da aludida zona, sendo substancial o predomínio da vegetação nativa nestes espaços.

Na porção abrangida pelo Parque Estadual do Lajeado na BHAF foi possível verificar que a classe vegetação nativa se apresentou em fração extremamente superior as demais, sendo constatada em 97,09% da área, sendo os demais valores apontados de 2,45%, 0,18%, 0,16% e 0,12%, relativos de modo respectivo às classes de agropecuária, corpos d'água, área urbana construída e solo exposto.

Na dimensão representada pela Área de Proteção Ambiental da Serra do Lajeado ocorreu predomínio da classe vegetação nativa, sendo reconhecida em 78,40% da extensão da APA na bacia, prosseguida das classes agropecuária identificada em 18,03%, solo exposto em 1,96%, área urbana construída em 1,57% e corpos d'água em 0,04%.

Analisando concomitantemente as proporções dos domínios identificados na BHAF pode-se inferir que apenas na zona urbana a classe vegetação nativa não foi apontada como dominante, em decorrência desta zona ser caracterizada pela concentração de unidades habitacionais.

5.3 Cobertura da Terra da BHAF em 2011

A geração do mapa de cobertura da terra da BHAF do ano de 2011 possibilitou a individualização e quantificação das áreas ocupadas pelas classes determinadas, consoante valores apresentados na tabela 5.

Tabela 5 - Quantificação das classes de uso e ocupação do solo da BHAF no ano de 2011

Classes	Área (km ²)	% de Área da BHAF
Agropecuária	23,24	25,82
Área Urbana Construída	7,44	8,26
Corpos d'água	0,37	0,42
Solo Exposto	0,55	0,61
Vegetação Nativa	58,40	64,89
TOTAL	90,00	100,00

Percebe-se que na imagem classificada para o ano de 2011 a classe vegetação nativa se manteve como de maior representatividade na área da BHAF, ocupando 58,40 km², equivalente ao percentual de 64,89% da região em estudo.

A área representada pela classe área urbana construída obteve uma redução diminuta na sua extensão, totalizando 7,44 km².

Ainda no ano de 2011, a classe agropecuária passou a ocupar 25,82% da área, correspondendo a 23,24 km², observou-se o aumento desta classe na área da APA do Lajeado e do PEL e pode ser detectada uma conversão das áreas de vegetação em agropecuária, principalmente na porção leste da BHAF.

Na extensão abrangida pela zona urbana na BHAF se identificou que a classe área urbana construída, assim como na imagem classificada do ano de 1991, ocorreu de forma predominante, ocupando 64,25% do domínio territorial da aludida zona, prosseguida das classes representantes da cobertura agropecuária, vegetação nativa, solo exposto e corpos d'água, sendo verificadas em proporções de 22,16%, 10,94%, 2,39% e 0,26%, respectivamente.

Na zona rural da bacia se pode constatar que uma fração de 69,08% era relativa à classe vegetação nativa, enquanto a classe agropecuária foi apontada em 26,09%, área urbana construída em 3,93%, solo exposto em 0,47% e corpos d'água em 0,43%.

No domínio representado pelas unidades de conservação municipal permaneceu como de maior representatividade a classe vegetação nativa, abrangendo 65,70% desta área na bacia, sendo as proporções restantes de 21,92%, 8,24%, 2,48% e 1,66%, apontadas, de modo respectivo, como as classes agropecuária, área urbana construída, corpos d'água e solo exposto.

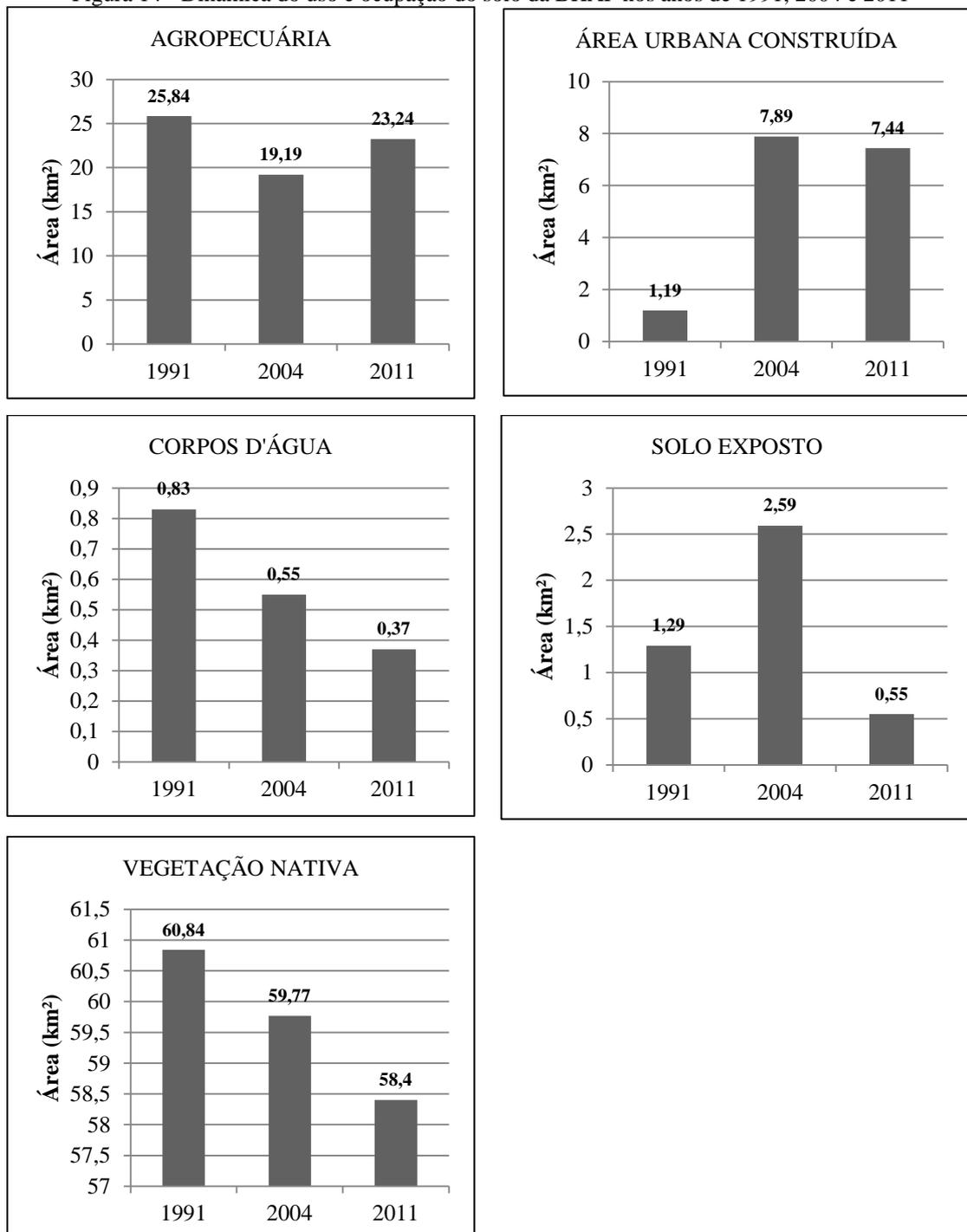
Na porção do Parque Estadual do Lajeado apresentada na bacia obteve-se uma fração de 97,09% ocupada pela classe vegetação nativa, sendo as demais classes, em ordem crescente de predomínio, agropecuária, corpos d'água, área urbana construída e solo exposto, abrangendo 2,45%, 0,18%, 0,16% e 0,12% da área.

No domínio da Área de Proteção Ambiental da Serra do Lajeado identificado na BHAF, a classe vegetação nativa foi detectada em um percentual bastante expressivo, ocupando 96,80% da área, enquanto as proporções das demais classes se apresentaram em quantitativos reduzidos, no quais a área urbana construída apresentou 1,67%, agropecuária em 1,22%, solo exposto 0,18% e corpos d'água em 0,13%.

5.4 Evolução da Cobertura da Terra da BHAF

A dinâmica da cobertura da terra da BHAF nos anos de 1991, 2004 e 2011, subsidiada por intermédio da interpretação e individualização das classes agropecuária, área urbana construída, corpos d'água, solo exposto e vegetação nativa pode ser observada na figura 14.

Figura 14 - Dinâmica do uso e ocupação do solo da BHAF nos anos de 1991, 2004 e 2011



Analisando os gráficos executados pode-se inferir que, no decorrer dos supracitados anos, a classe vegetação nativa apresentou maior representatividade na área da BHAF, embora tenha sido verificada uma supressão da referida classe em 2,44 km² entre os anos de 1991 e 2004, foram constatadas proporções significantes desta classe na bacia, as frações variaram entre 67,6 e 64,89%, pode-se inferir que as unidades de conservação estabelecidas nesta área contribuem para a manutenção das suas áreas verdes.

Realizando confronto entre os dados obtidos nas imagens classificadas de 1991, 2004 e 2011, pode-se detectar que houve uma variação irregular nos quantitativos apresentados para a classe agropecuária, ocorreu uma redução de 6,65 km² entre 1991 e 2004, enquanto houve um acréscimo de 4,05 km² de 2004 para 2011.

Nas áreas ocupadas pela classe área urbana construída a alteração também ocorreu de maneira inconstante, foi observado um crescimento de 6,7 km² entre as imagens classificadas para o ano de 1991 e 2004, pode-se afirmar que esse valor crescente apresentado ocorreu em detrimento do aumento da especulação imobiliária promovida tanto na zona urbana da BHAF, quanto em seu entorno. Além disso, o baixo valor detectado para o ano de 1991 pode ser justificado pela recente implantação do município, ocorrida no ano de 1989, a partir desse período é que passa a ocorrer um aumento populacional acompanhado pela apropriação de novas áreas e intensificação das atividades antrópicas. Já em relação aos anos de 2004 e 2011 foi verificada uma supressão da classe área urbana construída em 0,45 km².

A classe corpos d'água também apresentou variações no decorrer do período em estudo. A princípio, os corpos d'água ocupavam 0,83 km², posteriormente, no ano de 2004, no qual já haviam sido implantados reservatórios artificiais, tais como o do projeto de piscicultura desenvolvido pela Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária – EMBRAPA, ocorreu um pequeno decréscimo de 0,28 km² no espaço abrangido pela classe, e no ano de 2011, novamente uma redução em 0,18 km², na imagem deste ano foi possível identificar alterações na resposta espectral dos reservatórios, indicando redução do nível d'água, singularmente no que ocupa maior área, de responsabilidade da EMBRAPA.

Os espaços ocupados pela classe de solo exposto sofreram um acréscimo entre os anos de 1991 e 2004 de 1,3 km² e, posteriormente, uma significativa redução de 1,3 km² de 2004 para 2011.

Tratando-se das classes identificados nos domínios da BHAF, sendo eles, conforme já citado: zona urbana, zona rural, unidades de conservação municipal do Água Fria e das Arnos, Parque Estadual do Lajeado e Área de Proteção Ambiental da Serra do Lajeado, salienta-se que a classe vegetação nativa ocorreu de forma predominante para as três imagens

classificadas nas unidades de conservação, na zona rural, no PEL e na APA. Sendo que apenas no domínio da zona urbana observou-se o predomínio da classe agropecuária no ano de 1991 e da classe área urbana construída nos demais anos.

Ainda no que se refere ao Parque Estadual do Lajeado e a Área de Proteção Ambiental da Serra do Lajeado, cabe destacar que o processo de regularização fundiária destas unidades ainda se encontra em fase de andamento, consoante levantamento preliminar apresentado pela Gestão de Unidades de Conservação do Tocantins – GESTO, no Parque Estadual do Lajeado encontram-se apenas 13 imóveis totalmente inseridos, enquanto não são fornecidos dados para a Área de Proteção Ambiental da Serra do Lajeado (GESTO, 2015).

5.5 Evolução da Cobertura da Terra das Áreas de Preservação Permanente Marginais da BHAF

A delimitação das Áreas de Preservação Permanente Marginais da BHAF interseccionada com a classificação automática gerada para a cobertura da terra da bacia possibilitaram a análise e quantificação das classes agropecuária, área urbana construída, corpos d'água, solo exposto e vegetação nativa presentes na região de estudo.

As APPMs delimitadas ocupam uma área total de 5,5 km², que corresponde a 6,11% da área total delimitada para a BHAF.

Na imagem gerada para o ano de 1991, consoante à tabela 6, pode-se detectar que a classe de vegetação nativa apresentou a maior relevância nas APPMs, atingindo 87,70% destas áreas e ocupando 4,82 km², seguida pela classe de agropecuária, com 10,60%, solo exposto com 0,84%, corpos d'água 0,56% e área urbana construída com 0,30%.

Tabela 6 - Quantificação das classes de uso e ocupação do solo das Áreas de Preservação Permanente Marginais da BHAF no ano de 1991

Classe	Área (km²)	% de Área da APPM
Agropecuária	0,58	10,60
Área Urbana Construída	0,02	0,30
Corpos d'água	0,03	0,56
Solo Exposto	0,05	0,84
Vegetação Nativa	4,82	87,70
TOTAL	5,50	100,00

Para o mapa de classificação do ano de 2004, persistiu a dominância da classe de vegetação nativa, constando em 83,86% das áreas, abrangendo 4,61 km². As classes de agropecuária, área urbana construída, corpos d'água e solo exposto ocuparam valores menos

significativos, sendo, de modo respectivo, 11,42%, 2,26%, 1,70% e 0,75%, mas constatando que há cursos d'água que constituem a BHAF desprovidos de vegetação ripária, conforme apresentado na tabela 07.

Tabela 7 - Quantificação das classes de uso e ocupação do solo das Áreas de Preservação Permanente Marginais da BHAF no ano de 2004

Classe	Área (km²)	% de Área da APPM
Agropecuária	0,63	11,42
Área Urbana Construída	0,12	2,26
Corpos d'água	0,09	1,70
Solo Exposto	0,04	0,75
Vegetação Nativa	4,61	83,86
TOTAL	5,50	100,00

Os resultados obtidos para o ano de 2011 indicaram a continuidade do prevailecimento da classe vegetação nativa nas Áreas de Preservação Permanente Marginais da bacia hidrográfica do ribeirão Água Fria, abrangendo 83,13%, que representa 4,57 km² do espaço ocupado pelas APPMs, de acordo com dados apresentados na tabela 8. As classes agropecuária, área urbana construída, corpos d'água e solo exposto também foram identificadas e representadas pelas proporções de 14,68%, 1,50%, 0,65% e 0,03%, respectivamente.

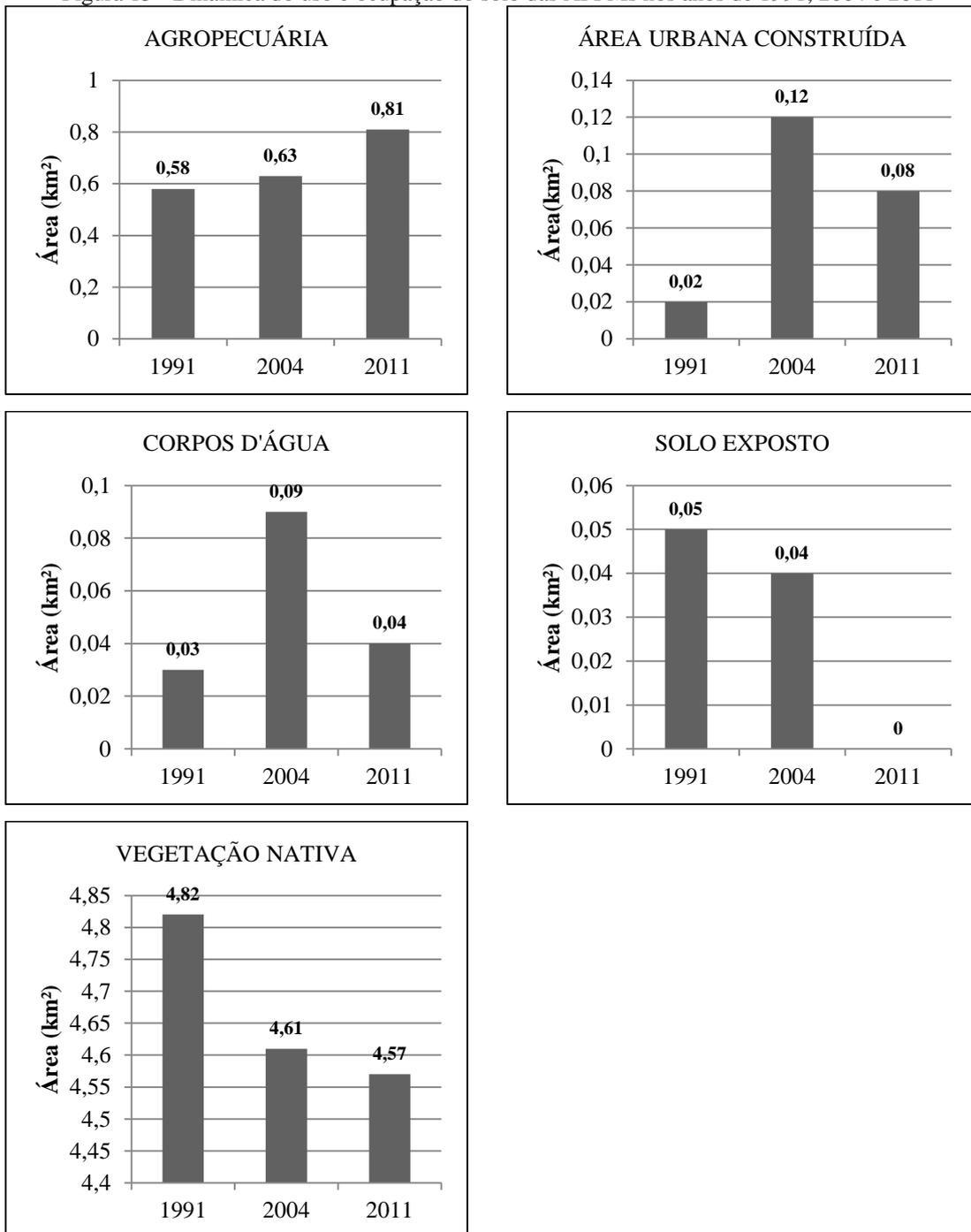
Tabela 8 - Quantificação das classes de uso e ocupação do solo das Áreas de Preservação Permanente Marginais da BHAF no ano de 2011

Classe	Área (km²)	% de Área da APPM
Agropecuária	0,81	14,68
Área Urbana Construída	0,08	1,50
Corpos d'água	0,04	0,65
Solo Exposto	0,00	0,03
Vegetação Nativa	4,57	83,13
TOTAL	5,50	100,00

Mediante os dados apresentados para a cobertura da terra das APPMs pode-se inferir que, nas três imagens classificadas para o período em estudo, pode-se constatar, em valores diminutos, as classes representativas de uso indevido destas áreas, sendo elas: agropecuária, solo exposto e área urbana construída.

A dinâmica da cobertura da terra das APPMs nos anos de 1991, 2004 e 2011 pode ser observada na figura 15.

Figura 15 - Dinâmica do uso e ocupação do solo das APPMs nos anos de 1991, 2004 e 2011



No decorrer dos supracitados anos, a classe vegetação nativa apresentou maior notabilidade nas Áreas de Preservação Permanente Marginais, ocupando uma média de, aproximadamente, 84,89% de extensão da área destas. Houve um decréscimo de 0,21 km² da aludida classe, entres os anos de 1991 e 2004, e contínua supressão de 0,04 km², no período de 2004 a 2011.

As classes de agropecuária, área urbana construída, corpos d'água e solo exposto, que indicam infração aos usos preconizados pelo Código Florestal, fizeram-se presentes nas classificações dos três anos analisados, excetuando-se a classe solo exposto no ano de 2011.

A classe agropecuária sofreu aumentos nas três imagens analisadas, sendo o acréscimo entre 1991 e 2004 de 0,05 km² e de 2004 a 2011 de 0,18 km².

Os valores apontados para a ocupação da classe área urbana construída nas APPMs apresentaram um crescimento de 0,10 km² entre 1991 e 2004 e posterior redução de 0,04 km² entre 2004 e 2011.

No quantitativo verificado para a classe representada pelo solo exposto foi possível verificar valores irrisórios, de 0,05 km² e 0,04 km², para os anos de 1991 e 2004, respectivamente, e ausência da classe no ano de 2011.

5.6 Cobertura da terra da BHAF em 2015

Com o intuito de gerar dados mais atualizados acerca da área em estudo fora utilizada uma imagem do satélite Landsat 8, datada de 23 de maio de 2015, cuja resolução espacial é de 15 metros.

A geração do mapa de cobertura da terra da BHAF do ano de 2015 possibilitou a individualização e quantificação das áreas ocupadas pelas classes agropecuária, área urbana construída, corpos d'água, solo exposto e vegetação nativa, consoante valores apresentados na tabela 9.

Tabela 9 - Quantificação das classes de uso e ocupação do solo da BHAF no ano de 2015

Classes	Área (km²)	% de Área da BHAF
Agropecuária	18,10	20,12
Área Urbana Construída	7,21	8,01
Corpos d'água	0,80	0,89
Solo Exposto	4,51	5,01
Vegetação Nativa	59,38	65,98
TOTAL	90,00	100,00

Pode-se observar que a classe vegetação nativa obteve maior predominância na área de estudo, ocupando 65,98% da BHAF, equivalente a 59,38 km². Posteriormente, a classe de maior relevância foi a de agropecuária, abrangendo uma proporção de 20,12%, correspondente a 18,10 km² da bacia.

Cabe ressaltar, ainda, a representatividade da classe área urbana construída, que ocupou 8,01% da área da bacia, sendo mais perceptível, em decorrência da resolução da imagem, a visualização do desenvolvimento de parcelamento do solo na zona rural da BHAF, principalmente no entorno do corpo hídrico e na região do alto curso no qual se encontram localizadas suas nascentes.

A classe solo exposto pode ser identificada em 4,51 km² do território delimitado para a bacia, enquanto os corpos d'água foram detectados em 0,80 km² da área.

Concernente aos domínios identificados na BHAF, na zona urbana prevaleceu a classe área urbana construída, sendo apontada em 59,07% da área, seguida das classes agropecuária, vegetação nativa, solo exposto e corpos d'água, com as proporções de 17,86%, 15,21%, 7,82% e 0,03%, respectivamente.

Na área caracterizada como zona rural pode-se verificar a dominância da classe vegetação nativa, sendo observada em 69,94% da área, enquanto a classe agropecuária abrangeu 20,26%, solo exposto 4,76%, área urbana construída 4,08% e corpos d'água 0,95%.

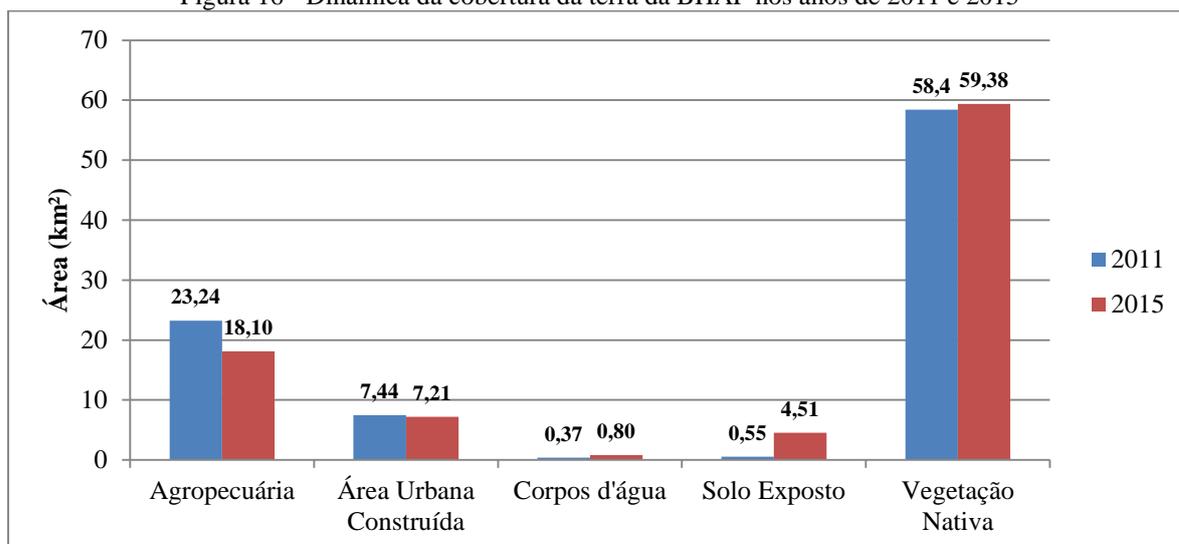
No espaço preenchido pelas unidades de conservação municipal do Água Fria e das Arnos, consoante a classificação da cobertura da terra efetivada, a classe vegetação nativa foi de maior representatividade, ocupando 67,56% da área, seguida das classes agropecuária, área urbana construída, solo exposto e corpos d'água, com as proporções de 13,99%, 6,75%, 6,47% e 5,23%, respectivamente.

Concernente ao domínio representativo do Parque Estadual do Lajeado na bacia, 94,20% da área caracterizou-se pela classe vegetação nativa, que também predominou na Área de Proteção Ambiental da Serra do Lajeado, ocorrendo em 75,80% da extensão deste espaço. Na APA, os valores obtidos, de modo respectivo, para as classes agropecuária, área urbana construída, solo exposto e corpos d'água foram de 19,33%, 1,46%, 3,09% e 0,31.

Ao efetivar a análise da cobertura da terra gerada para o ano de 2015, por intermédio de imagem do satélite Landsat 8, com os dados obtidos a partir da imagem de 2011 do satélite Landsat 5, tem-se a figura 16 contendo o quantitativo de área, em km², ocupada pelas classes.

De forma geral, pode-se observar que entres os anos de 2011 e 2015, duas das classes sofreram decréscimo em sua área, sendo elas a de agropecuária e área urbana construída, com reduções de 5,14 km² e 0,23 km², respectivamente, enquanto as classes vegetação nativa, corpos d'água e solo exposto obtiveram um acréscimo de 0,98 km², 0,43 km² e 3,96 km², respectivamente.

Figura 16 - Dinâmica da cobertura da terra da BHAF nos anos de 2011 e 2015



Referente à cobertura da terra identificada para as Áreas de Preservação Permanentes Marginais na imagem classificada para o ano de 2015 tem-se os valores apresentados na tabela 10.

Tabela 10 - Quantificação das classes de uso e ocupação do solo das Áreas de Preservação Permanente Marginais da BHAF no ano de 2015

Classes	Área (km²)	% de Área da APPM
Agropecuária	0,61	11,08
Área Urbana Construída	0,03	0,59
Corpos d'água	0,00	0,00
Solo Exposto	0,11	2,01
Vegetação Nativa	4,75	86,32
TOTAL	5,50	100

Por intermédio dos valores apresentados pode-se afirmar que no ano de 2015 as classes representativas de uso indevido, agropecuária, área urbana construída e solo exposto, continuaram a ser identificadas, sendo apontadas em 13,68% das Áreas de Preservação Permanentes Marginais delimitadas.

6 – CONCLUSÃO

A partir da análise espaço-temporal do uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do ribeirão Água Fria e das suas Áreas de Preservação Permanente Marginais, pode-se concluir que:

1. No período analisado, houve uma tendência de aumento da classe área urbana construída na BHAF, que pode ter sido proporcionada pela especulação imobiliária ocorrida na área urbana, que abrange loteamentos cujas terras possuem valor inferior aos praticados no mercado de imóveis do município de Palmas-TO, bem como por essas áreas se situarem próximas ao centro da cidade, no quais se concentram os serviços, além do crescimento de unidades habitacionais na zona rural da bacia;

2. Apesar da propensão à urbanização da bacia, pode-se observar a importância da instituição de unidades de proteção ambiental na BHAF, que podem ter refletido nos valores identificados para a classe vegetação nativa, que variaram de 64,89% a 67,6%, no decorrer dos anos de estudo, sendo necessário efetivar o processo de regularização fundiária destas unidades e levantar os loteamentos irregulares existentes, procedendo com a regulamentação dos mesmos;

3. As áreas de uso indevido nas Áreas de Preservação Permanente Marginais, representadas pelas classes de agropecuária, área urbana construída e solo exposto, corresponderam nos anos de 1991, 2004 e 2011 às proporções de 11,74%, 14,43% e 16,21%, respectivamente, apontando para a necessidade de ações de fiscalização e monitoramento dos órgãos públicos competentes.

4. Os dados apresentados pela classificação da imagem do ano de 2015, cuja resolução espacial é superior as dos demais anos em estudo, foram condizentes com os quantitativos que já haviam sido observados nas imagens de 1991, 2004 e 2011. Neste ano, também foram identificadas áreas de uso indevido nas APPMs, abrangendo 13,68% das áreas das mesmas.

REFERÊNCIAS

ALSTON, L. G.; MULLER, B. Legal reserve requirements in Brazilian forests: path dependent evolution of de facto legislation. **Revista Economia**, Brasília, vol. 8, nº 4, 2008, pp. 25-53.

BARROS, K. O. et al. Análise temporal das classes de uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica do Rio Vieira, Montes Claros, Minas Gerais. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 5, n. 2, caderno I, p. 43-54, ago. 2013.

BENJAMIN, A. H. V. A proteção das florestas brasileiras: ascensão e queda do código florestal. **Revista de Direito Ambiental**, São Paulo: Revista dos Tribunais, n.18, p. 22-23, abr./jun. 2000. Disponível em: <<http://bdjur.stj.jus.br/jspui/handle/2011/8962>>. Acesso em 28/09/2015. Palestra proferida em Brasília, no dia 17/01/2000.

Brasil. Ministério das Minas e Energia. Secretária Geral. Projeto RADAMBRASIL. Levantamentos dos Recursos Naturais - Folha SF 23-24; Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação, Uso potencial da Terra. Rio de Janeiro: IBGE, 1983.

_____. Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Institui o Estatuto da Cidade. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF (2001 jul.).

_____. Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979. Dispõe sobre o parcelamento do solo urbano. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF (1979 dez.).

_____. 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 (2012 mai.).

_____. Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o Código Florestal Brasileiro. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF (1965 set.).

_____. Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF (1997 jan.).

_____. Ministério do Meio Ambiente. Resolução nº 302, de 20 de março de 2002. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de Reservatórios Artificiais e o Regime de Uso do Entorno. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF (2002 mar.).

_____. Ministério do Meio Ambiente. Resolução nº 303, de 20 de março de 2002. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF (2002 mar.).

_____. Ministério do Meio Ambiente. Resolução nº 369, de 28 de março de 2006. Dispõe sobre casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em Área de Preservação Permanente. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF (2006 mar.).

BROOKS, K.N.; P.F. FFOLIOT; H.M. GREGERSEN; J.L. THAMES, 1991. Hydrology and the Management of Watersheds. Iowa State University Press. 391 p.

CÂMARA, G.; DAVIS.C.; MONTEIRO, A.M.; D'ALGE, J.C. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos, INPE, 2001 (on-line, 2a. edição, revista e ampliada). Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/>> Acesso em: março, 2015.

CAPOBIANCO, J. P.; JACOBI, P. R. O dia em que faltou água na torneira. **Folha de S. Paulo**, 28.11.2014. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/opiniaio/2014/11/1554281-joao-paulo-capobianco-e-pedro-roberto-jacobi-o-dia-em-que-faltou-agua-na-torneira.shtml>>. Acesso em: 3 mar. 2015.

CHAVES JR., P. S. Atmospheric, solar and MTF corrections for ERTS digital imagery. **Phoenix**: American Society Photogrammetry Fall Conference, 69 p. 1975.

CHAVES, H. M. L.; SANTOS, L. B. DOS. Ocupação do solo, fragmentação da paisagem e qualidade da água em uma pequena bacia hidrográfica. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, p.922-930, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662009000700015>.

CORIOLOANO, C. P.; PINHEIRO, R. T. Unidades de conservação em área urbana: o (des)caso de Palmas/TO. **Revista Jus Navigandi**, Teresina, ano 16, n. 3002, 20 set. 2011. Disponível em: <<https://jus.com.br/artigos/20025>>. Acesso em: 15 mar. 2015.

COSTA, T. C. C., SOUZA, M. G., BRITES, R. S. Delimitação e caracterização de áreas de preservação permanente por meio de um Sistema de Informações Geográficas (SIG). **Revista Árvore**. Viçosa - MG, v.20, n.1, p.129 - 135, 1996.

COUTINHO, L. M.; ZANETTI, S. S., CECÍLIO, R. A.; GARCIA, G. O.; XAVIER, A. C. Usos da Terra e Áreas de Preservação Permanente (APP) na Bacia do Rio da Prata, Castelo-ES. **Floresta e Ambiente**, 2013, out./dez, 20 (4), p. 425-434. <http://dx.doi.org/10.4322/floram.2013.043>

DGI/INPE. Divisão de Geração de Imagens: os satélites Landsat 5 e 7. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2009. Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/Suporte/files/Cameras-LANDSAT57_PT.php>. Acesso em: 03 abr 2015.

DGI/INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>> Acesso em: 06 set 2014.

_____. Registro de imagens. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/teoria/aula3.pdf>> Acesso em: 02 mar 2015.

ELMORE, W.; BESCHTA, R. L. Riparian areas: perceptions in management. *Rangelands*, 9 (6): 260-265, 1987.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2ª edição, Brasília, 2006.

FENGLER, F. H.; MORAES, J. F. L. DE; RIBEIRO, A. I.; FILHO, A. P.; STORINO, M.; MEDEIROS, G. A. DE. Qualidade ambiental dos fragmentos florestais na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiá-Mirim entre 1972 e 2013. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.4, p.402-408, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n4p402-408>.

FERREIRA, C. S. Avaliação temporal do uso e ocupação das terras na Bacia do São Bartolomeu, DF. 115p., 2006. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília.

FERREIRA, D. F.; SAMPAIO, F. E.; SILVA, R. V. C. **Impactos sócio-ambientais provocados pelas ocupações irregulares em áreas de interesse ambiental – Goiânia – GO**. Pós-Graduação em Gestão Ambiental pela Universidade Católica de Goiás – SENAI – CETRESG. Goiânia – GO, 2004.

FERREIRA, L. G.; FERREIRA, N.C.; FERREIRA, M.E. Sensoriamento remoto da vegetação: Evolução e estado da arte. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 30, n. 4, p. 379-390, 2008. Disponível em <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciBiolSci/article/view/5868/5868>>. Acesso em: 07 set. 2015. <http://dx.doi.org/10.4025/actascibiolsoci.v30i4.5868>

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

GESTO. Gestão das Unidades de Conservação do Estado do Tocantins. Disponível em: <<http://gesto.to.gov.br/uc/50/projetos/>>. Acesso em: 05 abril 2015.

_____. Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental da Serra do Lajeado: Parte 1. Atualizado em 2005. Disponível em: <<http://gesto.to.gov.br/uc/52/documentos/>>. Acesso em: 05 abril 2015.

GLOBAL LAND COVER FACILITY. Imagem do satélite TM/LANDSAT ortorretificada. Disponível em: <<http://glcf.umiacs.umd.edu/>>. Acesso em: 05 mar. 2015.

GOOGLE. Google Earth. Disponível em: < <https://www.google.com.br/intl/pt-BR/earth/> > Acesso em: 02 out 2014.

GREGORY, S. V.; SWANSON, F. J.; McKEE, W. A.; CUMMINS, K. W. An ecosystem perspective of riparian zones. **BioScience**, 41 (8):540-55 1, 1992.

GUIMARÃES, F. S.; CARVALHO, G. A. Determinação de áreas de preservação permanente no município de Moeda - MG, utilizando bases de diferentes escalas topográficas. **Caderno de Geografia**, v. 23, n. 39, p. 22-43, 2013.

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, v. 1, n. 2, p. 46-52, ago. 2009. Disponível em: <<http://www.ifsuldeminas.edu.br/~ojs/index.php/Agrogeoambiental/article/view/76/74>>. Acesso em: 16 mai. 2013.

HESPANHOL, I. Um novo paradigma para a gestão de recursos hídricos. **Estud. av.**, São Paulo, v. 22, n. 63, p. 131-158, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142008000200009&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 15 Mar. 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142008000200009>.

IBGE. **Cidades@**. Disponível em: <<http://ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>> Acesso em: 28 de abril de 2015.

_____. **Manuais Técnicos em Geociências, número 7 – Manual técnico de uso da terra**, 3ª edição, Rio de Janeiro, 2013.

_____. **Manuais Técnicos em Geociências, número 4 – Manual Técnico de Pedologia**, 2ª edição, Rio de Janeiro, 2007.

IBRAM. Instituto Brasileiro de Mineração. Disponível em: < <http://www.ibram.org.br/>> Acesso em: março, 2015.

JACOBI, P. R.; CIBIM, J.; LEÃO, R. S. Crise hídrica na Macrometrópole Paulista e respostas da sociedade civil. **Estudos Avançados**, v. 29, n. 84, 2015. DOI: 10.1590/S0103-40142015000200003

LIMA, W. de P. **Hidrologia florestal aplicada ao manejo de bacias hidrográficas**. Piracicaba: ESALQ; 2008.

_____. **Princípios de manejo de bacias hidrográficas**. Piracicaba: ESALQ. USP, 1976.

LOCK, R. E. M.; KIRCHNER, F. F. Classificação de imagens multiespectrais de Landsat TM e feições de textura: mapeamento da cobertura da terra. **Floresta**, v.27, n.12, p.41-58, 1997.

MACHADO. P. A. L. **Direito Ambiental Brasileiro**. 15. ed. São Paulo: Malheiros, 2007.

MASCARENHAS, L. M. A.; FERREIRA, M. E.; FERREIRA, L. G. Sensoriamento remoto como instrumento de controle e proteção ambiental: análise da cobertura vegetal remanescente na Bacia do Rio Araguaia. **Soc. nat. (Online)**, Uberlândia, v. 21, n. 1, p. 5-18, abr. 2009. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1982-45132009000100001&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 07 set. 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/S1982-45132009000100001>.

MIRANDA, E. E. de et al. O alcance da legislação ambiental e territorial. **Agroanalysis**, vol. 12, nº 28, 2008, pp. 1-6

MORIN, E. **O método 1**. A natureza da natureza. Tradução Ilana Heineberg. Porto Alegre: Sulina, 2002.

NARUMALANI, S.; ZHOU, Y.; JENSEN, J. R. Application of remote sensing and geographic information systems to the delineation and analysis of riparian buffer zones. **Aquatic Botany**, v. 58, n. 3/4, p. 393-409, 1997.

NASCIMENTO, M. C.; SOARES, V. P.; RIBEIRO, C. A. A. S.; SILVA, E. Uso do geoprocessamento na identificação de conflito de uso da terra em áreas de preservação permanente Bacia Hidrográfica do Rio Alegre, Espírito Santo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 15, n. 2, p. 207-220, 2005.

NUNES, J. F.; ROIG, H. L. Análise e mapeamento do uso e ocupação do solo da bacia do Alto do Descoberto, DF/GO, por meio de classificação automática baseada em regras e lógica nebulosa. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 39, n. 1, p. 25-36, 2015.

OLIVEIRA, F. S. et al. Identificação de conflito de uso da terra em áreas de preservação permanente no entorno do Parque Nacional do Caparaó, estado de Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 32, n. 5, p. 899-908, 2008.

PAZ, L. H. F. **A influência da vegetação sobre o clima urbano de Palmas-TO**. 2009, 169 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Departamento de Pós-Graduação de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília.

PINTO L. V. A.; FERREIRA E.; BOTELHO A. S.; DAVIDE A. C. Caracterização física da bacia hidrográfica do ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG e uso conflitante da terra em suas áreas de preservação permanente. **Cerne** 2005; 11(1): 49-60.

PORTO, M. F. A; PORTO, R. L. L. Gestão de bacias hidrográficas. **Estudos Avançados** 22, v. 63, p. 43-60, 2008.

QUEIROZ, J. E. R. Princípios físicos e comportamento espectral de alvos de sensoriamento remoto. – In: CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM SENSORIAMENTO REMOTO E SIG. **ABEAS**, Brasília, DF. Programa de Suporte Técnico à Gestão de Recursos Hídricos. 1996. Módulo 4. cap. 1, p. 15-18.

RESCHILIAN, P. R.; BEVILACQUA, A. F. A bacia hidrográfica como unidade territorial de planejamento e desenvolvimento sustentável. In: ENCONTRO NACIONAL DA ANPPAS, 6., 2012. **Anais...** Belém, 2012, Pôsteres – GT9.

RESENDE, M.; KER FILHO, J.C.; BAHIA FILHO, A.F.C. Desenvolvimento sustentado do cerrado. In: ALVAREZ, V; FONTES L.E.F.; FONTES M.P.F. (Org.). *O solo nos grandes domínios do Brasil e o desenvolvimento sustentado*. p. 169-197. Viçosa: UFV, 1996.

RIBEIRO, C. A. A. S.; SOARES, V. P.; OLIVEIRA, M. A. S.; GLERIANI, J. M. O desafio da delimitação de áreas de preservação permanente. **Revista Árvore**, 2005; 29 (2): 203-212.

RIBEIRO, G. V. B. A origem histórica do conceito de Área de Preservação Permanente no Brasil. **Revista Thema**, 2011, v. 08, n 01.

SANTOS, A. P. et al. Metodologia de interpretação de dados de sensoriamento remoto e aplicações no uso da terra. INPE-2261-MD-016, 61 p., 1981.

SEPLAN. Departamento de Pesquisa e Zoneamento Ecológico-Econômico. Diretoria de Zoneamento Ecológico-Econômico (DZE). Projeto de Desenvolvimento Regional Sustentável. Mapeamento das Regiões Fitoecológicas e Inventário Florestal do Estado do

Tocantins. Regiões Fitoecológicas da Faixa Centro. Escala 1:100.000. Palmas: Seplan/DZE, 2013. vol. I, 326 p.

SEPLAN. Secretaria do Planejamento e da Modernização da Gestão Pública. Disponível em: <<http://www.seplan.to.gov.br/seplan/br/download/14%20-%20Palmas.pdf>>. Acesso em: abril, 2015.

SHRESTA, S.; KAZAMA, F.; Assessment of surface water quality using multivariate statistical techniques: A case study of the Fuji river basin, Japan. **Environmental Modelling Software**, 2007, 22, 464.

SILVA, G. B. S. et al. Procedimentos para correção geométrica de imagens de satélite. Embrapa Monitoramento por Satélite: Circular Técnica n.º 18, 2012.

SILVA, A. M.; SILVEIRA, F. M.; IKEMATSU, P.; PAULA, F. P.; BOBMBACK, M.; NOGUEIRA, D. P.; ALVES, S. H. Análise espaço-temporal da cobertura do solo em faixas de áreas de preservação permanentes (APPS) no município de Sorocaba, SP, Brasil. **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 4, n. 2, p. 147-155, 2009.

SOUZA, F. P. DE. Ocupações irregulares em Áreas de Preservação Permanente: um estudo de caso no município de Campos dos Goytacazes, RJ. **Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego**, Campos dos Goytacazes/RJ, v. 4, n. 1, p. 37-56, jan/jun, 2010.

TONELLO, K.C. Análise hidroambiental da bacia hidrográfica da cachoeira das Pombas, Guanhães, MG. Tese (Doutorado em Ciências Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005, 69p.

TOCANTINS. Serviços de consultoria para elaboração do Plano das Bacias Hidrográficas do Entorno de Palmas – TO. Relatório Final: Síntese dos estudos. 2004. Disponível em: <<http://semarh.to.gov.br/conteudo/pbh-do-entorno-do-lago/133>> Acesso em: 09 de janeiro de 2015.

TRIQUET, A. M.; McPEEK, G. A.; McCOMB, W.C. Songbird diversity in clearcuts with and without a riparian buffer strip. **Journal of Soil and Water Conservation**, 45 (4): 500-503, 1990.

TUCCI, C. E. M. A seca “perfeita”. **Blog do Tucci**, 30.01.2015. Disponível em: <<http://rhama.net/wordpress/?p=452>>. Acesso em: 13 fev 2015.

_____. Impactos da variabilidade climática e o Uso do solo sobre os recursos hídricos. In: Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas – Câmara Temática de Recursos Hídricos, Brasília, 2002, maio.

_____. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2.ed. Porto Alegre: ABRH/Editora da UFRGS, 1997.

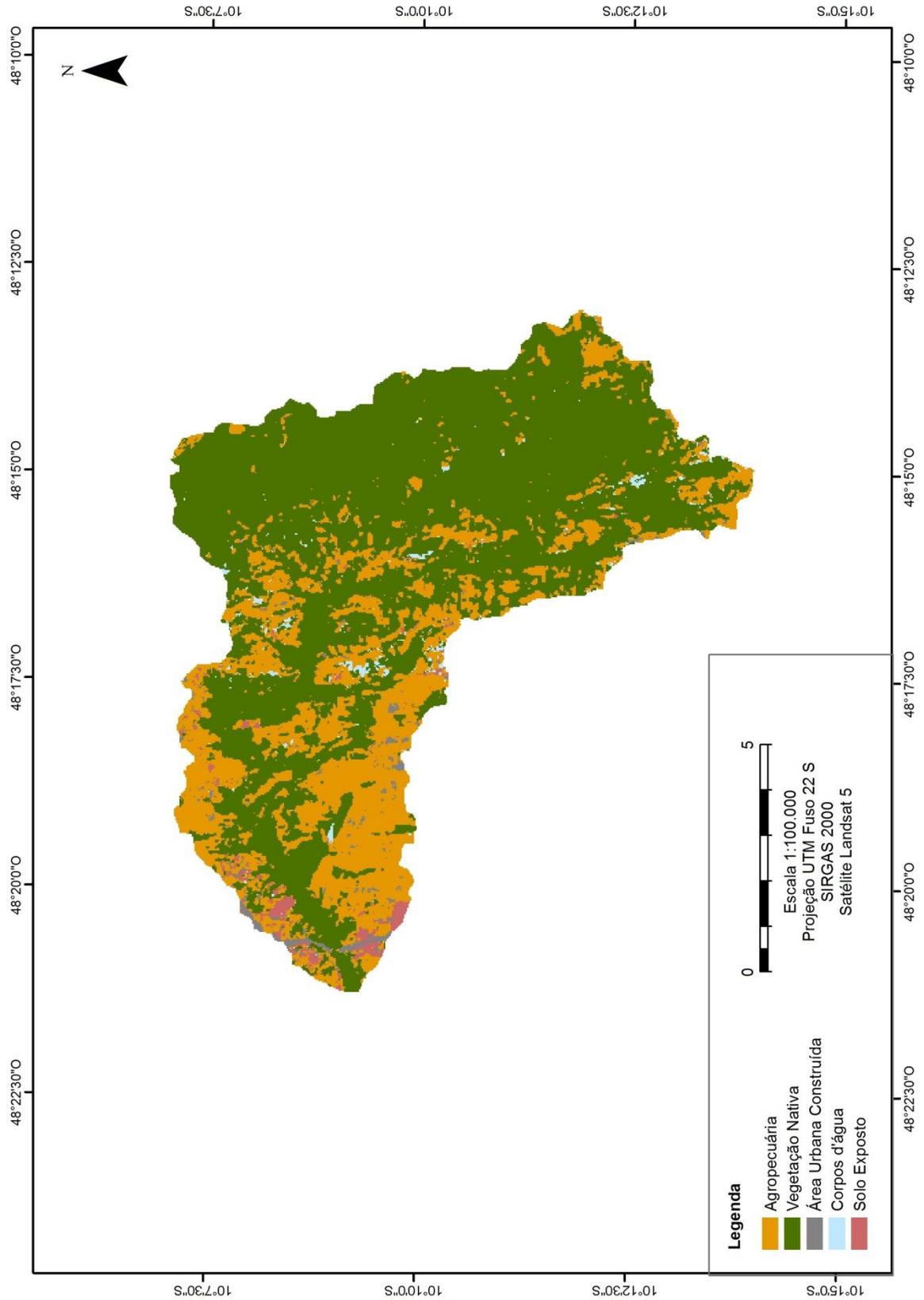
TUNDISI, J. G. Recursos Hídricos no futuro: problemas e soluções. **Estudos Avançados**, v. 22, n. 63, 2008.

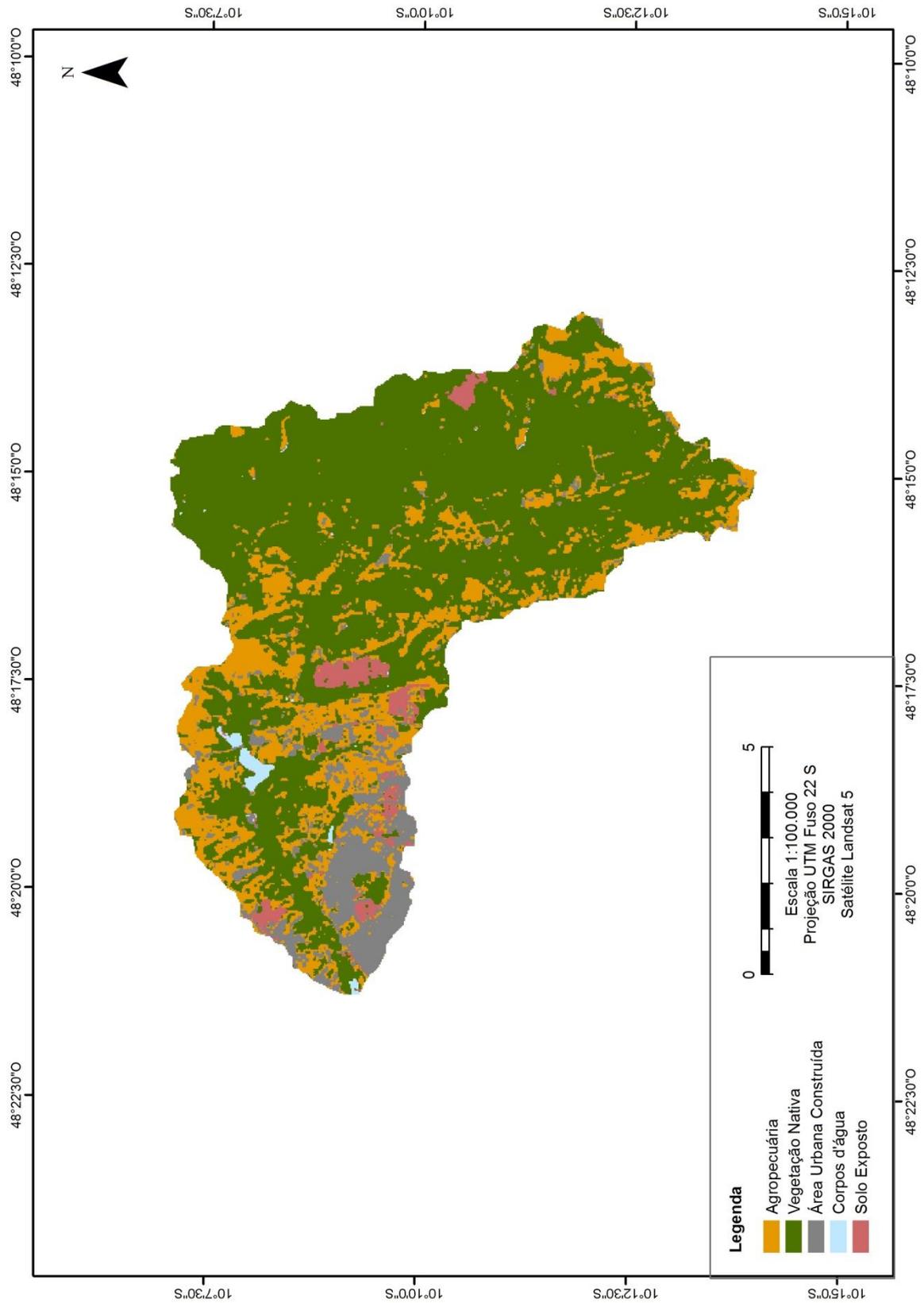
TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. Impactos potenciais das alterações do Código Florestal nos recursos hídricos. **Biota Neotrop.**, Campinas, v. 10, n. 4, p. 67-75, dez. 2010. Disponível

em http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1676-06032010000400010&lng=pt&nrm=iso. acessos em 08 jul. 2016.
<http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032010000400010>.

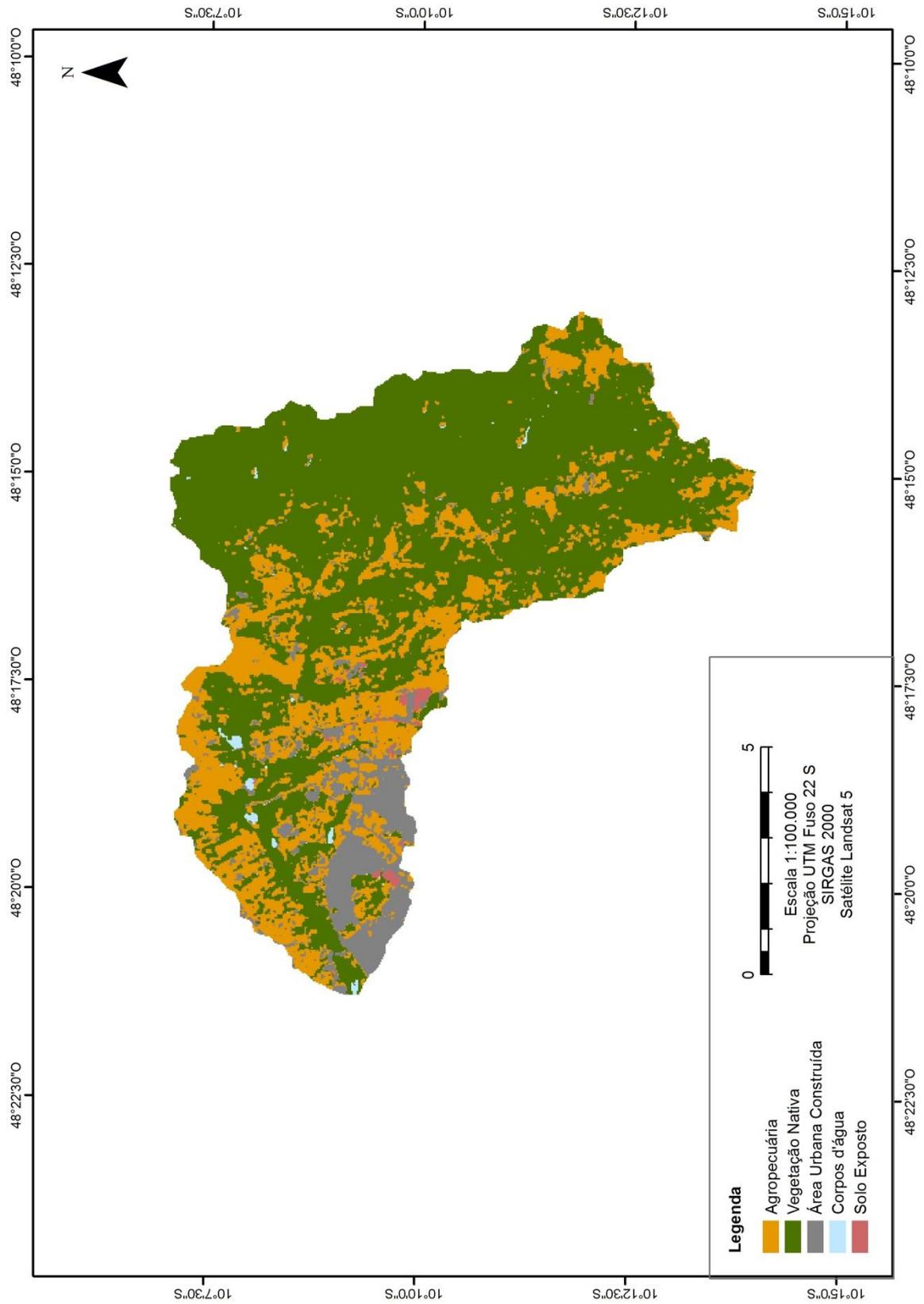
VALERIANO, M. M. TOPODATA: Guia para utilização de dados geomorfológicos locais. São José dos Campos: INPE, 2008. Disponível em: <http://mtc-m18.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m18@80/2008/07.11.19.24/doc/publicacao.pdf>. Acesso em: 15 abr 2015.

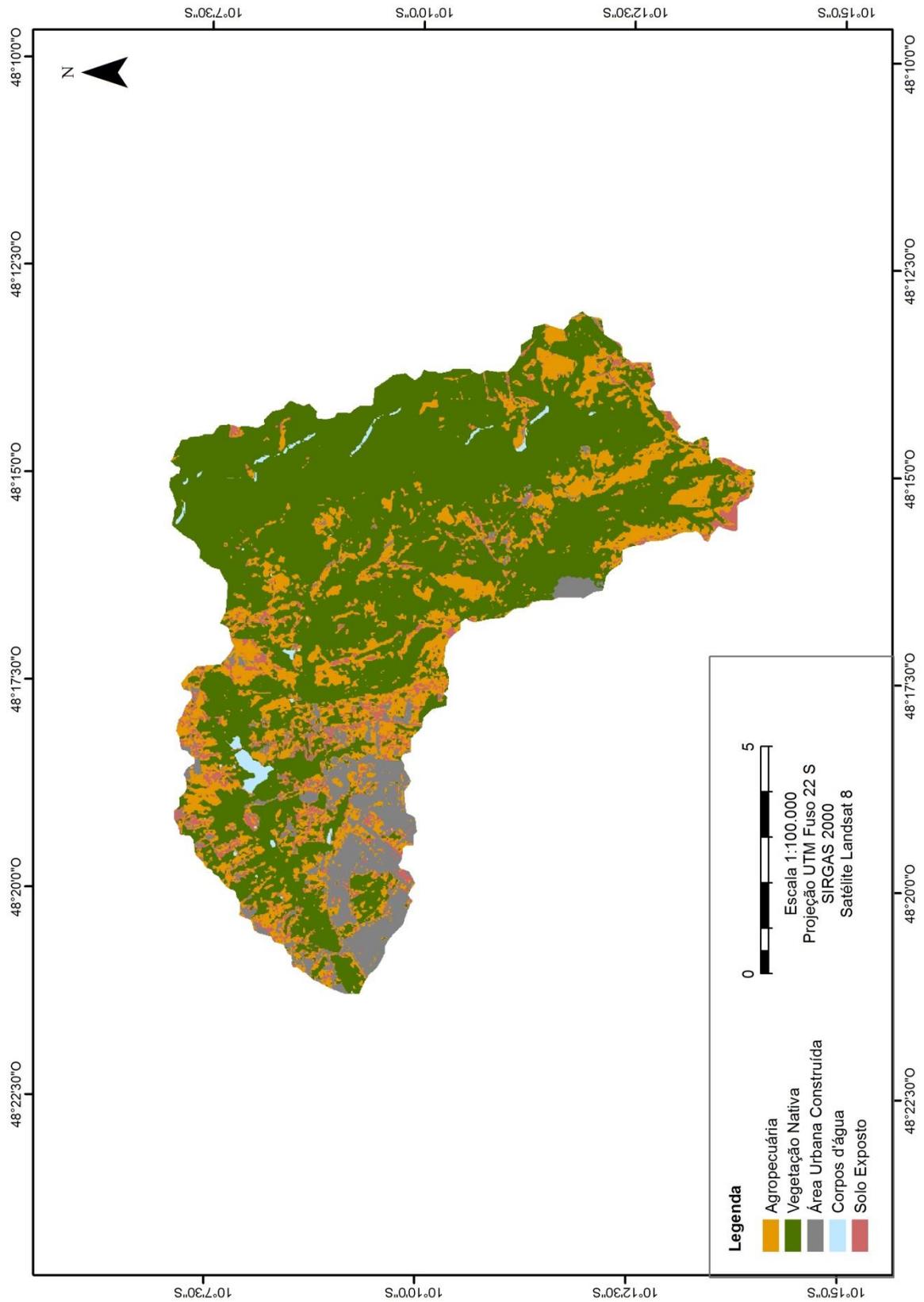
APÊNDICE

APÊNDICE A – MAPA DA COBERTURA DA TERRA DA BACIA DO RIBEIRÃO
ÁGUA FRIA EM 1991

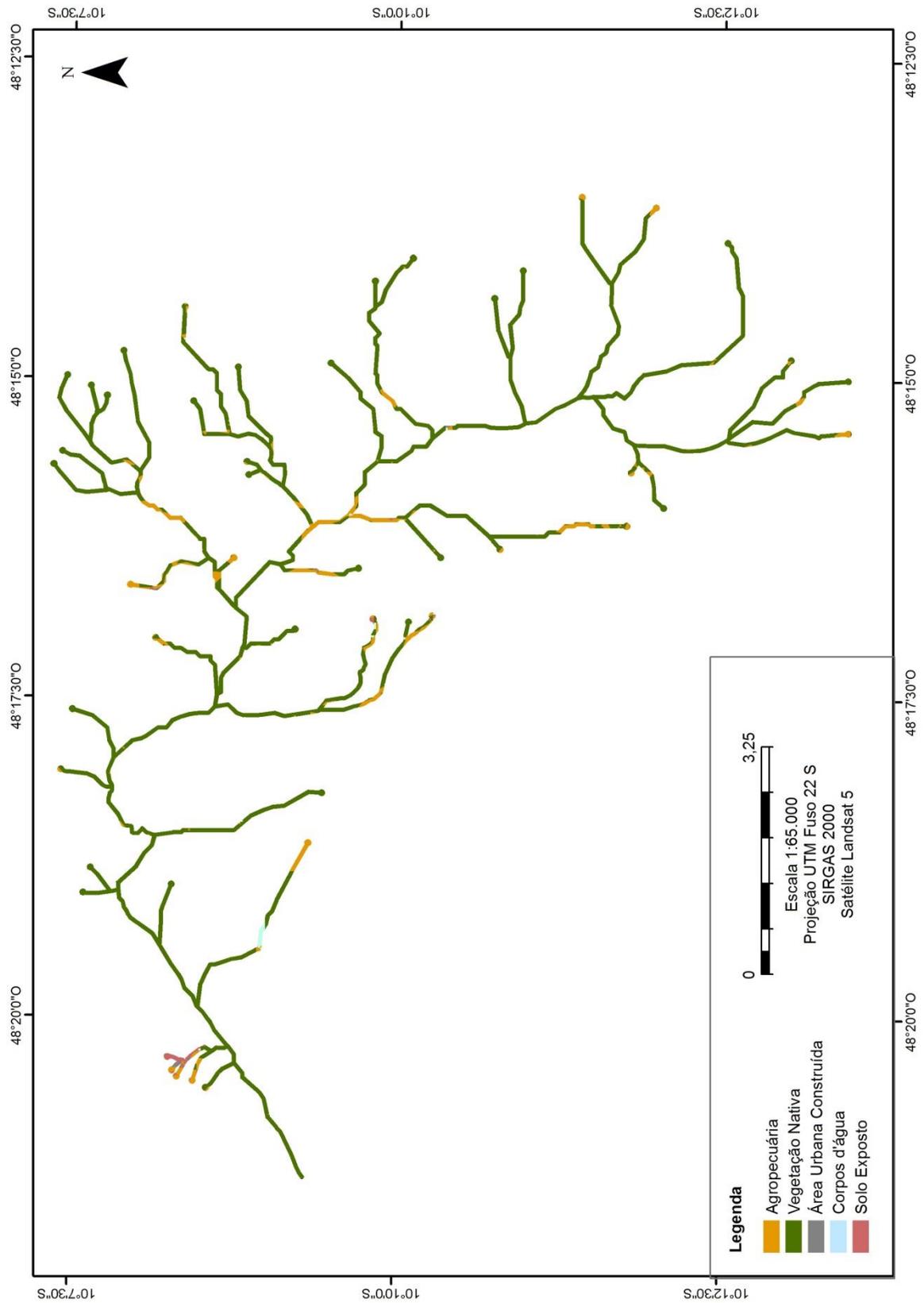
APÊNDICE B – MAPA DA COBERTURA DA TERRA DA BACIA DO RIBEIRÃO
ÁGUA FRIA EM 2004

APÊNDICE C – MAPA DA COBERTURA DA TERRA DA BACIA DO RIBEIRÃO ÁGUA FRIA EM 2011

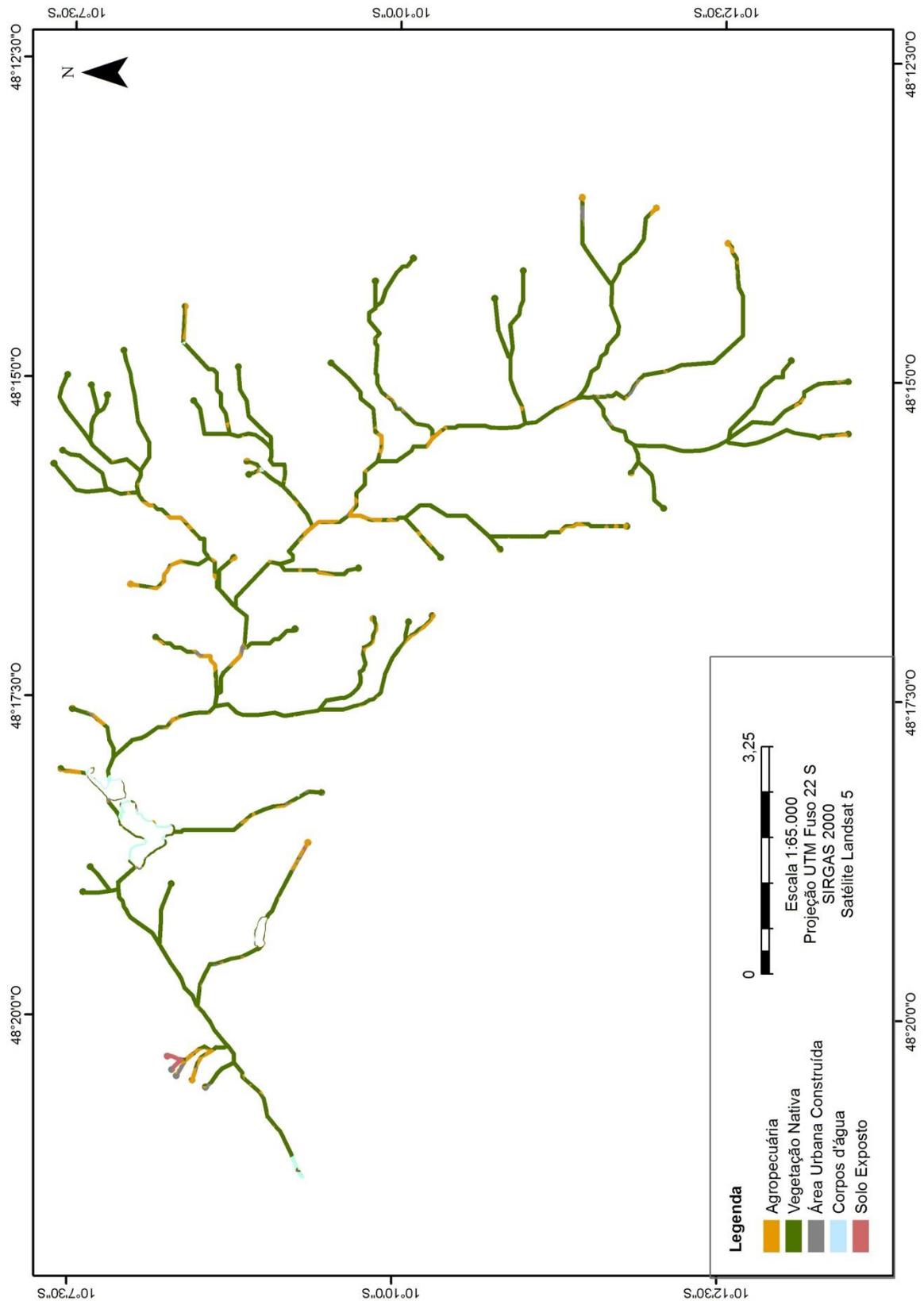


APÊNDICE D – MAPA DA COBERTURA DA TERRA DA BACIA DO RIBEIRÃO
ÁGUA FRIA EM 2015

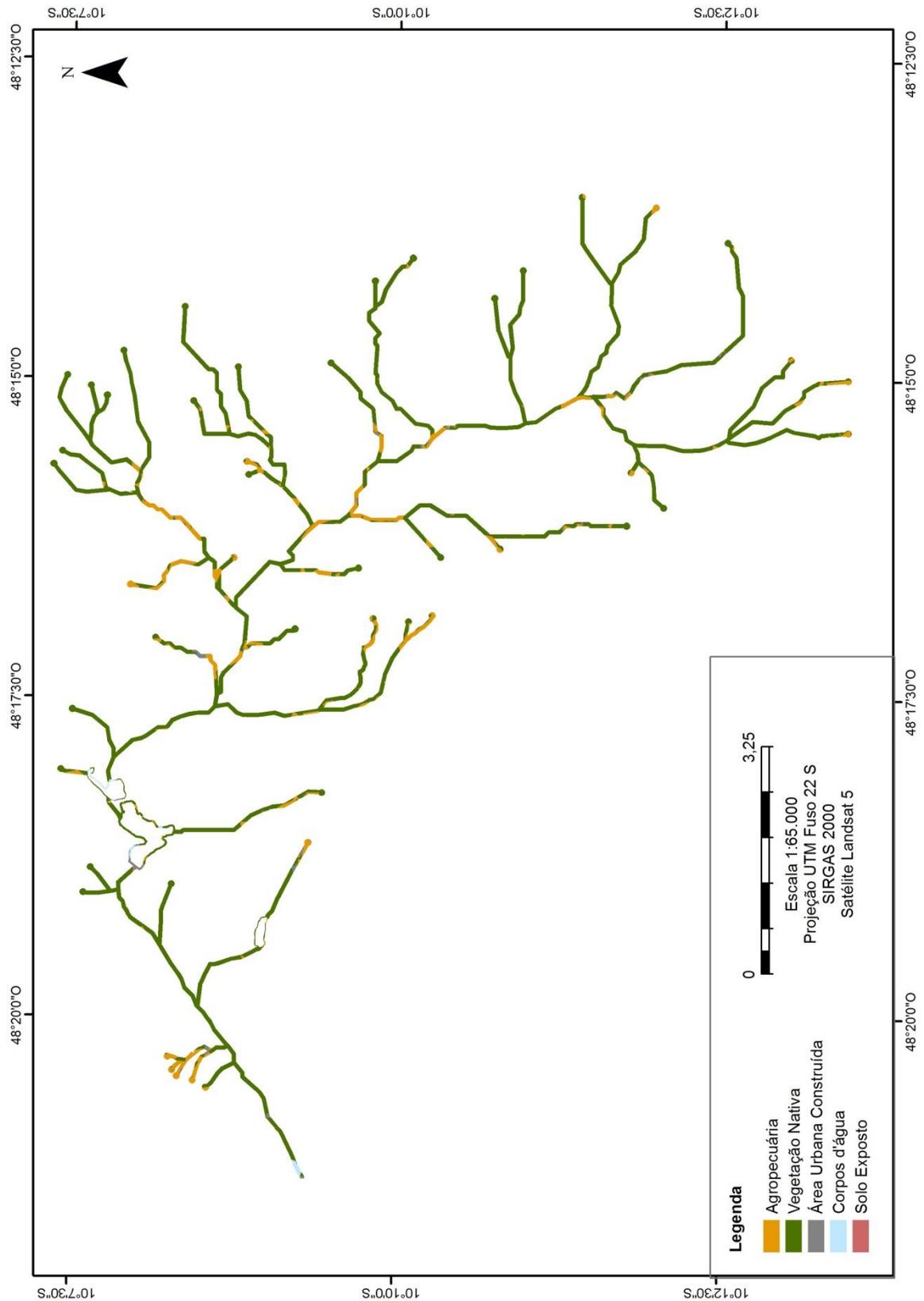
APÊNDICE E – MAPA DA COBERTURA DA TERRA DAS APPS DA BACIA DO RIBEIRÃO ÁGUA FRIA EM 1991



APÊNDICE F – MAPA DA COBERTURA DA TERRA DAS APPS DA BACIA DO RIBEIRÃO ÁGUA FRIA EM 2004



APÊNDICE G – MAPA DA COBERTURA DA TERRA DAS APPS DA BACIA DO RIBEIRÃO ÁGUA FRIA EM 2011



APÊNDICE H – MAPA DA COBERTURA DA TERRA DAS APPS DA BACIA DO RIBEIRÃO ÁGUA FRIA EM 2015

