

AVALIAÇÃO MULTITEMPORAL DO USO E COBERTURA DO SOLO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO JOÃO LEITE UTILIZANDO IMAGENS LANDSAT-5

MULTITEMPORAL EVALUATION OF USE AND LAND COVER
OF JOÃO LEITE STREAM WATERSHED USING LANDSAT-5 IMAGES

Wellington Nunes de Oliveira

Tecnólogo em Geoprocessamento do Instituto Federal de Goiás (IFG). Mestre em Engenharia do Meio Ambiente pela Universidade Federal de Goiás (UFG) – Goiânia (GO), Brasil.

Nilson Clementino Ferreira

Engenheiro Cartógrafo pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP). Doutor em Ciências Ambientais pela UFG – Goiânia (GO), Brasil.

Endereço para correspondência:

Wellington Nunes de Oliveira – Universidade Federal de Goiás – Praça Universitária, s/n – Setor Leste Universitário – 74605-220 – Goiânia (GO), Brasil – E-mail: wellington.wno@gmail.com

RESUMO

A análise do uso e cobertura do solo é uma das etapas fundamentais para realização do planejamento estratégico de conservação e manejo de uma bacia hidrográfica. Este trabalho teve por objetivo analisar a paisagem da Bacia Hidrográfica do Ribeirão João Leite, localizada no Estado de Goiás, a noroeste da cidade de Goiânia, utilizando Sistema de Informação Geográfica (SIG) e Sensoriamento Remoto, com o intuito elaborar um diagnóstico ambiental. Uma análise multitemporal realizada com imagens obtidas pelo sensor *Thematic Mapper* (TM), acoplado ao satélite Landsat-5, entre os anos de 1985 e 2011, demonstrou que na Bacia Hidrográfica do Ribeirão João Leite houve um decréscimo na área de remanescentes de vegetação nativa em 7,4% e que, dentre os municípios que compõem a bacia, Anápolis foi o que mais apresentou supressão dessas áreas (11,1%). O resultado desta análise merece atenção das instituições que tratam da gestão ambiental, pois a degradação da vegetação nativa remanescente influencia diretamente na qualidade ambiental da paisagem da bacia, a qual tem como um de seus usos o abastecimento urbano de água de municípios da Região Metropolitana de Goiânia.

Palavras-chave: geoprocessamento; qualidade ambiental; paisagem; degradação.

ABSTRACT

The analysis of land use and land cover is fundamental for the strategic planning to the conservation and management of a watershed. This study aimed to analyze the landscape of the catchment area of João Leite River, located in the State of Goiás, to the Northwest of the city of Goiânia, the state capital, using Geographic Information System (GIS) and Remote Sensing to prepare an environmental assessment of that watershed. A multi-temporal analysis using images obtained by the TM sensor installed in the Landsat-5 satellite, from 1985 to 2011 showed, in the catchment area of the João Leite River, a decrease of 7.4 % in the native vegetation area. Considering the municipalities integrating the basin, Anápolis was where most deforestation occurred in areas with native vegetation (11.1%). These results are relevant to institutions dealing with environmental management, showing that deforestation is directly related to the environmental quality of the basin, which has as one of its uses the urban water supply of municipalities located in the Metropolitan Region of Goiânia.

Keywords: geoprocessing; environmental quality; landscape; degradation.

INTRODUÇÃO

Determinada situação ambiental é resultante de processos dinâmicos e interativos que ocorrem entre os diferentes elementos que compõem o meio ambiente, sejam naturais ou sociais. A percepção da qualidade ambiental é determinada pela valoração relativa de cada componente associada às características naturais e antrópicas de cada região (IBAMA, 2001).

Com relação às áreas de bacias hidrográficas e à preservação dos corpos hídricos, Oliveira (2013) afirma que a Bacia Hidrográfica do Ribeirão João Leite pode ser considerada de suma importância para a cidade de Goiânia, capital do Estado de Goiás, pois ela é uma de suas principais fontes de abastecimento público de água. Essa bacia teve suas áreas ocupadas de maneira desprovida de planejamento, havendo uma tendência de avanço ocupacional nas áreas remanescentes que ainda conservam suas potencialidades hídricas, ecológicas e culturais de sua paisagem.

Se tratando de bacias hidrográficas, o geoprocessamento, por permitir uma abordagem integrada de todo

o meio físico, associando-o aos aspectos sociais, econômicos e políticos, pode ser adotado como uma ferramenta eficiente para localizar áreas críticas onde se devem concentrar esforços visando à manutenção e/ou à recuperação da qualidade da água (RABELO, 2009).

Para Guimarães, Dorado e Coutinho (2000), com a evolução do geoprocessamento, os produtos de sensores orbitais também ampliaram suas aplicações, principalmente a partir das últimas décadas. Atualmente, eles permitem observar a superfície terrestre nas mais diversas escalas temporais, espaciais e espectrais, garantindo, assim, fontes de informações confiáveis e frequentes sobre a paisagem.

A análise multitemporal de imagens de satélites permite avaliar as alterações de origem antropogênica, além de fornecer informações essenciais para o manejo eficiente dos recursos naturais; quando se trata de bacias hidrográficas, permite um diagnóstico e estudo detalhado dessas áreas, possibilitando, assim, a tomada de medidas mitigadoras quanto a sua preservação.

OBJETIVOS

Avaliar as alterações do uso e cobertura do solo na Bacia Hidrográfica do Ribeirão João Leite, por meio da interpretação multitemporal de imagens do *Thematic Mapper (TM)/Landsat-5*, no período de 1985 a 2011, com análise das Áreas de Preservação

Permanente (APPs) sem cobertura vegetal nativa contidas na bacia.

Mensurar o nível de antropização da Bacia Hidrográfica do Ribeirão João Leite de maneira geral e por meio dos municípios que a compõem.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo

A Bacia Hidrográfica do Ribeirão João Leite ocupa 766,8 km² entre as latitudes 16°13' e 16°39' sul e as longitudes 48°57' e 49°11' oeste, estando localizada a nordeste de Goiânia (Figura 1). O Ribeirão João Leite é formado pelos córregos Jurubatuba e Pedreira, faz parte do complexo Hidrográfico da Bacia do Paraná e, após percorrer cerca de 85 km, deságua no Rio Meia Ponte. Seu curso principal e seus afluentes percorrem os municípios de Ouro Verde, Campo Limpo, Anápolis, Goianápolis, Teresópolis de Goiás, Nerópolis e Goiânia, os quais são responsáveis por parte do abasteci-

mento de água da capital com as captações feitas no Rio Meia Ponte e no Córrego Samambaia (SANTOS; GRIEBELER; OLIVEIRA, 2010). A região constitui uma Área de Proteção Ambiental (APA) estabelecida pelo Decreto nº 5.704, de 27 de dezembro de 2002, e engloba uma unidade de conservação permanente do Parque Estadual Altamiro de Moura Pacheco (PEAMP) de 4.123 ha (SEMARH, 2009), mas dividido em duas áreas por um trecho da BR-153/GO-060, conforme é apresentado na Figura 1.

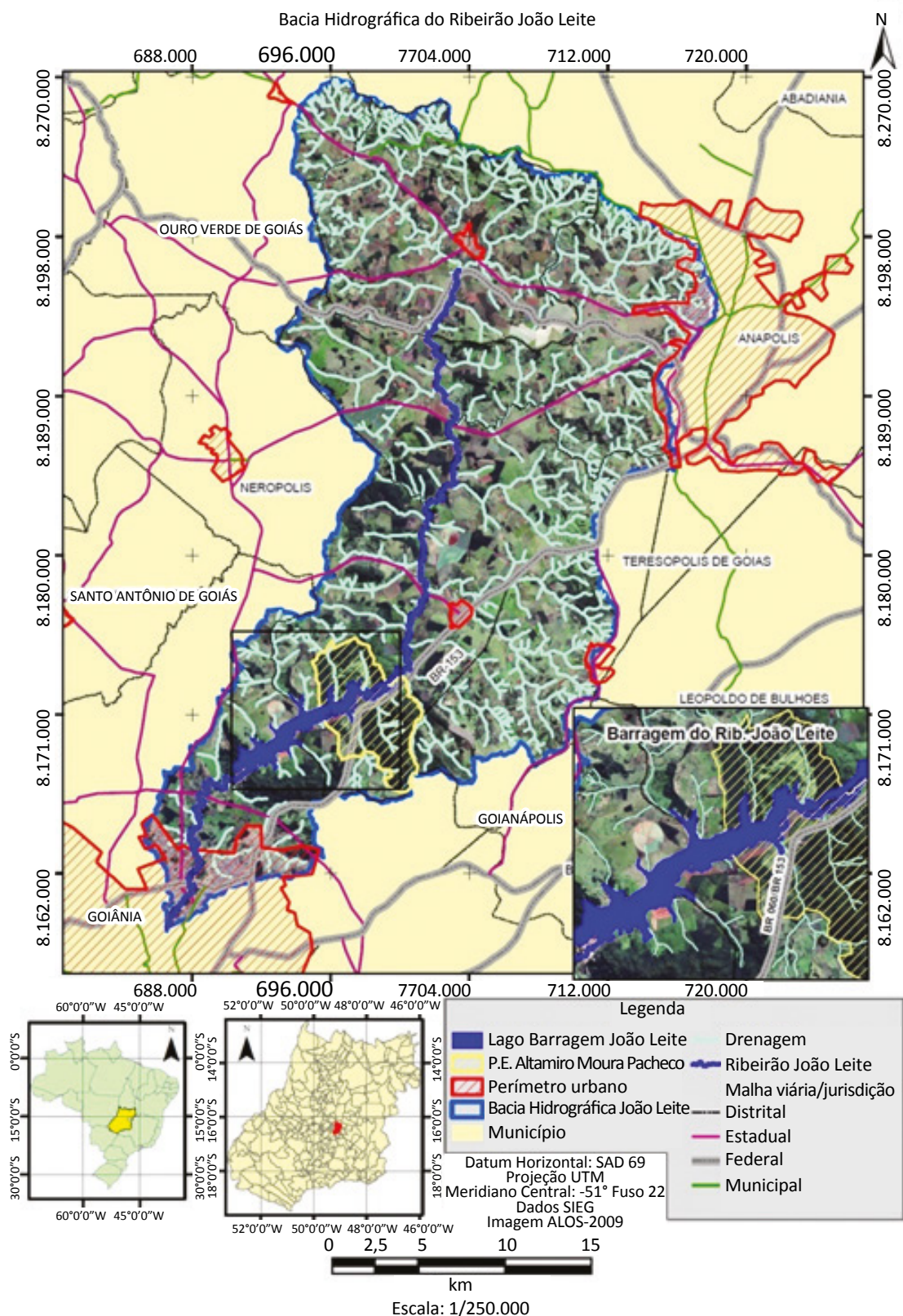


Figura 1 – Localização da área de estudo.

A metodologia utilizada para atender aos objetivos propostos compreendeu uma combinação de procedimentos organizados, conforme o diagrama ilustrado na Figura 2.

Para o desenvolvimento do presente trabalho, inicialmente foi realizada uma revisão bibliográfica sobre o histórico da Bacia Hidrográfica do Ribeirão João Leite, assim como sobre os métodos de delineamento de bacias hidrográficas a partir de dados de relevo obtidos pelo projeto TOPODATA, o qual, segundo Valeriano & Rosseti (2009), foi elaborado a partir de dados *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) e que se constituiu em um refinamento do Modelo Digital de Elevação (MDE) original, alterando a resolução espacial de 90 para 30 m, por meio da aplicação de processos geostatísticos (krigagem).

Além dos dados TOPODATA, também foram adquiridas imagens do satélite Landsat-5 sensor TM com resolução espacial de 30 m. As imagens adquiridas foram datadas dos anos de 1985, 1990, 1995, 2000, 2005 e 2011, as quais foram registradas (georreferenciadas) utilizando a base de dados do mosaico *Geocover*, que disponibiliza imagens obtidas no ano 2000 pelo sensor ETM+ (a bordo do satélite Landsat-7). A base de dados *Geocover* é formada por um mosaico de imagens padronizadas e corrigidas geometricamente para toda a superfície do planeta.

Após o georreferenciamento, as imagens foram recortadas utilizando o limite geográfico da bacia hidrográfica gerado por meio dos dados de relevo. Em seguida procedeu-se à classificação digital das imagens com o objetivo de separar as áreas de agricultura, pastagem, remanescentes de vegetação nativa, perímetro urbano e hidrografia empregando-se o algoritmo de classificação não supervisionada *K-Means*, gerando, assim, o mapa de uso e cobertura do solo da bacia.

Segundo Arthur & Vassilvitskii (2006), o *K-Means* é um algoritmo de aglomeração não supervisionado e sua popularidade pode ser explicada pela sua baixa complexidade, agilidade de desenvolvimento e facilidade de entendimento de suas propriedades matemáticas. Uma das principais características do algoritmo reside no fato de que o número de classes deve ser estabelecido *a priori*. Sendo assim, o algoritmo produzirá uma solução baseada na escolha inicial dos centroides que

representam cada classe. Neste estudo estabeleceu-se o número de 10 classes, com 5 iterações e, posteriormente, o seu agrupamento.

O agrupamento das classes espectrais obtidas na classificação não supervisionada foi realizado com o auxílio do *link* dinâmico de imagens no *software Envi*. Esse *link* permite que o conteúdo de uma imagem seja visualizado dinamicamente sobre outra, facilitando a identificação e associação das classes espectrais resultantes da classificação que, uma vez identificadas, foram agrupadas.

Após o agrupamento, foi realizado o processo de vetorização automática, e então foram calculadas as áreas das classes dos anos de 1985, 1990, 1995, 2000, 2005 e 2011 utilizando o *ArcGIS 9.3*. Ainda no mesmo *software*, além do cálculo para a bacia de forma geral, o cálculo das áreas das classes definidas também foi realizado de forma individualizada por município, utilizando os seus limites geográficos como recorte espacial. Para auxiliar na delimitação dos corpos hídricos, foi utilizada a base vetorial hídrica do Sistema de Geoinformação do Estado de Goiás (SIEG), a qual auxiliou na classificação.

Posteriormente, foram delimitadas as APPs contidas na bacia, de acordo com a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, do Código Florestal Brasileiro, que define:

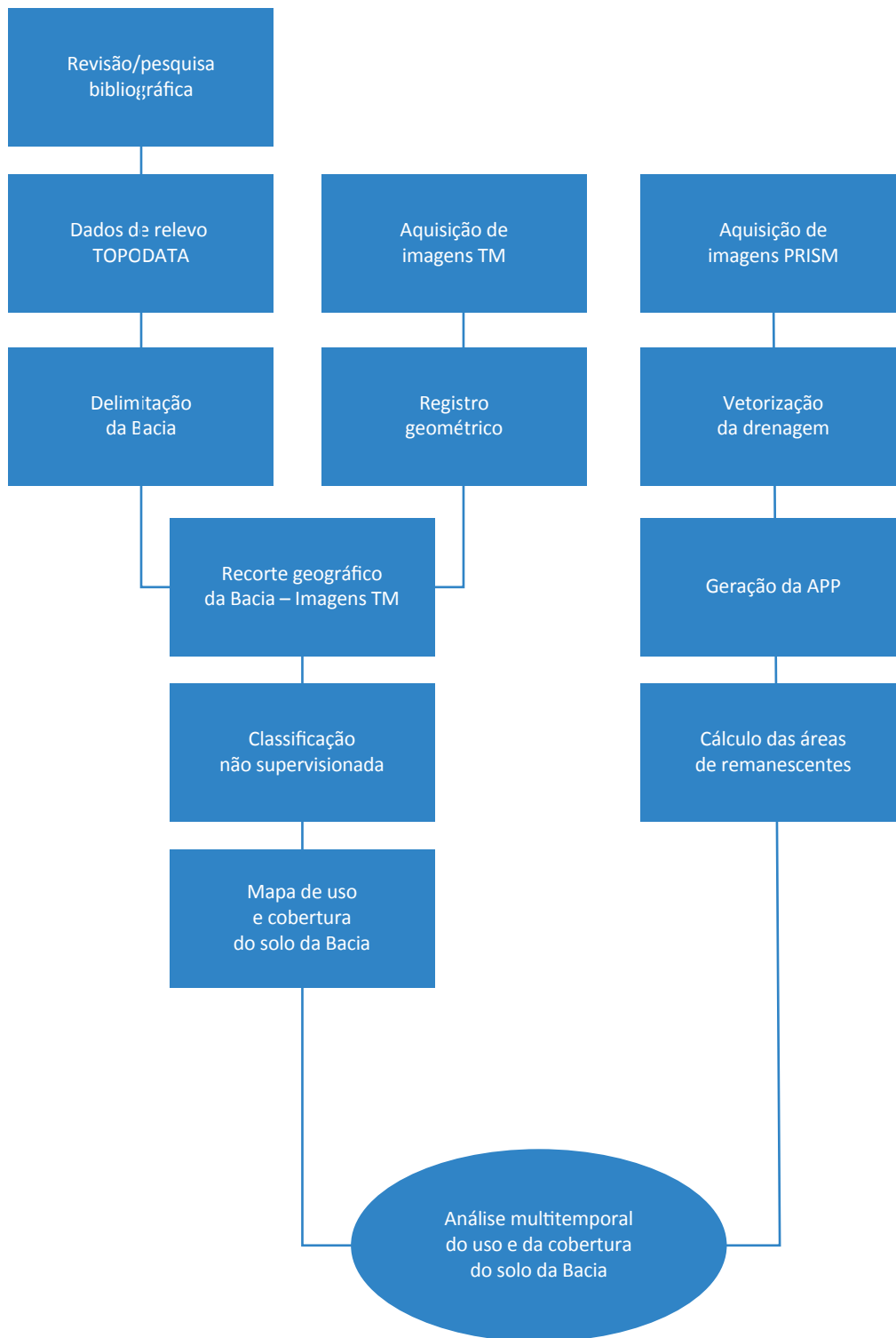
Art. 4º Considera-se Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas, para os efeitos desta Lei:

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

II - as áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais, em faixa com largura mínima de:

- a) 100 (cem) metros, em zonas rurais, exceto para o corpo d'água com até 20 (vinte) hectares



APP: ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE; TM: *THEMATIC MAPPER*.

Figura 2 – Fluxograma de atividades realizadas.

de superfície, cuja faixa marginal será de 50 (cinquenta) metros;

b) 30 (trinta) metros, em zonas urbanas;

III - as áreas no entorno dos reservatórios d'água artificiais, decorrentes de barramento ou represamento de cursos d'água naturais, na faixa definida na licença ambiental do empreendimento;

IV - as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros;

V - as encostas ou partes destas com declividade superior a 45°, equivalente a 100% (cem por cento) na linha de maior declive;

VI - as restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues;

VII - os manguezais, em toda a sua extensão;

VIII - as bordas dos tabuleiros ou chapadas, até a linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 (cem) metros em projeções horizontais;

IX - no topo de morros, montes, montanhas e serras, com altura mínima de 100 (cem) metros e inclinação média maior que 25°, as áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a 2/3 (dois terços) da altura mínima da elevação sempre em relação à base, sendo esta definida pelo plano horizontal determinado por planície ou espelho d'água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota do ponto de sela mais próximo da elevação;

X - as áreas em altitude superior a 1.800 (mil e oitocentos) metros, qualquer que seja a vegetação;

XI - em veredas, a faixa marginal, em projeção horizontal, com largura mínima de 50 (cinquenta) metros, a partir do espaço permanentemente brejoso e encharcado.

Foram delimitadas, então, as APPs ao longo do Ribeirão João Leite e de seus afluentes para os anos de 1985, 1990, 1995, 2000, 2005 e 2011. Foi utilizada a operação "Buffer" (área de influência), delimitando, assim, essas áreas de acordo com a largura dos cursos d'água contidos na bacia hidrográfica. Além de gerar as APPs, foi gerado também, para fins comparativos, um "Buffer" com 200 m de largura, a partir desses mesmos cursos d'água, para os anos de 1985 e 2011. Essa distância foi adotada com base na faixa de proteção no entorno do lago da barragem. Para realizar esse procedimento, foi utilizada uma base vetorial da drenagem da bacia, a qual foi gerada por meio da vetorização de uma imagem do satélite ALOS sensor PRISM, com 2,5 m de resolução espacial, datada do ano de 2009.

Foi gerado ainda um mapa de declividade com base nos dados de relevo TOPODATA.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a classificação da imagem multiespectral do TM/Landsat-5 foi possível mapear cinco diferentes tipos de uso e cobertura do solo presentes na área em estudo: agricultura, hidrografia, pastagem, perímetro urbano e remanescentes de vegetação nativa, produtos esses que serviram de base para mensurar o percentual de uso e cobertura do solo.

Como resultado da classificação, foram gerados mapas do uso e cobertura do solo na escala 1:250.000 contendo o percentual de ocupação dentro da bacia (Figuras 3 e 4). Além do cálculo desse percentual para toda a Bacia Hidrográfica do Ribeirão João Leite, foi realizada uma análise para os sete municípios contidos na bacia. As análises realizadas entre 1985 e 2011 apresentadas a seguir encontram-se na Tabela 1 e na Figura 5.

No ano de 1985, o uso predominante do solo na Bacia Hidrográfica do Ribeirão João Leite era o de pastagem (40,7%), seguido do de agricultura (20,8%). Nesse ano ocorreu o maior percentual de remanescentes

de vegetação nativa (25,9%), quando comparado com os demais anos analisados neste estudo; o perímetro urbano representa 3,5% da área da bacia, conforme é mostrado nas Figuras 3 e 5.

No ano de 1990, o uso predominante do solo na Bacia Hidrográfica do Ribeirão João Leite continuou sendo o de pastagem, porém com uma leve queda (39,4%), em relação ao ano de 1985, e com um considerável aumento nas áreas de agricultura (36,8%). Nesse ano foi possível observar um decréscimo nos remanescentes de vegetação nativa (20,1%). O perímetro urbano continuou representando 3,5% da área da bacia.

Em 1995, a pastagem (39,5%), a agricultura (35,9%) assim como os remanescentes de vegetação nativa (20,5%) não sofreram maiores variações, se comparados com os dados do ano de 1990; já o perímetro urbano (3,8%) apresentou expansão.

Os resultados referentes ao ano 2000 mostraram que a pastagem (32,8%) sofreu um considerável decréscimo

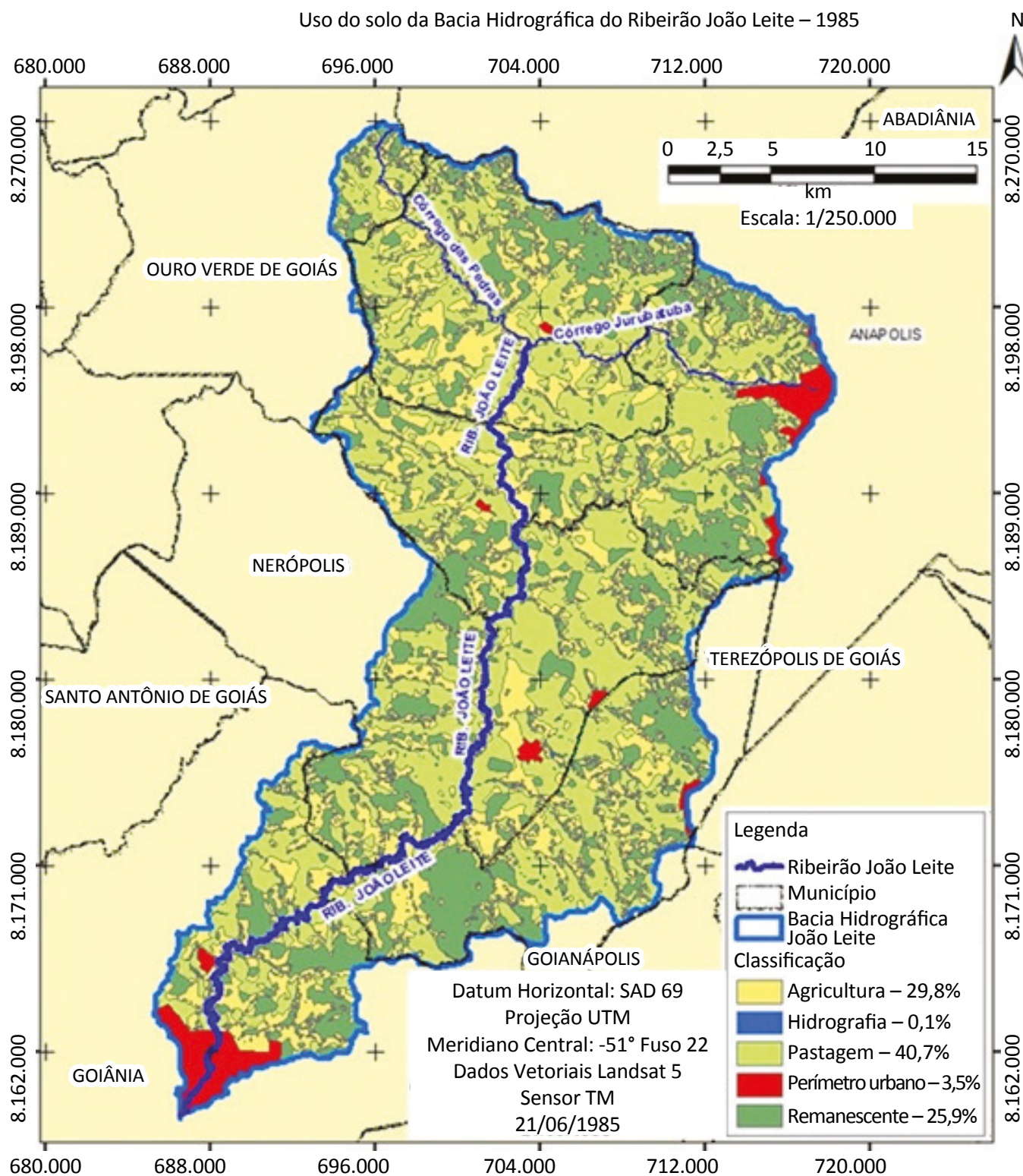


Figura 3 – Uso e cobertura do solo da Bacia Hidrográfica do Ribeirão João Leite de 1985.

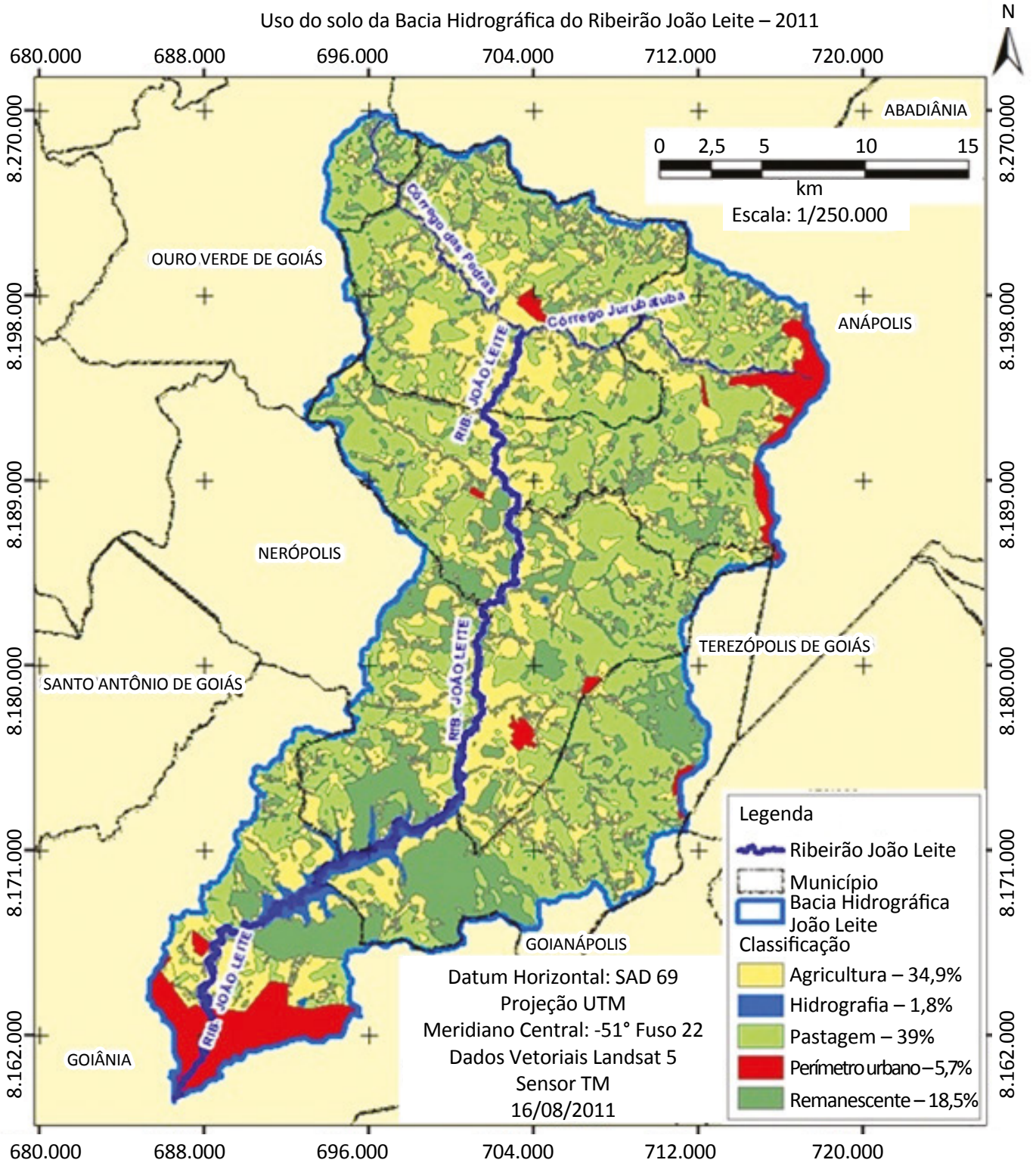


Figura 4 – Uso e cobertura do solo da Bacia Hidrográfica do Ribeirão João Leite de 2011.

considerando a análise de 1995, na mesma proporção em que a agricultura (41,9%) teve um considerável aumento, as áreas de remanescentes de vegetação nativa (19,3%) sofreram uma queda e o perímetro urbano passou de 3,8%, no ano de 1995, para 5,7%, o que indicou uma expansão urbana.

No ano de 2005, observou-se um pequeno aumento da classe pastagem (36,1%) e a agricultura, comparada ao ano 2000, teve uma queda de 2,7% (39,2%); já os remanescentes de vegetação nativa (18,9%) sofreram um leve decréscimo e o perímetro urbano (5,7%) apresentou o mesmo valor.

Tabela 1 – Valor das áreas (%) classificadas entre os anos de 1985 e 2011.

Classe	Bacia Hidrográfica do Ribeirão João Leite					
	1985	1990	1995	2000	2005	2011
Agricultura (%)	29,8	36,8	35,9	41,9	39,2	34,9
Hidrografia (%)	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	1,8
Pastagem (%)	40,7	39,4	39,5	32,8	36,1	39,0
Remanescente (%)	25,9	20,1	20,5	19,3	18,9	18,5
Perímetro urbano (%)	3,5	3,5	3,8	5,7	5,7	5,7

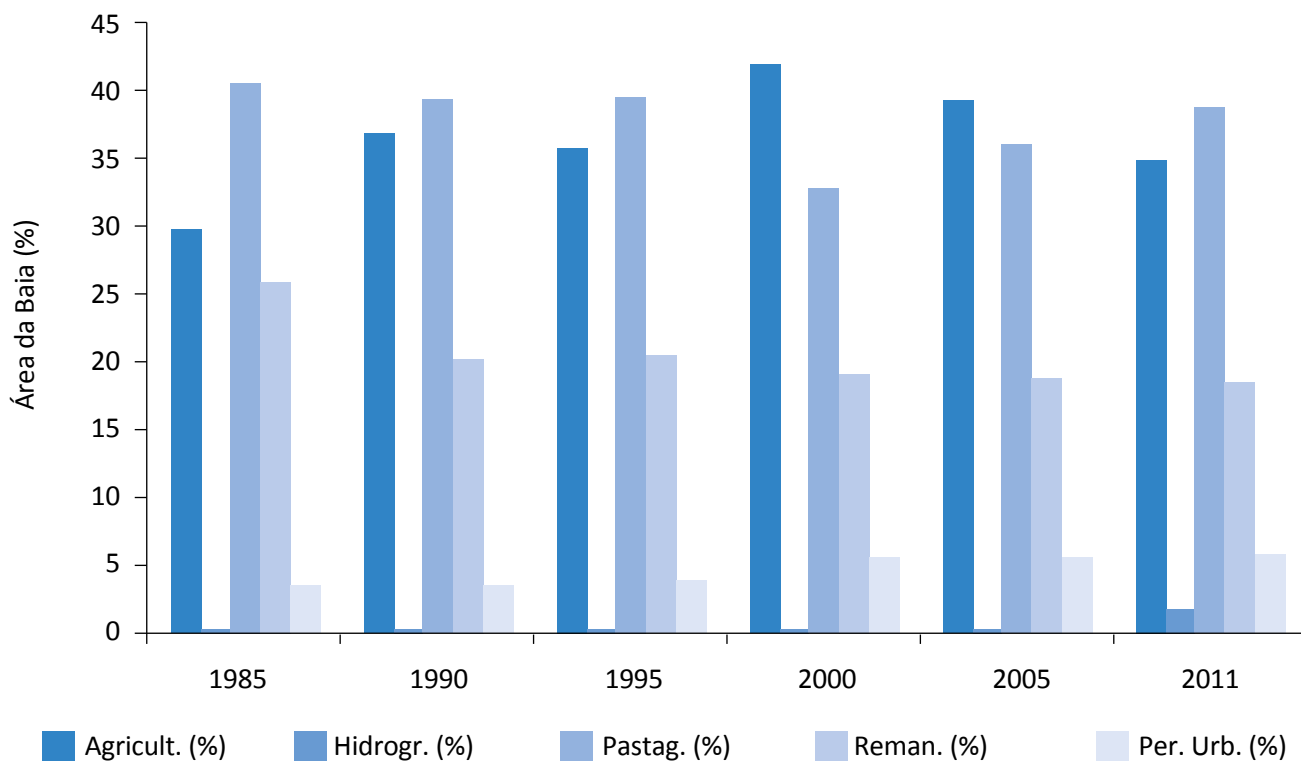


Figura 5 – Representação do uso e cobertura do solo da Bacia Hidrográfica do Ribeirão João Leite.

Na última análise, a do ano de 2011, a pastagem (39,2%) apresentou um aumento, e a agricultura (34,9%), um decréscimo, se comparadas com o ano de 2005, os remanescentes de vegetação nativa (18,5%) continuaram em decréscimo e o perímetro urbano apresentou o mesmo valor (5,7% da área da bacia). Nos demais anos analisados, a hidrografia apresentou uma variação de 0,1 e 0,2% da área da bacia; com o funcionamento da barragem do Ribeirão João Leite, no ano de 2010, esse valor subiu para 1,8% devido ao represamento das águas do ribeirão no reservatório, conforme é mostrado nas Figuras 4 e 5.

No geral, os resultados apresentam uma grande oscilação quando analisamos as classes de agricultura e pastagem como é apresentado na Tabela 1 e na Figura 5.

Conforme mostrado na Tabela 1 e na Figura 5, sobre a oscilação dos valores entre as classes de agricultura e pastagem, esse resultado pode ser interpretado de acordo com a afirmação de Kichel & Macedo (1997) de que, no Cerrado, as áreas utilizadas para a produção de grãos permanecem em descanso por cerca de oito meses, quando se explora uma única safra na estação de verão, e por cerca de cinco meses, quando se explora também o plantio em sucessão ou segunda safra, com sorgo ou milho, objetivando a produção de grãos e a implantação das pastagens anuais em sucessão, no início da estação seca.

Ainda na Tabela 1 e na Figura 5, os resultados mostram um considerável decréscimo na área de remanescentes de vegetação nativa (7,4%), entre 1985 e 2011, e um leve acréscimo no perímetro urbano (2,2%), entre 1985 e 2000; a partir desse ano, a expansão desses perímetros dá lugar ao adensamento urbano, principalmente no município de Goiânia.

Quando se trata de recursos hídricos, existe uma limitação do satélite Landsat-5 quanto à representação de pequenos corpos d'água devido a sua resolução espacial ser de 30 m, ou seja, a imagem representa elementos acima de 30 m com boa definição; no entanto, os elementos menores são de difícil identificação nessas imagens. Para contornar essa limitação, utilizou-se como dado auxiliar a base vetorial hídrica do Sistema de Geoinformação do Estado de Goiás (SIEG); com isso, pôde-se notar a representação dessa classe em todos os anos analisados, mas com maior

representatividade no ano de 2011 devido à construção da barragem (Tabela 1).

Além da análise dos resultados da classificação para toda a bacia, foi realizada uma análise por município, conforme é mostrado na Tabela 2.

Conforme apresentado na Tabela 2, o município de Anápolis, assim como na análise geral da bacia, apresenta oscilação nas classes de agricultura e pastagem; em 2011, o uso predominante do solo na bacia foi o de pastagem (42,8%), o maior valor desde 1985. Nota-se também o crescimento do perímetro urbano da cidade dentro bacia; em contrapartida, houve um decréscimo de 11,1% nos remanescentes de vegetação nativa entre 1985 e 2011.

No município de Campo Limpo predomina a agricultura, que é encontrada em maior proporção que a pastagem em praticamente todos os anos analisados, sendo que em 2011 esse valor foi de 46,1%. Assim como no município de Anápolis, houve uma considerável redução (9,4%) de áreas de remanescentes de vegetação nativa no mesmo período.

Em Goianápolis houve uma grande variação no período de 1985 a 2011 entre pastagem e agricultura dentro da bacia, mas com maior concentração de pastagem (44,5%) no último ano analisado. Nesse mesmo período existiu uma supressão de 8,9% das áreas de remanescentes de vegetação nativa.

No município de Goiânia, a área contida na bacia foi onde mais ocorreu expansão das áreas urbanas, tendo um aumento de 13% entre os anos analisados; assim como ocorreu nos demais municípios, em Goiânia ocorreu oscilação entre pastagem e agricultura, sendo que esta última representou 29,7% da área contida na bacia em 2011. O município segue a mesma tendência dos demais analisados tratando-se de remanescentes de vegetação nativa, com uma queda de 8,2% em sua área.

Ao contrário dos outros municípios que compõem a Bacia Hidrográfica do Ribeirão João Leite, Nerópolis foi o único que manteve as áreas com remanescente de vegetação nativa sem consideráveis variações, mas seguindo o mesmo perfil quanto à variação entre as áreas de pastagem e agricultura, sendo esta última com a ocupação do solo de 34,8% em 2011.

Tabela 2 – Uso e cobertura do solo das áreas dos municípios contidas na Bacia Hidrográfica do Ribeirão João Leite.

Anápolis (24,9% da área contida na bacia)						
Classe	1985	1990	1995	2000	2005	2011
Agricult. (%)	29,6	38,9	35,3	41,7	39,7	35,2
Hidrogr. (%)	0,0	0,1	0,2	0,3	0,1	0,0
Pastag. (%)	39,1	36,6	39,8	35,0	39,8	42,8
Reman. (%)	25,8	18,8	18,8	15,8	13,3	14,7
Per. Urb. (%)	5,5	5,6	5,8	7,2	7,1	7,2
Campo Limpo (20,6% da área contida na bacia)						
Classe	1985	1990	1995	2000	2005	2011
Agricult. (%)	35,0	47,8	39,3	46,1	48,9	46,1
Hidrogr. (%)	0,0	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1
Pastag. (%)	42,9	38,0	46,2	40,6	41,0	40,6
Reman. (%)	21,9	13,9	14,1	12,4	9,2	12,5
Per. Urb. (%)	0,2	0,2	0,2	0,8	0,8	0,8
Goianápolis (15,5% da área contida na bacia)						
Classe	1985	1990	1995	2000	2005	2011
Agricult. (%)	27,4	32,1	37,5	42,1	28,3	25,3
Hidrogr. (%)	0,0	0,1	0,2	0,2	0,2	4,4
Pastag. (%)	37,8	39,2	32,7	24,7	36,0	44,5
Reman. (%)	33,8	27,7	28,7	32,1	34,6	24,9
Per. Urb. (%)	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Goiânia (12,7% da área contida na bacia)						
Classe	1985	1990	1995	2000	2005	2011
Agricult. (%)	29,8	28,9	32,3	34,1	33,2	29,7
Hidrogr. (%)	0,0	0,1	0,2	0,2	0,1	5,9
Pastag. (%)	29,8	31,9	28,7	19,8	18,5	19,2
Reman. (%)	26,5	25,2	23,2	18,8	21,5	18,3
Per. Urb. (%)	13,9	13,9	15,7	27,1	26,7	28,9

CONTINUA...

Tabela 2 – Continuação.

Nerópolis (9,9% da área contida na bacia)						
Classe	1985	1990	1995	2000	2005	2011
Agricult. (%)	27,8	33,5	37,1	44,8	40,8	34,8
Hidrogr. (%)	0,0	0,1	0,2	0,2	0,3	2,7
Pastag. (%)	39,4	40,4	35,3	25,1	26,7	29,4
Reman. (%)	32,8	26,0	27,4	29,9	32,2	33,1
Per. Urb. (%)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ouro Verde (2,4% da área contida na bacia)						
Classe	1985	1990	1995	2000	2005	2011
Agricult. (%)	27,8	42,6	31,8	41,8	34,5	18,3
Hidrogr. (%)	0,0	0,0	0,1	0,2	0,1	0,0
Pastag. (%)	49,8	44,2	49,8	41,1	57,3	64,2
Reman. (%)	22,4	13,2	18,3	16,8	8,1	17,5
Per. Urb. (%)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Terezópolis (14,1% da área contida na bacia)						
Classe	1985	1990	1995	2000	2005	2011
Agricult. (%)	26,9	30,8	33,5	41,8	41,2	36,7
Hidrogr. (%)	0,0	0,2	0,3	0,3	0,3	0,8
Pastag. (%)	53,4	52,0	47,9	41,9	41,0	43,5
Reman. (%)	18,4	15,6	17,0	14,3	15,7	17,3
Per. Urb. (%)	1,3	1,3	1,3	1,7	1,7	1,7

Assim como Nerópolis, o município de Ouro Verde não possui seu perímetro urbano contido nos limites da bacia e o uso predominante do solo para todos os anos analisados é o de pastagem, chegando a 64% da área contida na bacia no ano de 2011; já os remanescentes de vegetação nativa tiveram uma queda de 4,9% no período analisado.

O município de Terezópolis também tem como uso predominante do solo a pastagem, que está presente em maior área em toda a análise, chegando a 43,5%

em 2011. Comparando com os demais municípios, Terezópolis teve uma variação de 1,1% nas áreas de remanescentes de vegetação nativa, aproximando-se de Nerópolis, onde essa variação é praticamente inexistente.

Em uma análise geral dos municípios contidos na Bacia Hidrográfica do Ribeirão João Leite, no município de Anápolis foi onde mais houve perda de áreas de vegetação nativa remanescente (11,1%), seguido de Goiânia (8,9%) e Goiânia (8,2%), que ficou com a ter-

ceira posição, enquanto Nerópolis foi o município que mais conservou as áreas de vegetação nativa remanescente contidas na bacia. De maneira geral, Oliveira (2013) afirma que a área da bacia em estudo é tomada por uma intensa atividade agropecuária, em torno de 84,2% da área da bacia, devido ao seu relevo ser bastante plano e possuir solos férteis, latossolos (quase 60% da área), seguida pela associação de argissolos/nitossolos (31%).

Devido à intensa ocupação da área de estudo por pastagens, áreas agrícolas e áreas urbanizadas, sobre essas últimas, segundo Papaleo & Martins Junior (2008), apenas quatro bairros de Goiânia (Jardim Guanabara I, II, III e IV) somam mais de 27 mil habitantes, o que é uma população maior que a de 5 dos municípios situados dentro da Bacia Hidrográfica do Ribeirão João Leite. Com base nisso foram elaboradas avaliações da vegetação nativa remanescente contida nas APPs, para todos os anos analisados, de acordo com o Código Florestal Brasileiro, conforme apresentado na Figura 6.

Conforme ilustrado na Figura 6, pode-se notar o decréscimo da vegetação nativa remanescente dentro

das APPs, entre os anos de 1985 e 2011, considerando que a oscilação dos valores apresentados nos anos de 1990 e 2000 pode ser associada a alguns fatores, como a época do ano da aquisição das imagens e a influência de fenômenos climáticos (como *El Niño* e *La Niña*) sobre a vegetação, alterando, assim, a sua resposta espectral e, conseqüentemente, a sua mensuração.

Outro fator a ser considerado nesta análise foi o represamento do Ribeirão João Leite devido à implantação da barragem em 2010, a qual suprimiu considerável quantidade de mata ciliar existente no local, influenciando, assim, no resultado apresentado no ano de 2011. A Figura 7 ilustra o mapeamento das APPs, bem como o mapeamento das áreas de vegetação nativa remanescente localizadas dentro das APPs.

Conforme mostrado na Figura 7, a área de vegetação nativa remanescente localizada dentro dos limites das APPs, para os anos de 1985 e 2011, foram, respectivamente, de 68,9 e 63,5 km² (9,07 e 8,35% da área da bacia). A redução dessas APPs pode causar diver-

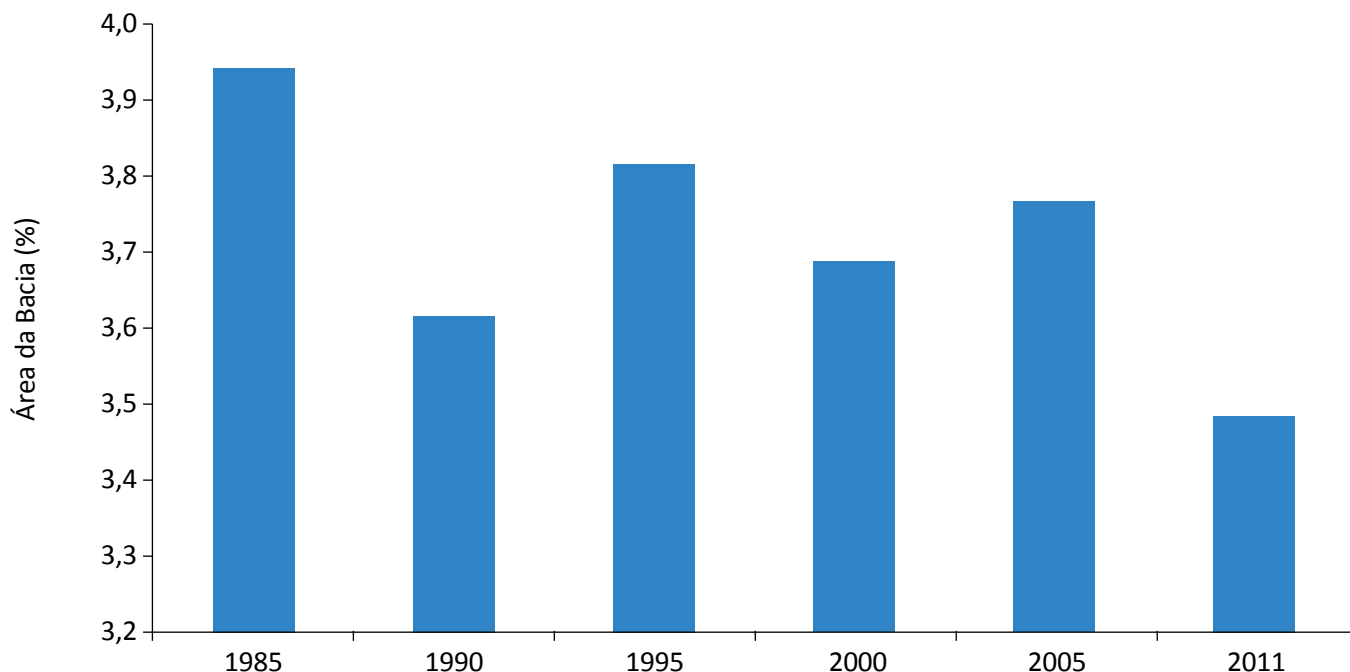


Figura 6 - Cálculo da Área de Preservação Permanente na Bacia Hidrográfica do Ribeirão João Leite entre 1985 e 2011.

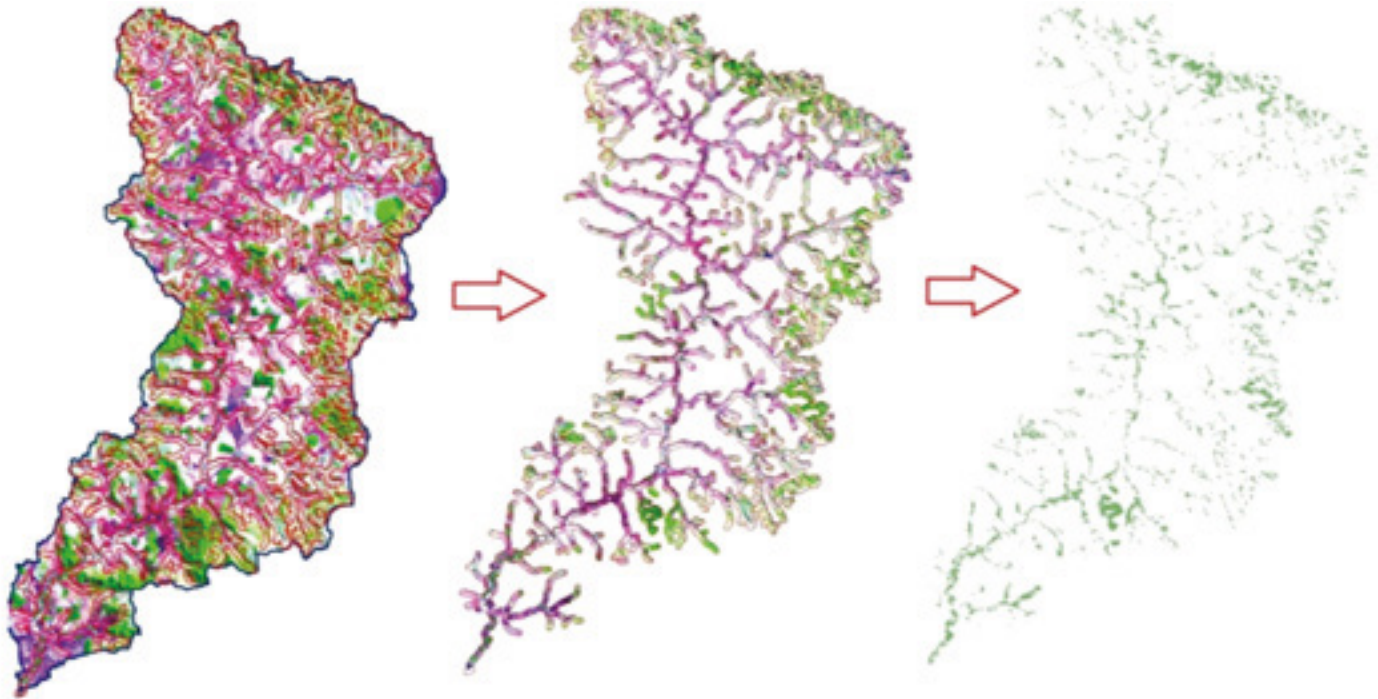


Figura 7 - Delimitação da Área de Preservação Permanente de 200 m sob a drenagem da Bacia Hidrográfica do Ribeirão João Leite.

tos danos na bacia em longo prazo, como a escassez de água, já que a ausência da mata ciliar faz com que a água da chuva escoe sobre a superfície, não permitindo sua infiltração e seu armazenamento no lençol freático. Com isso, as nascentes são reduzidas, o que é preocupante, já que a Bacia Hidrográfica do Ribeirão João Leite é uma bacia de abastecimento urbano. Segundo Ribeiro & Walter (2010), outro fator preocupante é que a mata ciliar é uma proteção natural contra o assoreamento e sem ela a erosão das margens leva sedimentos para dentro dos corpos d'água, tornando-os turvos, dificultando a entrada da luz solar e, consequentemente, dificultando a vida aquática de seguir seu ciclo. Uma alternativa para preservação dessas áreas seria implantar um uso sustentável dentro desses 200 m sugeridos neste estudo, pois essas áreas da bacia apresentam expressiva biodiversidade que pode ser explorada como alternativa viável para conservação de áreas significativas e como meio para gerar renda, segurança alimentar e qualidade de vida para agricultores familiares.

Com o intuito de realizar uma análise mais restritiva, assim como a delimitação dos 200 m de APP ao lon-

go dos corpos d'água, foram delimitadas áreas com declividade acima de 15°, devido ao relevo da bacia ser relativamente plano e não possuir áreas com declividade superior a 45°, conforme a legislação vigente. Para isso, foi gerado um mapa contendo APPs sem cobertura vegetal nativa presente na Bacia Hidrográfica do Ribeirão João Leite no ano de 2011, conforme é apresentado na Figura 8.

Conforme mostrado no mapa da Figura 8, em 2011, pode-se notar que a quantidade de APPs sem cobertura vegetal apresenta uma proporção considerável, já que nesse mesmo ano apenas 3,48% dessas áreas contidas na bacia foram preservadas. Nota-se, ainda, maior escassez dessas áreas próximas aos perímetros urbanos dos municípios de Goiânia e Anápolis e principalmente ao extremo norte da bacia nos municípios de Ouro Verde e Campo Limpo.

Com relação às áreas cuja declividade está acima de 15°, apenas 40,3% delas possuem cobertura vegetal preservada; como a declividade máxima encontrada na bacia é de 28°, parte dessas áreas é utilizada como pastagem e agricultura.

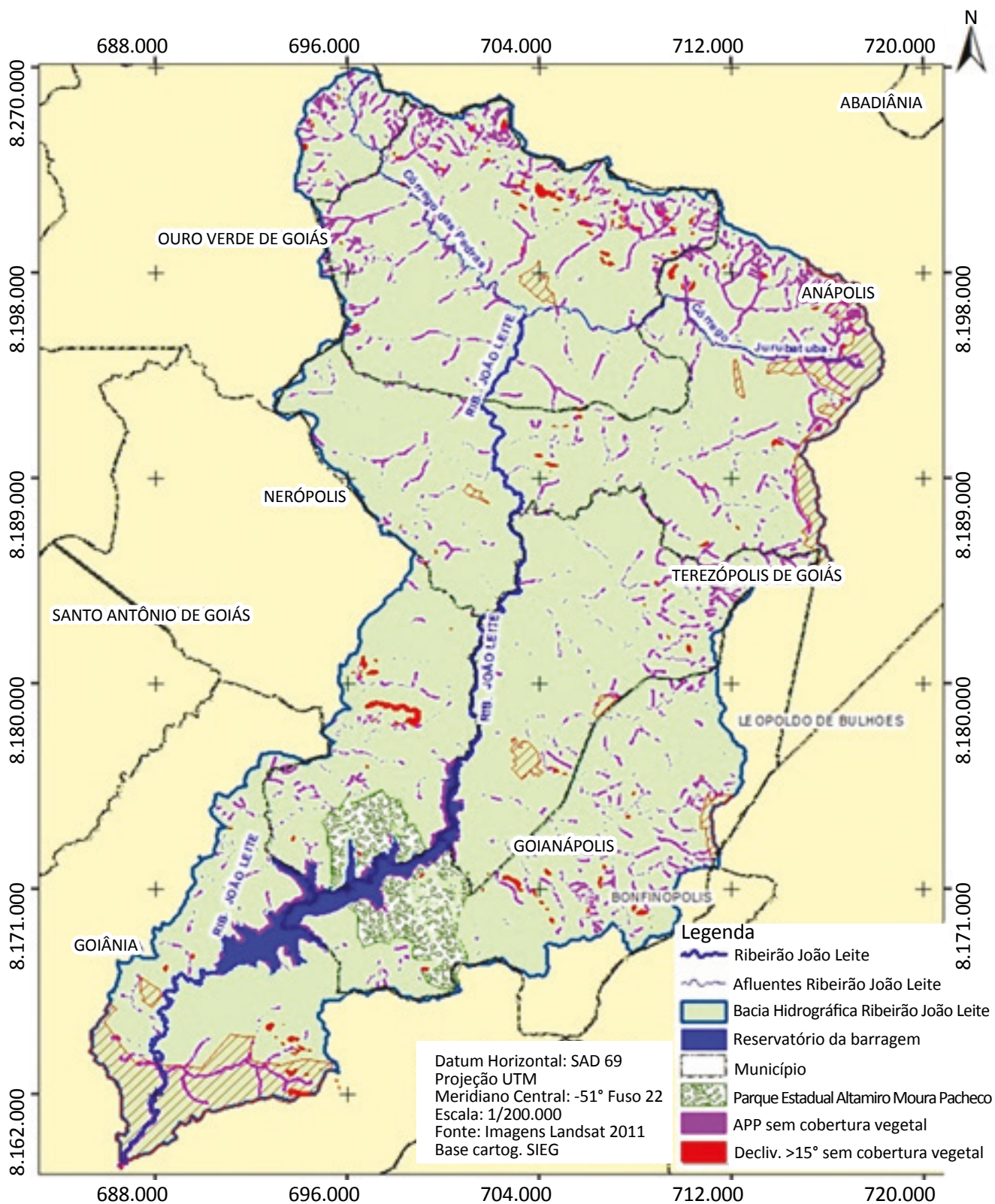


Figura 8 – Áreas de Preservação Permanente sem cobertura vegetal nativa contida na Bacia Hidrográfica do Ribeirão João Leite no ano de 2011.

CONCLUSÕES

O mapeamento do uso e ocupação do solo da Bacia Hidrográfica do Ribeirão João Leite demonstrou que a bacia sofreu oscilação no uso e na cobertura do solo nas classes de pastagem e agricultura no período estudado, o que pode estar associado à variação do perfil econômico dos municípios contidos na bacia. É importante observar também que, em 1985, a Bacia Hidrográfica do Ribeirão João Leite já apresentava antropismo expressivo, devido à intensa ocupação por áreas de pastagens e por áreas agrícolas. Os elementos motivadores dessa intensa e longa ocupação são vários, tais como proximidade da área urbana da capital goia-

na e localização geográfica no eixo Goiânia-Anápolis, além do fato de lá estar implantado um segmento da Rodovia BR-153.

Quanto à redução das áreas de remanescentes, Anápolis foi o município que mais apresentou supressão dessas áreas (11,1%), o que merece atenção das instituições interessadas na gestão ambiental daquela área. Com relação à diminuição da mata ciliar na bacia, a possível consequência é a ocorrência de processos erosivos laminares e acelerados, assoreamento dos corpos d'água, desequilíbrios nos ecossistemas fluviais, entre outros problemas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG), pelo suporte finan-

ceiro por meio do projeto da chamada 05/2012 — Processo nº 201210267000907.

REFERÊNCIAS

ARTHUR, D. & VASSILVITSKII, S. How slow is the k-means method? In: ANNUAL SYMPOSIUM ON COMPUTATIONAL GEOMETRY, SCG'06, *Proceedings...* New York, NY, USA. ACM. p. 144-153, 2006.

GUIMARÃES, M.; DORADO, A. J.; COUTINHO, A. C. Utilização de dados TM-Landsat para o mapeamento e monitoramento da cobertura vegetal. In: GIS BRASIL, 2000, Salvador. *Anais...* CD-ROM.

IBAMA – INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. *Instrumentos de planejamento e gestão ambiental para a Amazônia, Cerrado e Pantanal demandas e propostas* - Metodologia de avaliação de impacto ambiental, 2001. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/52072627/5/Conceito-de-Qualidade-Ambiental>>. Acesso em: 25 mai. 2012.

KICHEL, A. N. & MACEDO, M. C. Milheto, a opção forrageira para alimentar animais na época seca. *Lavoura*, v. 99, n. 617, p. 20-21, 1997.

OLIVEIRA, W. N. *Avaliação da qualidade ambiental da paisagem da Bacia Hidrográfica e do reservatório do Ribeirão João Leite*. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2013.

PAPALEO, A. & MARTINS JUNIOR, O. P. *Goiânia terceiro milênio: modelagem e estudo de viabilidade com vistas à estruturação de empreendimento em Goiânia*. Diagnóstico final, 2008.

RABELO, C. G. *Mapeamento de áreas vulneráveis para a qualidade das águas superficiais na Bacia Hidrográfica do Ribeirão João Leite (GO) utilizando técnicas de geoprocessamento*. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2009.

RIBEIRO, J. F. & WALTER, B. M. T. *Tipos de vegetação do bioma Cerrado*. Agência de Informação Embrapa, 2009. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01_23_911200585232.html>. Acesso em: 20 jul. 2011.

SANTOS, E. H. M.; GRIEBELER, N. P.; OLIVEIRA, L. F. C. Relação entre uso do solo e comportamento hidrológico na Bacia Hidrográfica do Ribeirão João Leite. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 14, n. 8, p. 826-834, 2010.

SEMARH – SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS E MEIO AMBIENTE. *Relatório Final - Inventário Faunístico - Parque Altamiro de Moura Pacheco e Parque dos Ipês*, 2009. Disponível em: <<http://www.semarh.goias.gov.br/PEAMP/>>. Acesso em: 16 jul. 2011.

VALERIANO, M. M. & ROSSETTI, D. F. *TOPODATA: Seleção de coeficientes geoestatísticos para o refinamento unificado de dados SRTM*. São José dos Campos: INPE, 2009.