

USO DA TERRA E COBERTURA VEGETAL NA BACIA DO RIO PARANAÍBA

LAND USE AND VEGETATION COVER IN THE PARANAIBA RIVER BASIN

Roberto Rosa

Doutor em Geografia Física
Instituto de Geografia - Universidade Federal de Uberlândia
rrosa@ufu.br

Edson Eyji Sano

Doutor em Ciência do Solo
CPAC/EMBRAPA
edson.sano@gmail.com

Resumo

Este trabalho tem como objetivo apresentar os resultados do levantamento do uso da terra e cobertura vegetal natural, da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba, realizado com o uso de imagens TM/Landsat 5 e MODIS/Terra. O mapa foi produzido por meio de técnicas de segmentação e interpretação visual em “tela”, usando um mosaico elaborado com 19 cenas TM/Landsat na composição colorida 4R5G3B. Após a elaboração do mapa, foi possível quantificar os diferentes usos da bacia, onde se observa que a pastagem cultivada é o uso predominante, ocupando 41,1 % da área da bacia, seguida pela cobertura vegetal natural, com 29,4 % da área e, a agricultura com 27,2 %. As demais classes de uso ocupam um percentual reduzido (1,2 % de áreas urbanas e 1,1 % com corpos d’água), no entanto chama à atenção a cultura da cana-de-açúcar que tem crescido na bacia nos últimos anos e que em 2010 ocupava uma área de 3,4 % da bacia. As técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento utilizadas permitiram separar as áreas cultivadas com culturas anuais, das áreas ocupadas com pastagens, categorias de uso normalmente difíceis de serem separadas, especialmente na região dos cerrados, o que permitiu produzir um mapa com um índice de acerto de 81 %, conforme estatística *Kappa*.

Palavras chave: Uso da terra. Cobertura vegetal. Bacia do Rio Paranaíba. Sensoriamento remoto.

Abstract

This work aims to present the results of mapping land use and natural vegetation cover, on the basin of the Paranaíba River, performed with the use of images TM/Landsat 5 and MODIS/Terra. The map was produced with the use of segmentation techniques and visual interpretation in "screen", using a mosaic elaborated with 19 scenes TM/Landsat in colorful makeup 4R5G3B. After elaborating the map, it was possible to quantify the different uses of the basin, where it is observed that the cultivated pasture is the predominant use, occupying 41.1 % of the basin area, followed by natural vegetation cover, with 29.4 % of the area and agriculture with 27.2 %. The other use classes occupy a small percentage (1.2 % in urban areas and 1.1 % in water bodies). However, it draws attention the culture of cane

sugar that has grown in the basin in recent years and in 2010 occupied an area of 3.4 % of the basin. The techniques of remote sensing and geoprocessing used allowed the separation of areas cultivated with annual crops from areas occupied by cultivated pastures, categories of use usually difficult to separate, especially in the Cerrado region, what allowed a map to be produced with an index of success of 81%, as *Kappa*.

Keywords: Land use. Vegetation cover. Parnaíba River Basin. Remote sensing.

Introdução

O levantamento do uso da terra numa dada região tornou-se um aspecto de interesse fundamental para a compreensão dos padrões de organização do espaço. Desse modo, existe a necessidade de atualização constante dos registros de uso da terra e cobertura vegetal, para que suas tendências possam ser analisadas. Neste contexto, o sensoriamento remoto constitui-se em uma técnica de grande utilidade, pois permite, em curto espaço de tempo, a obtenção de informações a respeito de registros de uso da terra e cobertura vegetal.

O estudo do uso da terra consiste em buscar conhecimento de toda a sua utilização por parte do homem ou, quando não utilizado pelo homem, da caracterização dos tipos de categorias de vegetação natural que reveste o solo, como também suas respectivas localizações. De forma sintética, a expressão "uso da terra" pode ser entendida como sendo a forma pela qual o espaço está sendo ocupado pelo homem.

O ponto inicial dos estudos do uso da terra veio com o trabalho da Comissão Mista para Informação e Classificação do Uso da Terra, formada no início de 1971, com a participação de representantes de Órgãos Federais dos Estados Unidos (Departamento do Interior, a Administração Nacional de Aeronáutica e Espaço, o Departamento de Agricultura), a Associação de Geógrafos Americanos e da União Geográfica Internacional (ANDERSON, 1979). O trabalho da Comissão chama a atenção pela importância dada ao uso de tecnologias espaciais na obtenção de informações de uso da terra, bem como na preocupação com problemas ambientais, aspectos que constituem o marco teórico-metodológico dos estudos contemporâneos do uso da terra.

No Brasil, os primeiros trabalhos sobre uso da terra se iniciaram no final da década de 1930 e perduraram até os anos de 1940, quando predominaram estudos sobre a colonização e as viagens de reconhecimento. A partir da década de 1950 até a década de 1960 passam a predominar os estudos sobre padrões espaciais, analisados a partir de

processos produtivos. A partir de então, merece destaque o trabalho de Keller (1969), com estudos sobre mapeamento e regionalização dos usos da terra. Na década de 1970, foram registrados avanços em análises classificatórias das formas e das dinâmicas de uso da terra, com forte ênfase nas análises quantitativas.

O primeiro trabalho sistemático utilizando o sensoriamento remoto como ferramenta de interpretação dos fenômenos espaciais de significado nacional foi o Levantamento Sistemático de Recursos Naturais, realizado pelo RADAMBRASIL, utilizando imagens de radar. A partir de então, diversos trabalhos tem sido desenvolvidos no Brasil, com destaque para: IBGE (2006), Rosa (2009), Sano et. al. (2010), Novo (2011), Moreira (2011).

O conhecimento atualizado das formas de utilização e ocupação da terra, bem como o uso histórico, tem sido um fator imprescindível ao estudo dos processos que se desenvolvem na região, tornando-se de fundamental importância na medida em que os efeitos de seu mau uso causam deterioração no meio ambiente. Os processos de erosão, desertificação, inundações, assoreamentos de cursos d'água, têm sido exemplos cotidianos do mau uso da terra.

O conhecimento atualizado da distribuição e da área ocupada pela agricultura, vegetação natural, áreas urbanas, corpos d'água, bem como informações sobre as proporções de suas mudanças se tornam cada vez mais necessários aos legisladores e planejadores, seja ao nível de governo federal, estadual ou municipal, para permitir a elaboração da melhor política de uso e ocupação da terra e em atividades de apoio à tomada de decisões. Além das diferenciações de áreas e das possibilidades de correlações, novas relações espaciais poderão ser expressas respondendo como indicadores socioambientais que podem ser gerenciados em proveito da melhoria da qualidade de vida da sociedade.

Entretanto, as medidas para o planejamento do uso da terra têm sido, até recentemente, baseadas em informações fragmentadas, isto ocorria porque não existiam registros seguros sobre as condições de uso da terra, dificultando a avaliação das alterações que são provocadas pelo homem. A utilização de dados atualizados de uso da terra é muito ampla, podendo-se citar como exemplo: inventário de recursos hídricos,

controle de inundações, identificação de áreas com processos erosivos avançados, avaliação de impactos ambientais, formulação de políticas econômicas, etc.

No momento em que os novos recursos tecnológicos permitiram enfatizar a riqueza de informações do uso da terra e a subjetividade da sua apreensão por diferentes abordagens, fica claro que o estudo do uso da terra não pode prescindir de uma orientação teórica, conceitual e metodológica. A crítica produzida tem conduzido, recentemente, as reflexões teóricas sobre a cobertura e o uso da terra, bem como a preocupação ambiental para as questões sociais, mostrando a tendência atual de orientação desses estudos, segundo o conceito de justiça ambiental. A idéia de justiça ambiental emerge das discussões do conceito de desenvolvimento sustentável. O conceito de desenvolvimento sustentável trata do atendimento das necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender às suas próprias necessidades.

No entanto, não existe uma classificação de uso da terra que seja única e ideal, cada classificação é feita de forma a atender as necessidades do usuário e adaptadas à região. Neste sentido, os sistemas de sensoriamento remoto, hoje disponíveis permitem a aquisição de dados de forma global, confiável, rápida e repetitiva, sendo estes dados de grande importância para o levantamento, mapeamento, monitoramento do uso da terra e cobertura vegetal de uma dada região.

Face ao exposto, este trabalho tem como objetivo apresentar os resultados do levantamento, mapeamento e quantificação do uso da terra e cobertura vegetal natural, da bacia (e sub-bacias) hidrográfica do Rio Paranaíba, realizado com o uso de imagens TM/Landsat 5 e MODIS/Terra.

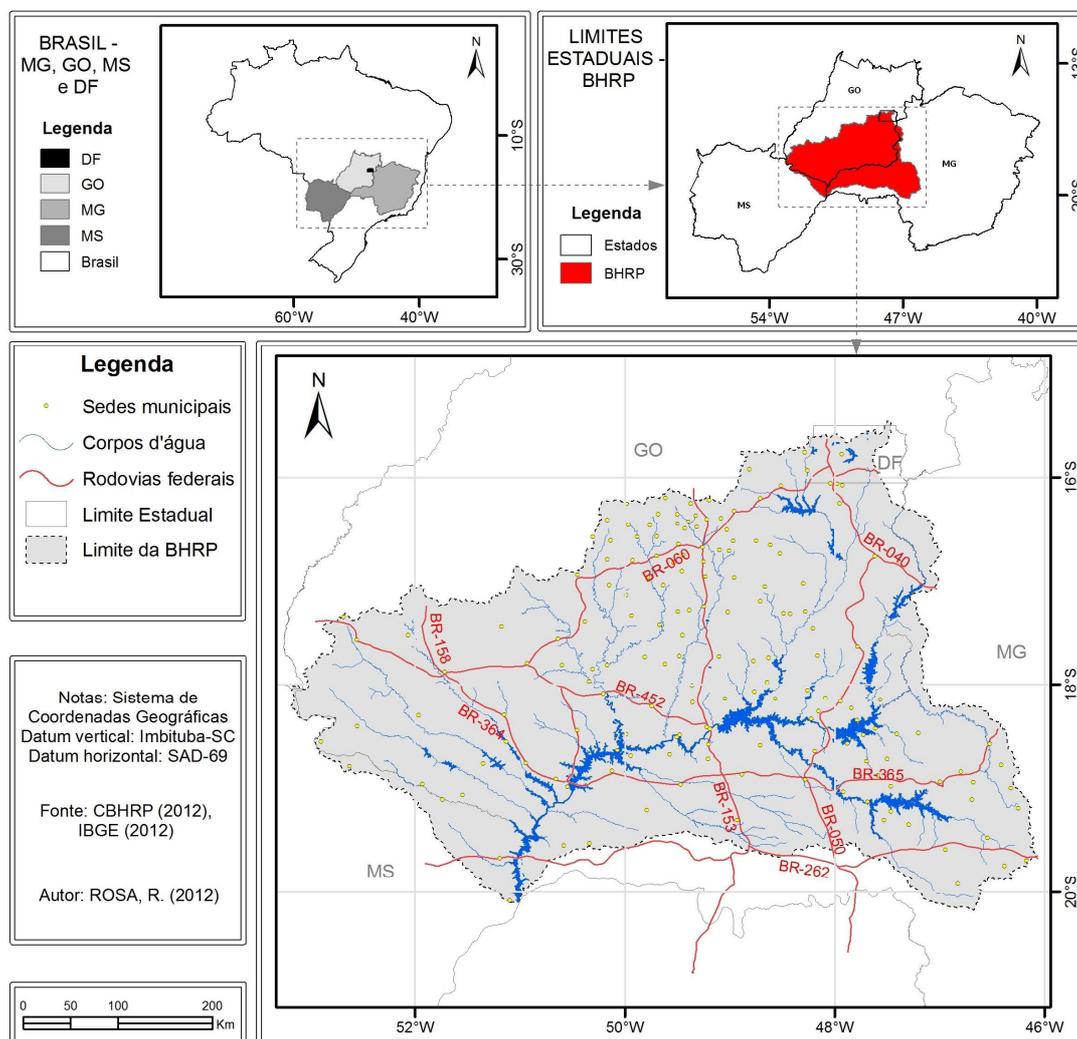
Entende-se por levantamento o conjunto de operações necessárias à elaboração de uma pesquisa temática que pode ser sistematizada através de mapas. O levantamento do uso da terra indica a distribuição geográfica das tipologias de uso, identificadas através de padrões homogêneos da cobertura terrestre. Ao retratar as formas e a dinâmica de ocupação da terra, esses estudos representam instrumento valioso para a construção de indicadores ambientais e para a avaliação da capacidade de suporte ambiental, contribuindo assim para a identificação de alternativas promotoras da sustentabilidade.

O conhecimento da distribuição espacial dos tipos de uso da cobertura e cobertura vegetal é fundamental para orientar a utilização racional do espaço. O marco teórico-metodológico dos estudos de uso da terra aqui identificado nos coloca diante do conceito de desenvolvimento sustentável que engloba a visão de conjunto do uso da terra e cobertura vegetal natural, tendo em vista a preservação, a conservação e a justiça ambiental.

A área de estudo

A Bacia Hidrográfica do rio Paranaíba é a segunda maior unidade hidrográfica da Região Hidrográfica do Paraná, com 25,4 % de sua área, que corresponde a uma área de drenagem de 223.532,7 km², abrangendo parte dos estados de Goiás (63,2 %), Minas Gerais (31,7 %), Mato Grosso do Sul (3,4 %) e Distrito Federal (1,7 %). O rio Paranaíba, cuja nascente ocorre no município de Rio Paranaíba-MG, na Serra da Mata da Corda, percorre cerca de 1.160 km até sua foz, no encontro com o Rio Grande, desde a cota 1.100 até o nível 328, nível este do lago da hidrelétrica de Ilha Solteira. A população da bacia é de cerca de 8,5 milhões de habitantes, sendo que aproximadamente 92 % vivem em áreas urbanas. Esta população está distribuída em 193 municípios pertencentes a quatro Unidades da Federação: Goiás (133 municípios), Minas Gerais (55 municípios), Mato Grosso do Sul (4 municípios) e o Distrito Federal (Figura 01).

Figura 01 – Localização da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba



Fonte: Autores (2012).

A bacia do rio Paranaíba possui clima preponderantemente tropical, com temperatura média mensal superior a 18°C , com período seco no inverno e amplitude térmica inferior a 5°C , podendo ser classificado como do tipo Aw pela segunda Koppen. Possui uma sazonalidade marcante com período de estiagem muito bem definido, mas com excedentes hídricos no período chuvoso que vai de outubro a abril, com precipitações médias variando entre 1400 a 1800 mm ano.

A vegetação original da bacia era típica do Bioma Cerrado, atualmente bastante descaracterizada, composta por fitofisionomias que englobam formações florestais, savânicas e campestres.

As atividades econômicas da bacia são bastante diversificadas, com destaque na pecuária, produção de soja, milho, algodão, café e mais recentemente cana-de-açúcar. Além disso, a bacia é conhecida, principalmente pelo potencial hidrelétrico, responsável pela geração de grande parte da energia de Minas Gerais e Goiás. De acordo com a Agência Nacional de Águas, ela responde por cerca de 70 % da energia elétrica consumida em Minas Gerais, permitindo, também, que as terras agricultáveis ao longo das margens do rio Paranaíba possuam os maiores índices de crescimento de áreas irrigadas do país.

Abordagem Metodológica

Para elaborar o mapa de uso da terra e cobertura vegetal natural da bacia do Rio Paranaíba foram seguidos os procedimentos metodológicos descritos a seguir.

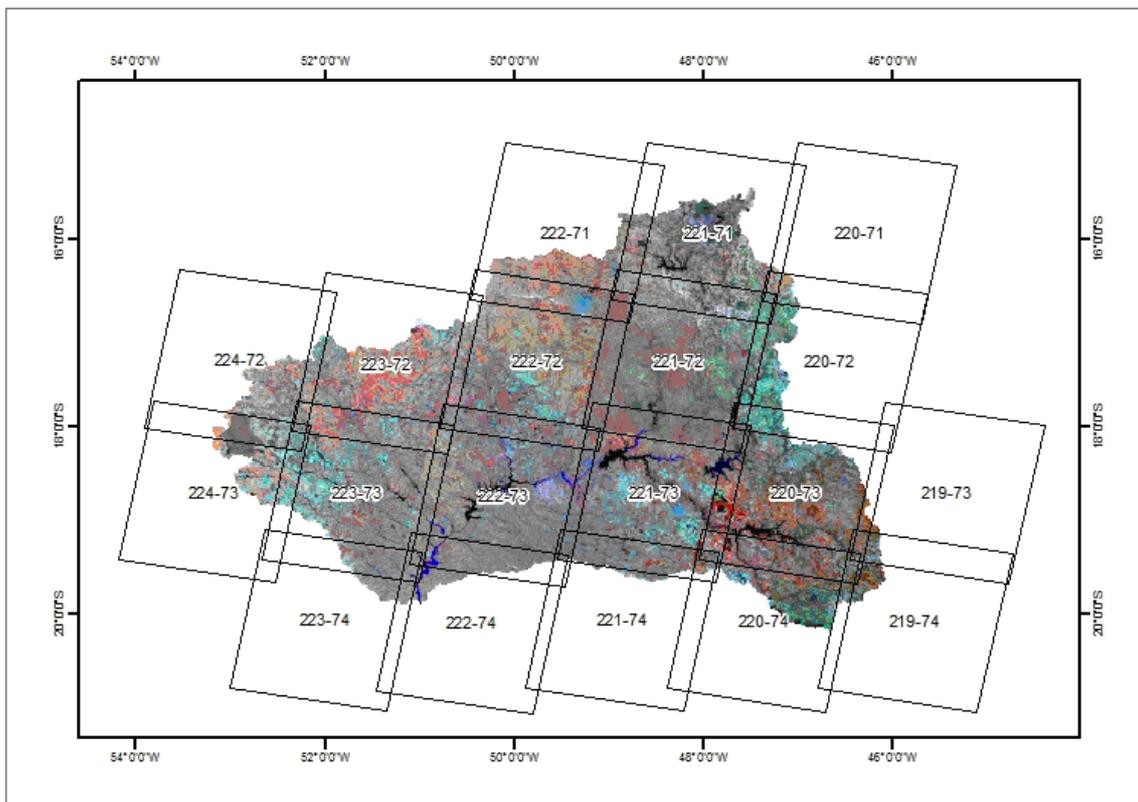
Seleção e Aquisição das Imagens

A seleção das imagens de satélites para efetuar o mapeamento do uso da terra e cobertura vegetal natural é um ponto crucial para o sucesso na interpretação. A seleção de imagens isentas de cobertura de nuvens oferecem maiores probabilidades de sucesso, no entanto, é aconselhável utilizar imagens de datas de passagens próximas uma das outras, para que as feições da cobertura do solo não se modifiquem acentuadamente, o que poderia ser fator de erro no mapeamento. Como no período seco do ano a probabilidade de obter imagens de satélites livres de cobertura de nuvens é maior, optou-se pela seleção de imagens neste período. Além disso, nesta época do ano é menor a presença de culturas o que a princípio favorece a interpretação.

Para cobrir a área de estudo foram usadas 19 cenas (Figura 02) do satélite norte-americano TM/Landsat 5, georreferenciadas no sistema de coordenadas geográficas e Datum SAD-69.

As imagens foram adquiridas no sítio do INPE (<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>). Cenas adicionais do sensor MODIS/Terra (produto MOD13Q1), foram necessárias para auxiliar na separação de culturas anuais das pastagens. As cenas dos MODIS correspondentes aos os *tiles* H12V10, H13V10 e H13V11, que abrangem toda a área da bacia do Rio Paranaíba foram baixadas do sítio da NASA (http://reverb.echo.nasa.gov/reverb/#utf8=%E2%9C%93&spatialmap=satellite&spatial_type=rectangle).

Figura 02 – Cenas TM/Landsat 5 que cobrem a área da bacia do Rio Paranaíba



Fonte: Autores.

Elaboração do Mosaico e Recorte da Área da Bacia

O mosaico das imagens foi elaborado por meio do uso da técnica de equalização de histogramas. A referida equalização agrupa duas ou mais imagens considerando-se uma delas como sendo a imagem referência. Essa técnica está disponível nos principais softwares de processamento digital de imagens.

O recorte da imagem consiste em delimitar, através do uso de uma máscara, a região de estudo. Os pixels da imagem que não fazem parte da região de estudo passam a ser desconsiderados a partir dessa função. Nesse estudo, a máscara correspondeu ao limite da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba, limite este elaborado a partir dos dados SRTM.

Segmentação e Interpretação Visual

O mosaico após ter sido recortado com o uso do limite da bacia do Rio Paranaíba, foi processado através da técnica de segmentação de imagens disponível no

software IDRISI Taiga. As bandas usadas para elaborar o mapa de uso da terra e cobertura vegetal natural foram as bandas 3, 4 e 5, as quais obtêm imagens nas faixas espectrais do vermelho (0,63 – 0,69 μm), infravermelho próximo (0,76 – 0,90 μm) e infravermelho médio (1,55 – 1,75 μm). A interpretação visual das imagens foi baseada na composição colorida 4R5G3B.

Os polígonos gerados pela segmentação de imagens foram convertidos para o formato shapefile e exportados para o software ArcView GIS 3.2. Nesse aplicativo, cada segmento foi associado a uma determinada classe de uso da terra cobertura vegetal natural. Esse mapeamento foi feito diretamente no monitor da tela de computador, através da sobreposição do recorte de imagem com o mapa vetorial obtido na segmentação e utilizando-se uma escala de visualização de aproximadamente 1:100.000, onde somente polígonos com dimensões superiores a 50 hectares foram delimitados com o propósito de produzir um mapa de uso da terra e cobertura vegetal da bacia do Rio Paranaíba na escala de apresentação de 1:250.000.

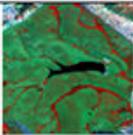
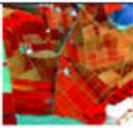
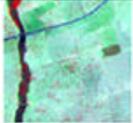
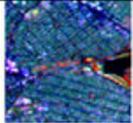
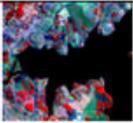
Neste sentido, após a segmentação do mosaico o mesmo passou para a fase de interpretação visual, onde foram identificados e editados os polígonos com: cobertura vegetal natural (foram incluídos nesta classe: as florestas, o cerradão, o cerrado, o campo sujo e o campo limpo), reflorestamento, café, cana-de-açúcar, irrigação por pivô central, cultura anual, pastagem cultivada, áreas urbanas e corpos d'água.

Uma chave de interpretação da composição colorida foi construída para orientar na análise de imagens. Essa chave foi definida a partir dos elementos de interpretação de imagens: cor, textura, forma e tamanho das classes de mapeamento presentes na bacia. (Quadro 01).

Trabalhos de campo tiveram como objetivos, checar “*in loco*” a chave de interpretação, validar as diferentes categorias de uso da terra e cobertura vegetal natural que estavam sendo mapeadas e obter registro fotográfico das diferentes categorias. As imagens de alta resolução espacial contidas no Google Earth foram de grande valia neste procedimento, uma vez que possibilitaram tirar dúvidas, minimizando os trabalhos de campo.

Quando da interpretação visual verificou-se muitas vezes dificuldades em separar áreas ocupadas com culturas anuais das áreas ocupadas com pastagens bem manejadas. Para solucionar este problema às áreas de culturas anuais foram separadas

Quadro 01 – Chave de interpretação das imagens TM/Landsat - Composição 4R5G3B, obtidas nos meses de julho e agosto de 2010, para elaboração do mapa de uso da terra e cobertura vegetal natural

Classes	Elementos de Interpretação	TM/Landsat 4R5G3B
Cobertura vegetal natural	Cor: Variada Textura: Média/Rugosa Forma: Irregular Tamanho: Pequeno	
Reflorestamento	Cor: Vermelho escuro Textura: Média Forma: Geométrica Tamanho: Grande	
Café	Cor: Laranja/ciã Textura: Rugosa Forma: Geométrica Tamanho: Pequeno	
Cana-de-açúcar	Cor: Variada Textura: Média Forma: Geométrica Tamanho: Grande	
Irrigação por pivô central	Cor: Variada Textura: Lisa Forma: Geométrica Tamanho: Pequeno	
Cultura anual	Cor: Variada Textura: Lisa Forma: Geométrica Tamanho: Grande	
Pastagem cultivada	Cor: Verde claro Textura: Média/Rugosa Forma: Variada Tamanho: Grande	
Area Urbana	Cor: Variada Textura: Rugosa Forma: Irregular Tamanho: Pequeno	
Corpo d'água	Cor: Preta Textura: Lisa Forma: Irregular Tamanho: Médio	

Fonte: Autores.

das pastagens utilizando-se imagens obtidas pelo sensor MODIS/Terra, obtidas no final de fevereiro, meados de março e início de abril de 2011. As imagens do sensor MODIS obtidos nos meses mencionados permitiram separar as culturas anuais de verão (soja, milho, etc.) das pastagens, uma vez que nestes meses as mesmas já se encontram em um estágio de senescência (maturação), contrastando com as pastagens que continuam em pleno vigor vegetativo, até final de maio e início de junho.

O uso de imagens MODIS/Terra se fez necessário uma vez que não foi possível encontrar imagens de fevereiro/março/abril do TM/Landsat 5 nos últimos 3 anos, sem cobertura de nuvens, que permitisse separar as culturas anuais das pastagens e elaborar um mapa o mais atualizado possível.

Validação da Exatidão do Mapeamento

O mapa temático obtido a partir de imagens de satélite tem por objetivo representar o mundo real. No entanto essa representação possui erros introduzidos durante todo o processo de elaboração do mapa, advindas de falhas do foto-intérprete na identificação das classes, na delimitação dos diferentes alvos, na escolha da escala de trabalho, nas limitações da resolução espacial e espectral do sensor, na data de obtenção das imagens e no desenho final do mapa.

Os métodos usados para estimar a exatidão de mapeamento têm como ponto de partida a construção de uma matriz de erro, obtida a partir de uma amostra de área. A matriz contém informações da classificação (mapa) e da referência (dados de campo). Esta matriz apresenta a distribuição de percentagem de pixels classificados correta e erroneamente (CONGALTON, 1991).

O grande problema desse tipo de avaliação é obter informações de campo que realmente representem a verdade terrestre. Tais informações podem ser obtidas em áreas amostrais com o uso de GPS ou produtos de sensoriamento remoto de melhor resolução espacial.

Os tipos mais comuns de amostragem para avaliar a exatidão de um mapa são: amostragem aleatória simples e estratificada. As unidades de amostragem são: por pontos, transectos e áreas. O tamanho da amostra também deve ser levado em consideração, em geral ele deve levar em conta o critério estatístico e o econômico.

Do ponto de vista estatístico a amostra deve ser suficientemente grande para garantir a confiabilidade dos dados obtidos, no entanto, do ponto de vista econômico não deve ter um tamanho muito grande, pois inviabiliza sua utilização.

A avaliação da exatidão do mapeamento foi realizada por meio do coeficiente de concordância *Kappa*. A estatística *Kappa* é um método muito utilizado para avaliar a concordância entre um mapa temático e a verdade terrestre. Ela é elaborada a partir de dados coletados em campo através de algum esquema de amostragem que inclui um número pré-estabelecido de pontos para serem visitados, dos quais se verifica o erro ou acerto da atribuição de uma classe ou categoria a um ponto no mapa.

Os valores de *Kappa* representam a qualidade do mapa temático e, podem ser comparados com os valores propostos por Landis e Koch (1977): 0,0 – 0,2 (ruim); 0,2 – 0,4 (razoável); 0,4 – 0,6 (boa); 0,6 – 0,8 (muito boa) e 0,8 – 1,0 (excelente).

No presente trabalho a avaliação da exatidão do mapeamento foi realizada a partir da análise de 200 pontos gerados de forma aleatória estratificada sobre o mapa elaborado. De forma a minimizar o trabalho de campo, os pontos sorteados foram sobrepostos às imagens de alta resolução espacial, disponíveis no Google Earth, para identificação da classe de uso da terra e cobertura vegetal natural e posterior comparação com o mesmo ponto sobre o mapa obtido a partir da interpretação de imagens TM/Landsat e MODIS/Terra, de maneira a possibilitar a construção da matriz de erro para determinação da estatística *Kappa*. Os pontos sorteados e que não permitiram a correta identificação nas imagens de Google Earth foram visitados em campo.

Resultados e Discussão

Conforme descrito na metodologia o mapeamento do uso da terra e cobertura vegetal natural da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba, foi elaborado com apoio de 19 cenas TM/Landsat 5, obtidas nos meses de julho e agosto de 2010, bandas 4R5G3B, complementadas com imagens obtidas pelo sensor MODIS/Terra (produto MOD13Q1) adquiridas em fevereiro, março e abril de 2011. As imagens foram interpretadas conforme descrito na metodologia onde foi possível mapear as seguintes categorias de uso da terra e cobertura vegetal natural: cobertura vegetal natural, reflorestamento, café,

cana-de-açúcar, cultura irrigada com pivô central, cultura anual, pastagem, área urbana e água.

Convém destacar que na categoria cobertura vegetal natural, foram incluídos todos os tipos fitofisionômicos encontrados no Bioma Cerrado, portanto fazem parte desta categoria as formações florestais, cerradão, cerrado, campo sujo e campo limpo. Na categoria reflorestamento foram mapeados todos os tipos de vegetação arbórea cultivadas com espécies exóticas, tais como eucalipto, pinus e seringueira. Na categoria cultura irrigada com pivô central foram mapeadas todas as culturas que são irrigadas com este sistema de irrigação, com destaque para, batata, ervilha, cenoura, cebola, tomate, milho, trigo. Na categoria cultura anual foram mapeadas todas as demais culturas comerciais, com predomínio da soja, milho, sorgo, girassol, algodão e arroz. Na categoria pastagem foram mapeadas todas as gramíneas cultivadas cujo objetivo é a alimentação bovina, com destaque para as brachiarias (*decumbens* e *brizantha*) e os *panicuns* (*mombaça* e *tanzânia*) e em menor proporção na bacia o *andropogon*.

Uma vez concluída a fase de interpretação das imagens e antes de elaborar o mapa final foi realizada a avaliação da exatidão do mapeamento, com base na estatística *Kappa*. Tal procedimento foi realizado a partir da seleção de forma aleatória estratificada de 200 pontos para verificação da concordância do mapeamento com a verdade terrestre, conforme descrito na metodologia. A Tabela 01 mostra a matriz de concordância para determinação da estatística *Kappa*, onde dos 200 pontos amostrados sobre o mapa elaborado, foram mapeados corretamente 172 pontos, resultando em uma exatidão total de 0,86 e um coeficiente de concordância *Kappa* de 0,8121, considerado, portanto, um mapa excelente, conforme Landis e Koch (1977).

O mapa final foi elaborado para apresentação em folhas na escala de 1:250.000 e com toda bacia, na escala de 1.000.000 (formato A0), uma vez que a bacia ocupa uma área consideravelmente grande (223532,7 km²). Uma vez elaborado o mapa, foi possível quantificar as diferentes classes de uso da terra e cobertura vegetal natural, conforme Tabela 02 e Gráfico 01. Como pode ser observado, na bacia predominam as pastagens, ocupando uma área de 41,1 % da bacia seguida pela cobertura vegetal natural, que ocupa 29,4 % da área e, as culturas anuais ocupando área de 21,7 % da bacia. As demais classes de uso ocupam um percentual reduzido, no entanto chama

atenção a cultura da cana-de-açúcar que tem crescido na bacia, nos últimos anos e que em 2010 ocupava uma área de 3,4 % da bacia.

Tabela 01 – Matriz de erro do mapeamento do uso da terra e cobertura vegetal natural - 2010 em porcentagem (Exatidão total de 0,86 e Kappa de 0,81)

		Mapa elaborado (2010)									
		Natural	Ref.	Café	Cana	Pivô	Cultura Anual	Pasto	Urbana	Água	
Verdade Terrestre - Campo	Cobertura Vegetal Natural	19,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	21,0
	Reflorestamento	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0
	Café	0,0	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0
	Cana-de-açúcar	0,0	0,0	0,0	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0
	Irrigação por Pivô	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0
	Cultura Anual	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,0	3,0	0,0	0,0	17,0
	Pastagem	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	34,0	0,0	0,0	43,0
	Área Urbana	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	0,0	3,0
	Corpos d'água	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0
		23,0	2,0	3,0	5,0	3,0	19,0	39,0	3,0	3,0	100,0

Tabela 02 – Área ocupada pelas diferentes categorias de uso da terra e cobertura vegetal natural na Bacia do Rio Paranaíba – 2010

Classes	Área	
	km ²	%
Cobertura vegetal natural	65618,3	29,4
Reflorestamento	1427,5	0,6
Café	1010,9	0,5
Cana-de-açúcar	7529,8	3,4
Irrigação por pivô	2297,7	1,0
Cultura anual	48538,1	21,7
Pastagem	91850,3	41,1
Área urbana	2699,6	1,2
Água	2560,4	1,1
Total	223532,7	100,0

No Gráfico 02, todas as categorias de agricultura foram agrupadas de forma a facilitar a visualização (café, cana-de-açúcar, culturas irrigadas e culturas anuais), onde se verifica que a agricultura em sua totalidade ocupa uma área de 27,2 % da bacia.

A bacia do Rio Paranaíba apresenta uma grande extensão territorial, onde se verifica uma distribuição desigual dos diferentes usos da terra e cobertura vegetal natural na bacia. De forma a melhor verificar tais variações, a bacia foi dividida em sub-bacias onde serão analisados os usos em cada uma delas.

Gráfico 01 - Área ocupada pelas diferentes categorias de uso da terra e cobertura vegetal natural na Bacia do Rio Paranaíba - 2010

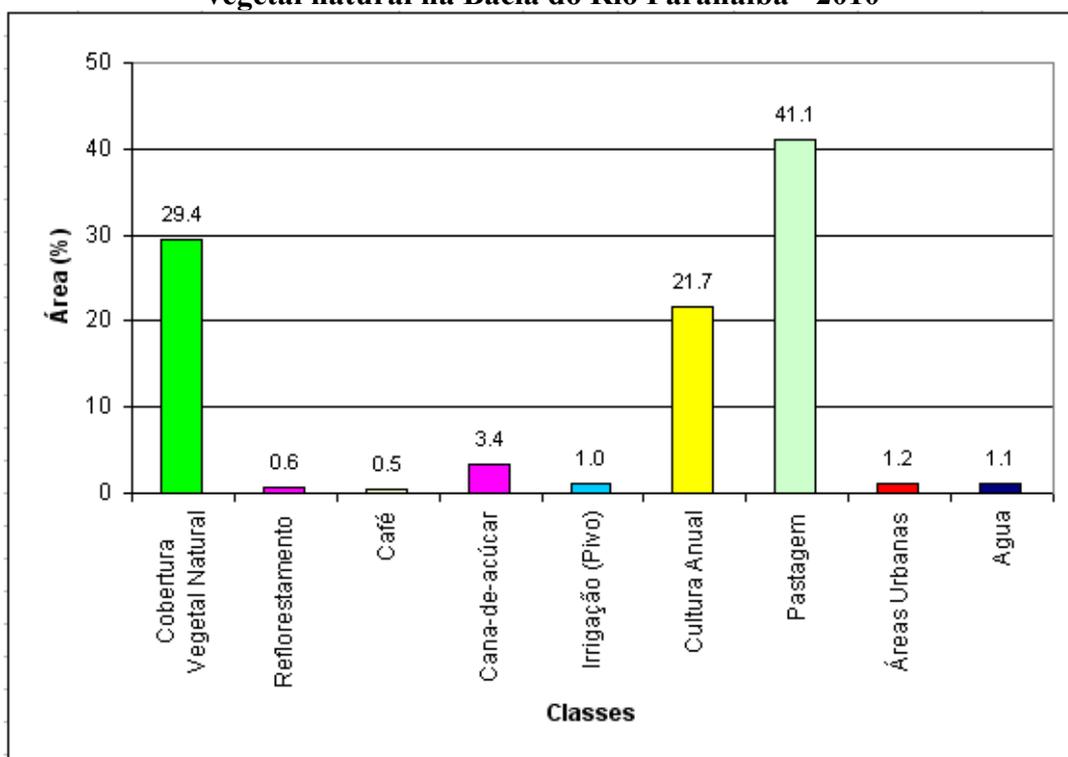
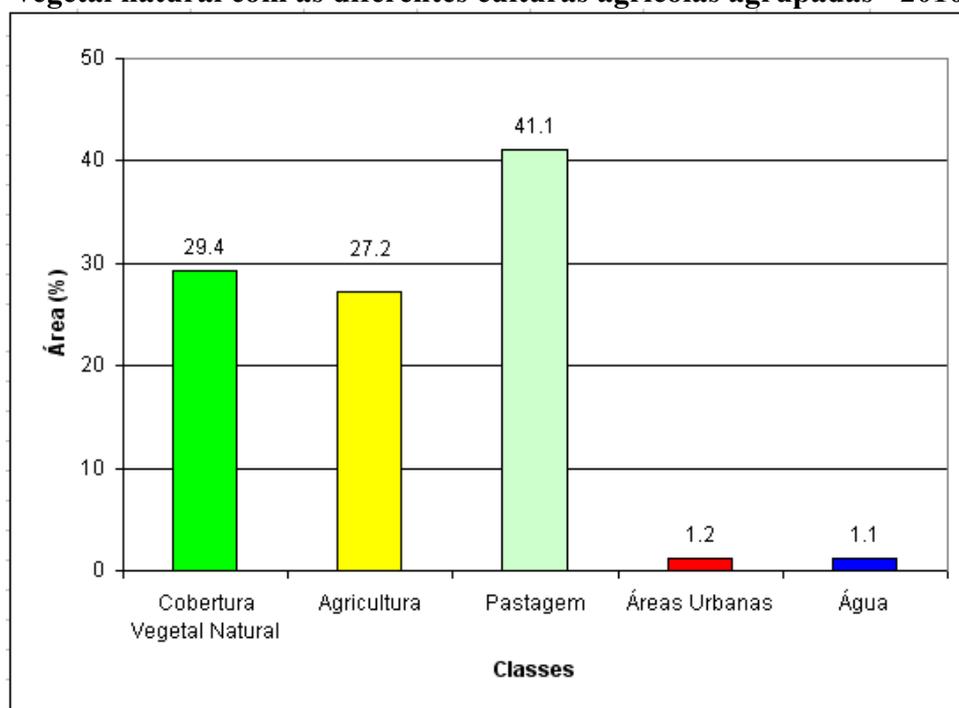


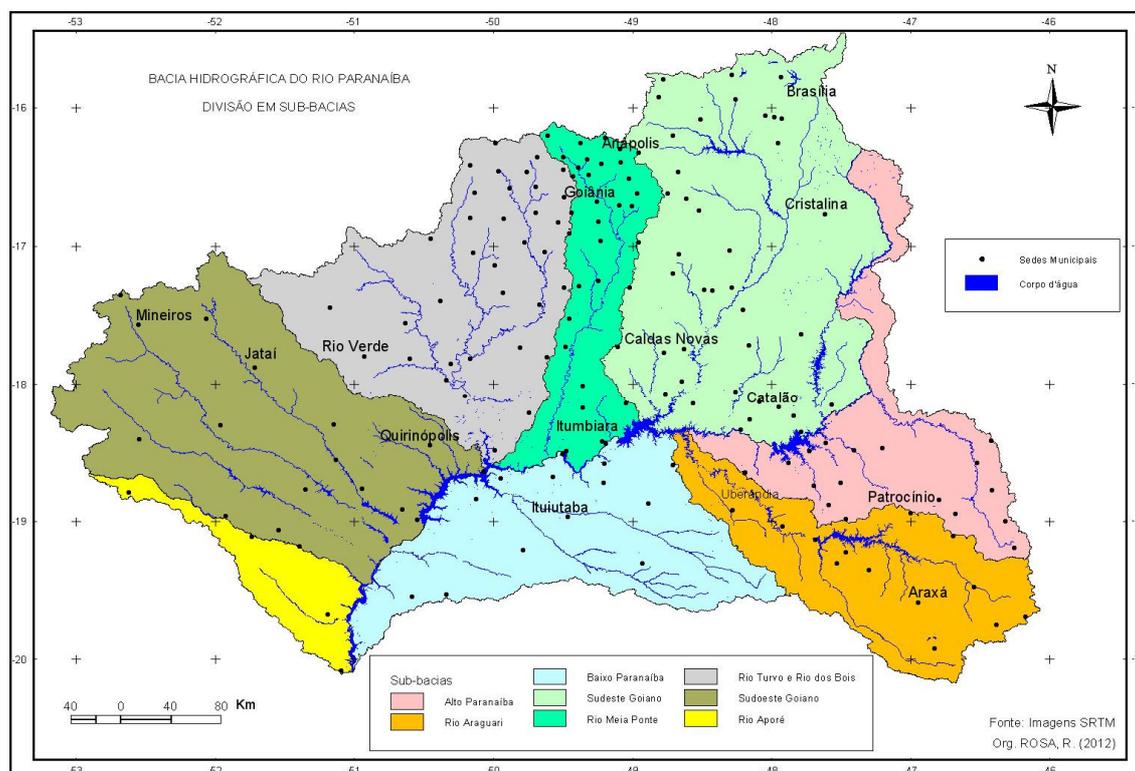
Gráfico 02 - Área ocupada pelas diferentes categorias de uso da terra e cobertura vegetal natural com as diferentes culturas agrícolas agrupadas - 2010



A subdivisão das sub-bacias fundamentou-se, na divisão hidrográfica pautada pelo método de codificação proposto pelo engenheiro Otto Pfafstetter e pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) que publicou no Diário Oficial da União a Resolução n° 30, aprovada em 11 de Dezembro de 2002, que adota a metodologia de Pfafstetter para a codificação das bacias hidrográficas em âmbito nacional. O método tem por base critérios naturais que estabelecem uma hierarquia a partir da topografia da área drenada e da topologia da rede de drenagem. A divisão das “ottobacias”, como ficaram conhecidas, é apresentada em documentos da ANEEL, ANA e MMA (EPE, 2007).

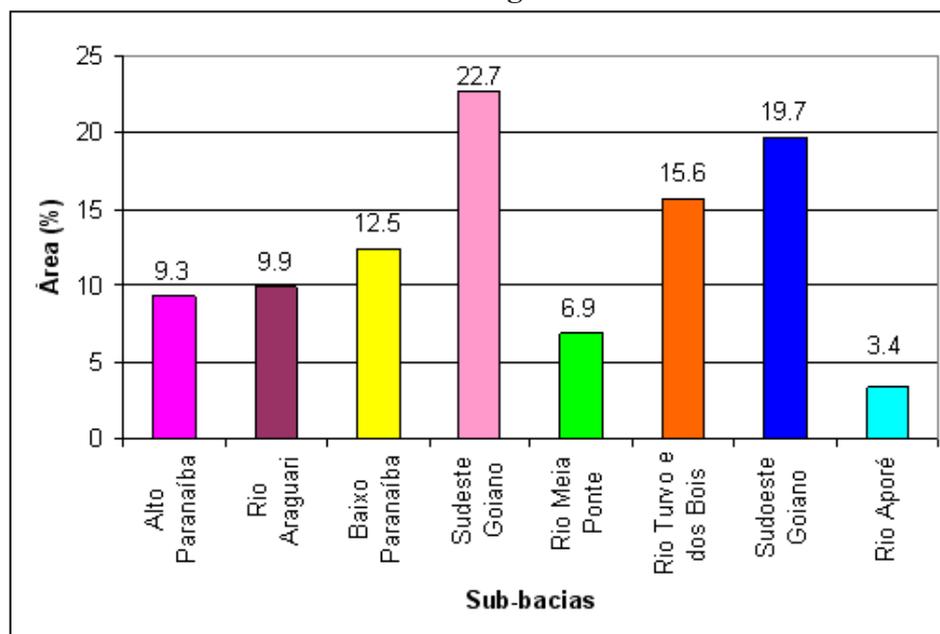
De acordo com o método de ottocodificação, a subdivisão da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba está no quarto nível da classificação chegando-se a uma subdivisão da bacia em 8 sub-bacias distintas: Rio Aporé (MS), Sudoeste Goiano (GO), Rio Turvo e Rio dos Bois (GO), Rio Meia Ponte (GO), Sudeste Goiano (GO), Alto Paranaíba (MG), Rio Araguari (MG) e Baixo Paranaíba (MG), conforme Figura 03 e Gráfico 03.

Figura 03 – Mapa da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba e divisão em sub-bacias



Fonte: Autores (2012).

Gráfico 03 – Área das sub-bacias hidrográficas da bacia do Rio Paranaíba



Analisando o Gráfico 03 verifica-se que a sub-bacia que ocupa a maior área territorial dentro da bacia do Rio Paranaíba é a sub-bacia do Sudeste Goiano, que ocupa 22,7% de toda área da bacia, seguida pela sub-bacia do Sudoeste Goiano (19,7 %) e Rio Turvo e dos Bois (15,6 %). Portanto das 8 sub-bacias as 3 maiores ocupam juntas 58,0 % de toda a bacia do Rio Paranaíba e estão no Estado de Goiás.

A área ocupada pelas diferentes categorias de uso da terra e cobertura vegetal natural por sub-bacias hidrográficas pode ser visualizada nas Tabelas 03 e 04.

Tabela 03 – Uso da terra e cobertura vegetal natural por sub-bacias - 2010 (km²)

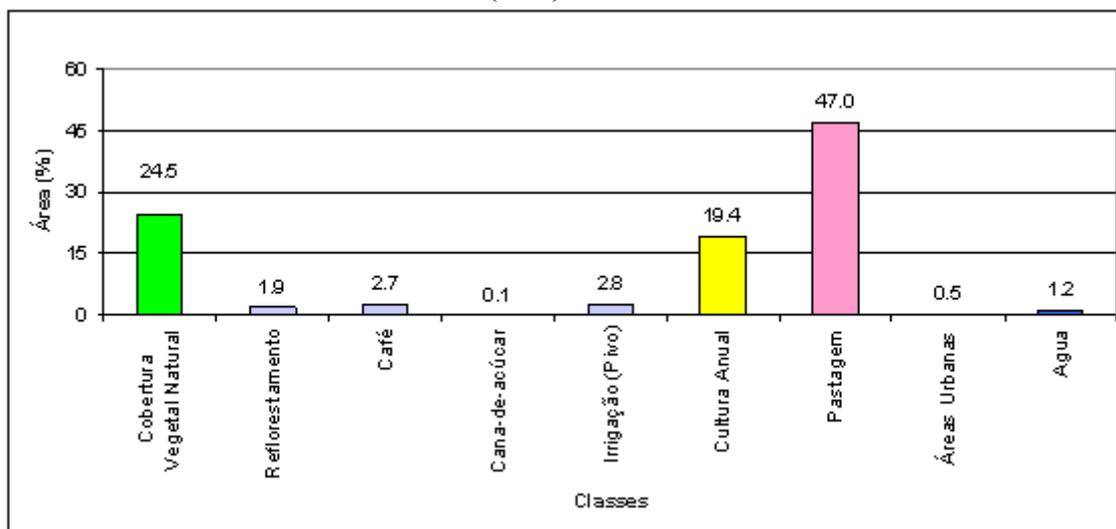
Categorias	Alto Paranaíba	Rio Araguari	Baixo Paranaíba	Sudeste Goiano	Rio Meia Ponte	Rio Turvo e dos Bois	Sudoeste Goiano	Rio Aporé
Cobertura Vegetal Natural	5094,5	7810,1	6407,9	19076,7	2799,3	8986,8	14256,2	1191,3
Reflorestamento	401,4	593,3	154,0	250,4	1,2	27,4	0,0	0,0
Café	563,3	447,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cana-de-açúcar	13,8	482,1	1795,1	78,5	674,6	2813,8	1672,3	0,0
Irrigação (Pivô)	583,9	467,6	123,2	697,4	94,2	322,7	8,8	0,0
Cultura Anual	4026,2	3432,9	3304,9	9959,9	3229,8	16771,1	7156,4	644,9
Pastagem	9771,1	8143,5	15404,3	18712,2	7860,6	5788,2	20537,4	5639,6
Áreas Urbanas	107,7	221,3	71,4	1433,1	629,1	136,1	68,5	32,6
Água	243,9	522,5	634,6	457,2	110,7	121,8	314,6	155,1
Total	20805,8	22121,0	27895,4	50665,4	15399,5	34967,9	44014,2	7663,5

Tabela 04 – Uso da terra e cobertura vegetal natural por sub-bacias - 2010 (%)

Categorias	Alto Paranaíba	Rio Araguari	Baixo Paranaíba	Sudeste Goiano	Rio Meia Ponte	Rio Turvo e dos Bois	Sudoeste Goiano	Rio Aporé
Cobertura Vegetal Natural	24,5	35,3	23,0	37,7	18,2	25,7	32,4	15,5
Reflorestamento	1,9	2,7	0,6	0,5	0,0	0,1	0,0	0,0
Café	2,7	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cana-de-açúcar	0,1	2,2	6,4	0,2	4,4	8,0	3,8	0,0
Irrigação (Pivô)	2,8	2,1	0,4	1,4	0,6	0,9	0,0	0,0
Cultura Anual	19,4	15,5	11,8	19,7	21,0	48,0	16,3	8,4
Pastagem	47,0	36,8	55,2	36,9	51,0	16,6	46,7	73,6
Áreas Urbanas	0,5	1,0	0,3	2,8	4,1	0,4	0,2	0,4
Água	1,2	2,4	2,3	0,9	0,7	0,3	0,7	2,0
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

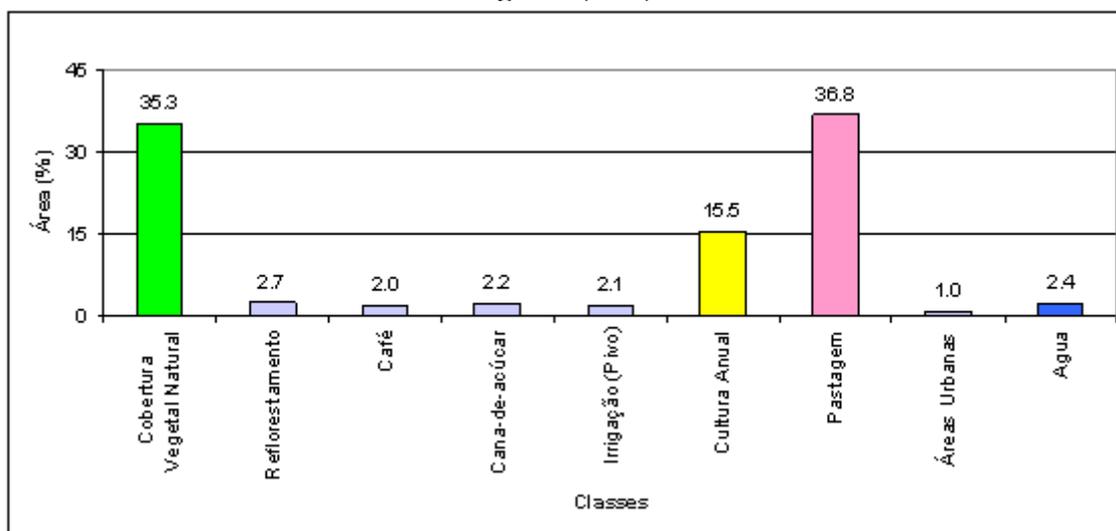
A sub-bacia do Alto Paranaíba (MG) possui uma área total de 20805,8 km², sendo que a maior parte da área (47%) é ocupada por pastagem, seguida pela cobertura vegetal natural (24,5%) e cultura anual (19,4 %). As demais categorias juntas correspondem a apenas 9,1 % da área (Gráfico 04).

Gráfico 04 – Uso da terra e cobertura vegetal natural da sub-bacia Alto Paranaíba (MG) – 2010



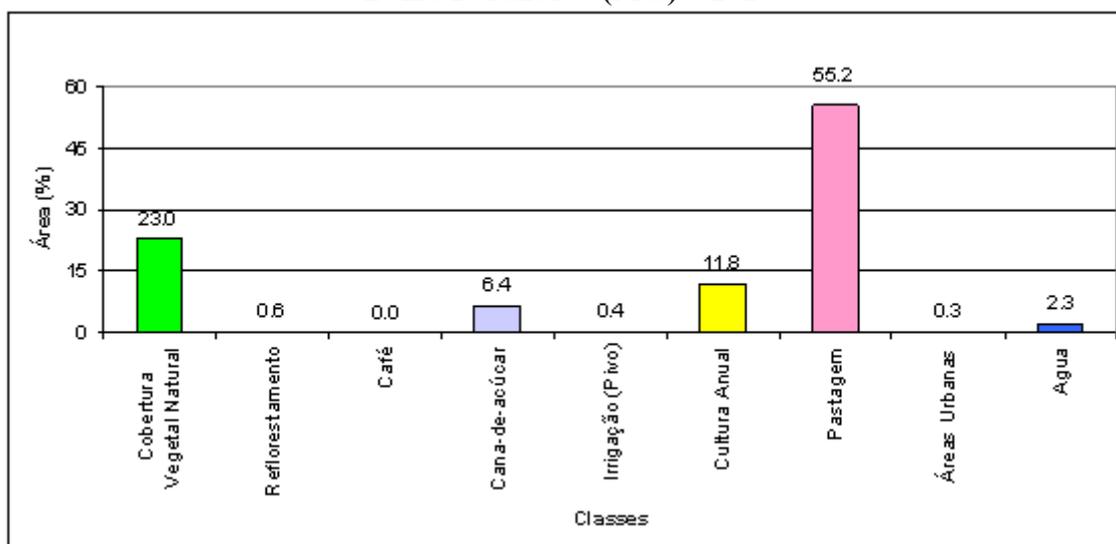
A sub-bacia do Rio Araguari (MG) possui uma área total de 22121,0 km², sendo que a maior parte da área (36,8 %) é ocupada por pastagem, seguida pela cobertura vegetal natural (35,3 %) e cultura anual (15,5 %). As demais categorias juntas correspondem a 12,4 % da área (Gráfico 05).

Gráfico 05 – Uso da terra e cobertura vegetal natural da sub-bacia do Rio Araguari (MG) – 2010



A sub-bacia do Baixo Paranaíba (MG) possui uma área total de 27895,4 km², sendo que a maior parte da área (55,2 %) é ocupada por pastagem, seguida pela cobertura vegetal natural (23,0 %) e cultura anual (11,8 %). As demais categorias juntas correspondem a 10,0 % da área (Gráfico 06).

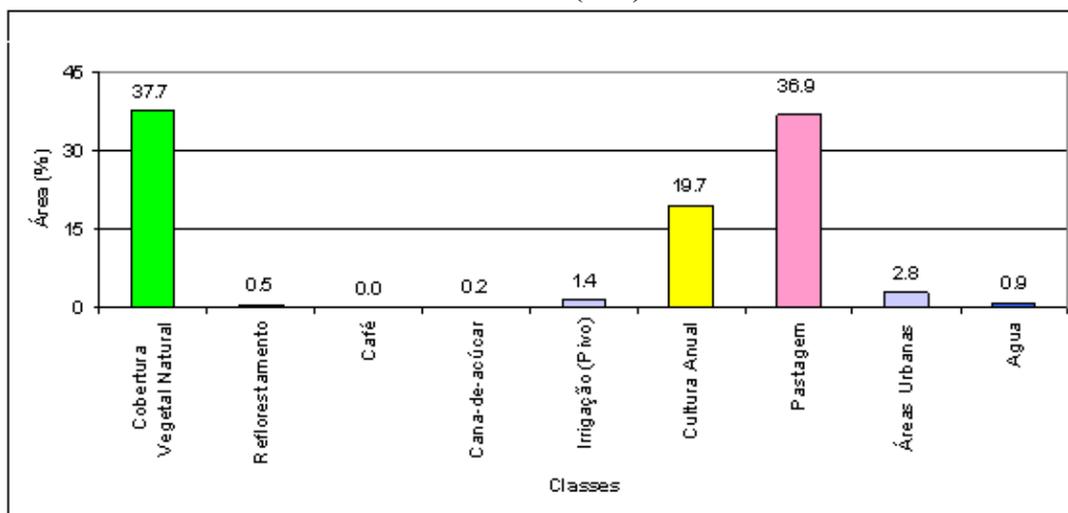
Gráfico 06 – Uso da terra e cobertura vegetal natural da sub-bacia do Baixo Paranaíba (MG) – 2010



A sub-bacia do Sudeste Goiano (GO) é a maior sub-bacia da área de estudo, com área total de 50665,4 km², sendo que a maior parte da área (37,7 %) é ocupada pela

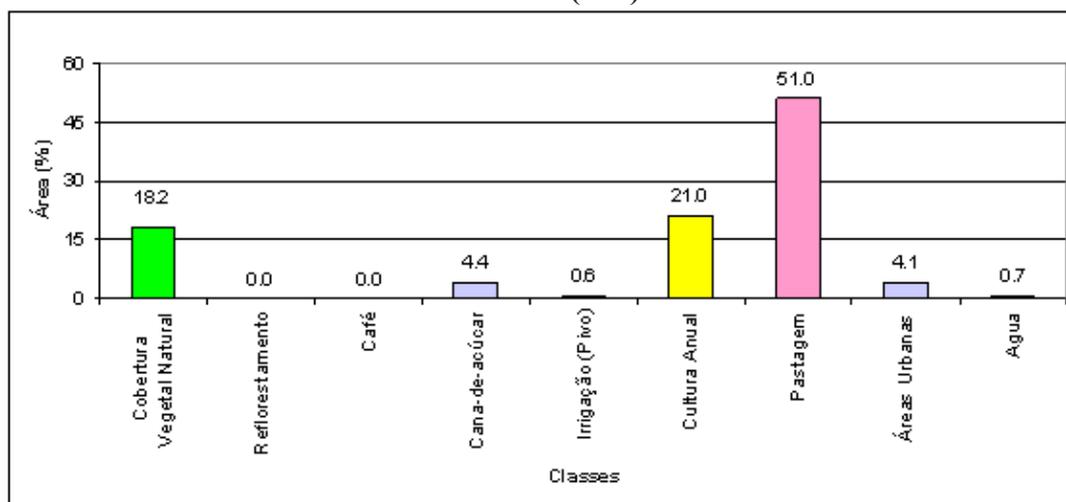
cobertura vegetal natural seguida pela pastagem (36,9 %) e cultura anual (19,7 %). As demais categorias juntas correspondem a 5,7 % da área (Gráfico 07). Trata-se da sub-bacia que possui a maior área de cobertura vegetal natural preservada.

Gráfico 7 – Uso da terra e cobertura vegetal natural da sub-bacia do Sudeste Goiano (GO) – 2010



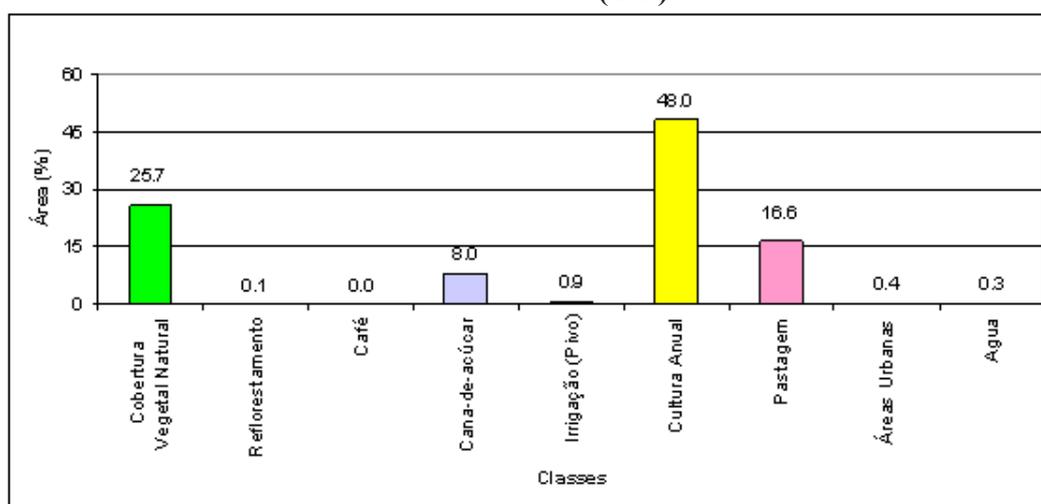
A sub-bacia do Rio Meia Ponte (GO) possui uma área total de 15399,5 km², sendo que a maior parte da área (51 %) é ocupada por pastagem, seguida pela cobertura vegetal natural (18,2 %) e cultura anual (21 %). As demais categorias juntas correspondem a apenas 9,8 % da área (Gráfico 08).

Gráfico 08 – Uso da terra e cobertura vegetal natural da sub-bacia do Rio Meia Ponte (GO) – 2010



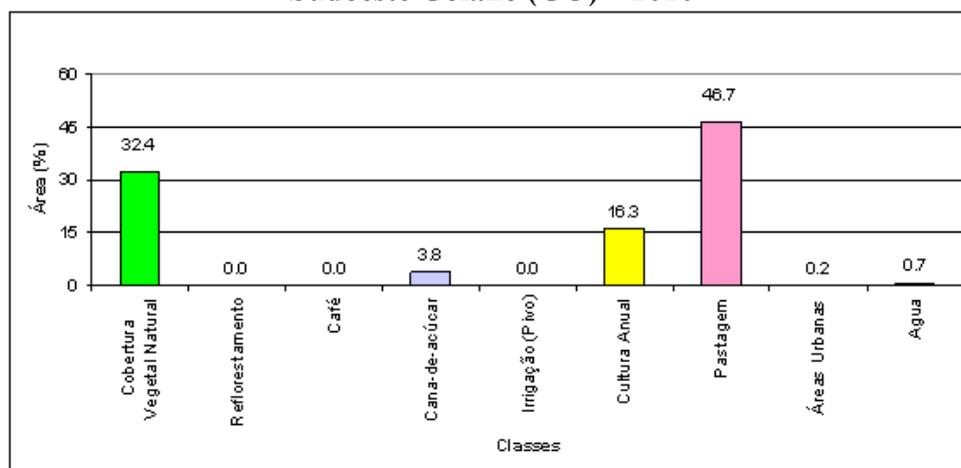
A sub-bacia do Rio Turvo e dos Bois (MG) possui uma área total de 34967,9 km², sendo que a maior parte da área (48 %) é ocupada cultura anual, seguida pela cobertura vegetal natural (25,7 %) e pastagem (16,6 %). As demais categorias juntas correspondem a apenas 9,7 % da área (Gráfico 09). Convém destacar que, trata-se da sub-bacia que possui a maior área agrícola, também é a única em que a agricultura supera os demais usos, inclusive a pastagem.

Gráfico 09 – Uso da terra e cobertura vegetal natural da sub-bacia do Rio Turvo e dos Bois (GO) – 2010



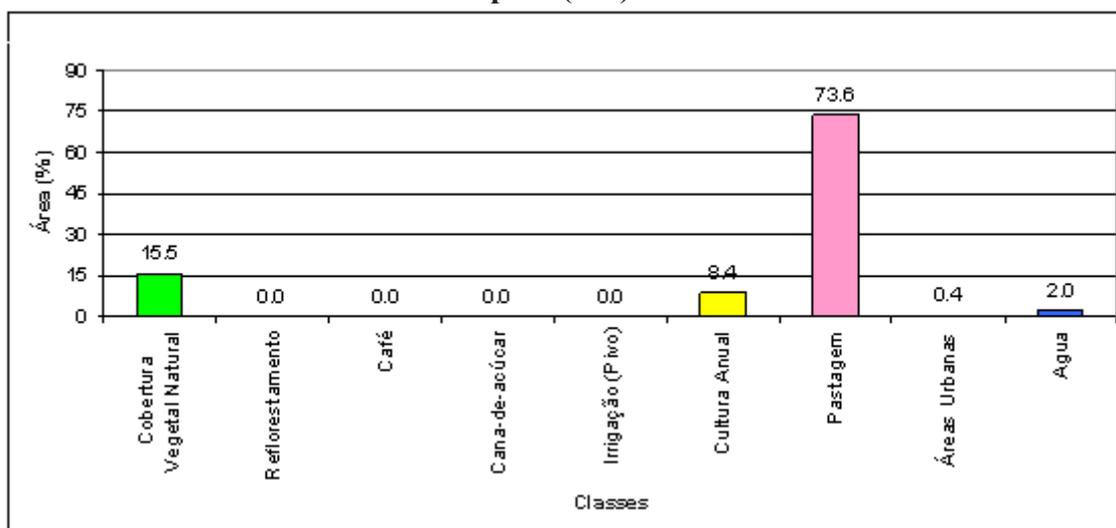
A sub-bacia do Sudoeste Goiano (GO) é a segunda maior sub-bacia da área de estudo, com área total de 44014,2 km², sendo que a maior parte da área (46,7 %) é ocupada por pastagem, seguida pela cobertura vegetal natural (32,4 %) e cultura anual (16,3 %). As demais categorias juntas correspondem a 4,6 % da área (Gráfico 10).

Gráfico 10 – Uso da terra e cobertura vegetal natural da sub-bacia do Sudoeste Goiano (GO) – 2010



A sub-bacia do Rio Aporé (MS), é a menor sub-bacia da área de estudo, com área total de 7663,5 km², sendo que a maior parte da área (73,6 %) é ocupada por pastagem, seguida pela cobertura vegetal natural (15,5 %) e cultura anual (8,4 %). As demais categorias juntas correspondem a 2,5 % da área (Gráfico 11). Convém destacar que se trata da sub-bacia com maior percentual de área ocupada por pastagens, bem como a sub-bacia que possui a menor percentual de área com cobertura vegetal natural.

Gráfico 11 – Uso da terra e cobertura vegetal natural da sub-bacia do Rio Aporé (MS) – 2010



Em praticamente todas as sub-bacias predomina as pastagens, com exceção da sub-bacia do Rio Turvo e dos Bois que predomina as culturas anuais e na sub-bacia do Sudeste Goiano, que predomina a cobertura vegetal natural.

Com relação às áreas irrigadas, tanto a porção da bacia pertencente ao Estado Goiás quanto ao Estado Minas Gerais possuem praticamente a mesma área irrigada com sistema de irrigação por pivô central. O Estado de Minas Gerais possuía em 2010, 1174,7 km² irrigados, com um total de 1831 pivôs, com dimensão média de 64 ha, já o Estado de Goiás apresentava uma área irrigada de 1114,7 km², com um total de 1610 pivôs, com dimensão média de 69 ha.

A cana-de-açúcar predomina no Estado de Goiás, com área de 5239,2 km², sobretudo nas sub-bacias do Rio Turvo e dos Bois e Sudoeste Goiano. No Estado de Minas Gerais ocupa uma área de 2291 km², com destaque para as sub-bacias do Baixo Paranaíba e Rio Araguari.

A pastagem é o uso predominante em praticamente todas as sub-bacias hidrográficas, com exceção da sub-bacia do Rio Turvo e dos Bois onde predomina a cultura anual e sub-bacia Sudeste Goiano, onde predomina a cobertura vegetal natural.

Considerações Finais

A partir do mapa de uso da terra e cobertura vegetal natural, foi possível quantificar os diferentes usos da bacia, onde se verifica que a pastagem cultivada é o uso predominante, ocupando uma área de 41,1 % da bacia seguida pela cobertura vegetal natural, que ocupa 29,4 % da área e, a agricultura que ocupa 27,2 % da área da bacia. As demais classes de uso ocupam um percentual reduzido (1,2 % área urbana e 1,1 % corpos d'água), no entanto chama à atenção a cultura da cana-de-açúcar que tem crescido na bacia nos últimos anos e que em 2010 ocupava uma área de 3,4 % da bacia.

Em função de sua grande extensão, a bacia apresenta diferentes características, as quais podem ser mais detalhadas se dividirmos a mesma em sub-bacias, o que foi feito seguindo o método de codificação proposto pelo engenheiro Otto Pfafstetter e pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH). As maiores sub-bacias em extensão (área) são do Sudeste Goiano (22,7 % da área), Sudoeste Goiano (19,7 %) e Rio Turvo e dos Bois (15,6 %).

A sub-bacia do Sudeste Goiano caracteriza-se por possuir o maior percentual de área ocupada com cobertura vegetal natural (37,7 % da área da sub-bacia). A sub-bacia do Rio Turvo e dos Bois se caracteriza por possuir a maior parte da área ocupada por agricultura (56,9 %), sendo que neste percentual estão incluídos 8 % de área ocupada com cana-de-açúcar (maior percentual entre as sub-bacias). A sub-bacia do Rio Meia Ponte é a que possui o menor percentual de cobertura vegetal natural (18,2 % da área). A sub-bacia do Rio Aporé é a que possui o maior percentual de ocupação com pastagem (73,6 % da área).

Espera-se que os dados encontrados no presente trabalho sirvam de apoio aos planejadores em seus diferentes níveis quando da implementação de políticas para os municípios presentes na bacia. As técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento utilizadas permitiram separar áreas cultivadas com culturas anuais, das áreas cultivadas com pastagens, categorias de uso, que normalmente são difíceis de serem separadas, especialmente na região de cerrado, o que permitiu produzir um mapa com um índice de acerto de 81 %, conforme estatística *Kappa*.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) por ter concedido bolsa de Produtividade em Pesquisa ao primeiro autor – Processo 302844/2010-4.

Referências

ANDERSON, J. R.; HARDY, E.E.; ROACH, J.T.; WITMER, R.E. **Sistema de classificação do uso da terra e do revestimento do solo para utilização com dados de sensores remotos**. Tradução de Harold Strang. Rio de Janeiro, IBGE, 1979.

CONGALTON, R.G. A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. **Remote Sensing of the Environment**, v.37, n.1, p. 35-46, 1991.

IBGE. **Manual técnico de uso da terra**. Rio de Janeiro, IBGE, 2ª. ed. 2006.

KELLER, E. C. de S. Mapeamento da utilização da terra. **Revista Brasileira de Geografia**, IBGE, v. 31, n.3, p. 151-160, 1969.

LANDIS, J.R. e KOCH, G.G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, v.33, n.1, p. 159-174, 1977.

MOREIRA, M. A . **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação**. Viçosa, UFV, 4^a. ed., 2011.

NOVO, E.M.L.M. **Sensoriamento remoto: Princípios e aplicações**. São Paulo, Edgard Blucher, 4^a. ed. 2011.

ROSA, Roberto. **Introdução ao sensoriamento remoto**. Uberlândia, EDUFU, 7^a ed. 2009.

SANO, E.E.; ROSA, R.; BRITO, J.L.S.; FERREIRA, L.G. **Mapeamento do uso do solo e cobertura vegetal – Bioma Cerrado – Ano base 2002**. Brasília, MMA/SBF, 2010.

Recebido em 29/11/2013. Aceito para publicação em 20/06/2014.
--