

Dinâmica de uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica do rio Teles Pires

João dos Santos Vila da Silva¹
Edson Antonio Mengatto Junior²
Jéssica da Silva Rodrigues Cecim¹
Paula Guimarães¹

¹ Embrapa Informática Agropecuária - CNPTIA
Av. André Toselo, 209 - Caixa Postal 6041
13083-886 - Campinas - SP, Brasil
joao.vila@embrapa.br
jcecim@gmail.com
paula.guimaraes@gmail.com

² Instituto de Geociências
Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP
Rua João Pandiá Calógeras, 51. Campinas, SP.
mengattogeo@gmail.com

Abstract The watershed management can be defined as the process of organization and direction of land use and other natural resources in order to produce assets and services without destroying or adversely affect soil and water. Among several remote sensing applications, land-use change detection enables better understanding of changes related to environmental impacts through monitoring. The objective of this paper is to present results of the dynamics of land use and occupation in the Teles Pires river basin, between the years 2003 to 2013/14. The digital processing techniques employed in the basin mapping process were obtaining the 2003 year of satellite images; processing of the obtained scenes, segmentation of images, editing and revision of polygons and classification of polygons according to vegetation cover. For the year 2013/14 the data were obtained from TerraClass project, for comparison with the year 2003. The results show a decrease of 10% in the natural area in the basin, going from 70% in 2003 to 60% in 2013/14. This demonstrates the need for efficient planning for the basin, mainly due to maintenance feature biodiversity and protection of water sources to ensure good water quality. The geoprocessing techniques were adequate to the proposed objective, enabling a quantitative and qualitative evaluation of the study area.

Palavras-chave: remote sensing, image processing, mapping, sensoriamento remoto, processamento de imagens, mapeamento.

1. Introdução

Analisar a dinamicidade da sociedade em determinado espaço geográfico e as relações que o homem mantém com o mesmo é de fundamental importância para o planejamento e monitoramento do espaço, tendo em vista o atual momento de questionamentos quanto a sustentabilidade dos recursos naturais. Isso porque algumas formas de uso e exploração desses recursos podem causar desequilíbrio ecológico devido a maior vulnerabilidade de algumas áreas gerando degradação através do impacto ao meio ambiente (Andrade et. al. 2015 p. 7376). Determinadas alterações podem desencadear e ou acelerar processos do meio físico, com consequências ambientais que podem resultar em perdas econômicas e sociais (Catelani et. al. 2015 p. 7156).

Assim, o conhecimento do uso e cobertura da terra propicia a compreensão do processo de mudança da superfície terrestre, ao evidenciar as mudanças ocasionadas pelas atividades humanas frente ao meio ambiente (Lambin et. al., 1999). Essas alterações podem modificar a configuração espacial de diferentes tipos de usos, ocasionando impactos diretos sobre os ecossistemas, como o desmatamento de grandes áreas naturais e assoreamento de rios.

Esses processos, aliados a impermeabilização do solo em áreas urbanas e a negligência com as bacias hidrográficas através de diversos fatores, como a poluição por efluentes industriais, uso de agrotóxicos ou perda de sedimentos devido à erosão podem afetar diretamente a disponibilidade hídrica de águas de boa qualidade para as gerações futuras.

Portanto, o manejo de bacias hidrográficas pode ser definido como o processo de organizar e orientar o uso da terra e de outros recursos naturais, a fim de produzir bens e serviços, sem destruir ou afetar adversamente o solo e a água (Bernardo e Nossack, 2015, p. 7126). O uso do geoprocessamento e do sensoriamento remoto, como ferramentas para estudos de bacias hidrográficas proporciona uma análise temporal e uma visão espacial da realidade ambiental dessas áreas. Um dos principais avanços obtidos foram os sensores orbitais, que permitiram a avaliação de parâmetros biofísicos, especialmente a vegetação (Galford *et al.*, 2008).

Dentre as muitas aplicações de sensoriamento remoto, a detecção de mudanças no uso da terra permite um desdobramento ainda maior no entendimento de alterações ligadas principalmente a questões ambientais (Catelani *et al.* 2015 p. 7156). O sensoriamento remoto, tido como fonte contínua e regular para a obtenção de dados da superfície terrestre pode prover um monitoramento sistemático de importantes biomas, como a Amazônia e o Cerrado. Como exemplo, têm-se o PRODES - Projeto de Estimativa do Desflorestamento da Amazônia e, mais recentemente, o Mapeamento do Uso e Cobertura da terra nas Áreas Deflorestadas da Amazônia Legal – TerraClass Cerrado e TerraClass Amazônia.

Deste modo, para a realização de planejamento ambiental e ordenamento territorial adequados a partir da elaboração de políticas públicas, torna-se fundamental o uso de técnicas de sensoriamento remoto e de geoprocessamento, sobretudo devido à dimensão de áreas como os biomas do Cerrado e da Amazônia e a dificuldade de acesso as suas áreas adjacentes. (Leitold *et al.* 2016. p. 7755).

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho é apresentar resultados da dinâmica de uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica do Rio Teles Pires, entre os anos de 2003 a 2013/14.

2. Caracterização da área de estudos

O rio Teles Pires é um dos grandes formadores do rio Tapajós, tendo sua foz no rio Amazonas localizado junto à margem direita. A bacia hidrográfica do rio Teles Pires abrange uma área total aproximada de 142.626 km². A bacia do rio Teles Pires encontra-se situada entre os paralelos 15°00' de latitude sul e 7°00' de latitude norte e os meridianos 54°00' e 58°00' de longitude oeste. A localização da área de estudo é demonstrada a partir da figura 1.

É o divisor territorial dos estados de Mato Grosso e do Pará no trecho compreendido entre a sua foz, no rio Tapajós, até a foz do rio Paranaíta, um dos seus afluentes pela margem esquerda. A partir deste ponto, até sua nascente, o rio encontra-se inserido no estado de Mato Grosso. A sua extensão total é de 1.481 km, nascendo nas serras Azul e do Finca Faca, a uma altitude média de 800 m, e desenvolve-se no sentido SE-NW até a confluência com o rio Tapajós, a uma altitude aproximada de 95 m (Relatório Final, 2009).

O clima da região é classificado como do tipo tropical chuvoso (Aw), quente e úmido, com inverno seco e verão chuvoso. O regime pluviométrico é típico das regiões de clima tropical, com a ocorrência dos valores mensais máximos no período de verão e dos mínimos no inverno. Os totais pluviométricos anuais variam em torno de 1700 mm ao sul da bacia, com os valores crescendo até 2600 mm, no trecho médio da bacia, do centro para os sentidos nordeste e oeste. O trimestre mais chuvoso corresponde aos meses de janeiro a março, com valores entre 650 a 1000 mm. E o trimestre mais seco corresponde aos meses de julho a setembro, com valores crescendo de sul a norte, entre 75 e 175 mm (Veiga *et al.* 2013).

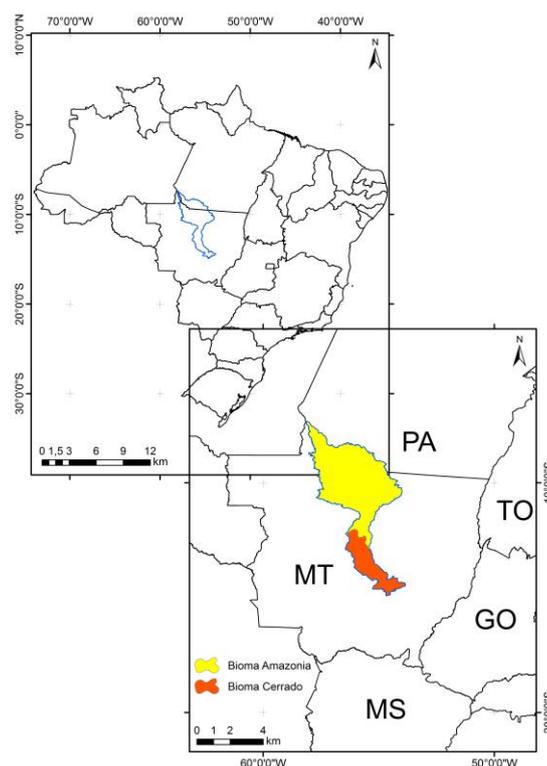


Figura 1. Localização da bacia do rio Teles Pires

3. Metodologia de Trabalho

As técnicas de processamento digital empregadas no processo de mapeamento da bacia foram desenvolvidas em diversas etapas, tais como: obtenção das imagens de satélite do ano de 2003; processamento das cenas obtidas; segmentação das imagens; edição e revisão dos polígonos e, por fim a classificação dos polígonos de acordo com a cobertura vegetal, baseado no Manual Técnico da Vegetação Brasileira (IBGE, 2010). As informações foram manipuladas no software Spring, versão 5.3.

Para o mapeamento de 2003 foram utilizadas as imagens de satélite georreferenciadas a partir do site Earth Explorer – USGS (United States Geological Survey). Os *downloads* foram realizados segundo as especificações acerca da bacia do rio Teles Pires contidas no Projeto AgroHidro – seus limites espaciais.

Em seguida foi realizado o processamento das imagens a partir da ferramenta de “contraste” disponível no software, com recorte das bordas, bem como com o mosaico (junção) das cenas para que contemplassem toda a área de estudo. A seguir as imagens foram equalizadas de modo a reduzir suas diferenças de contraste.

Na etapa seguinte foi realizada a segmentação das imagens, que teve com base a resolução espacial das imagens (30 metros para o satélite Landsat 5). Esse processo teve o objetivo de separar os pixels de tonalidades distintas, segmentando a imagem em linhas que contornam os limites de tons diferentes. Após vários testes, decidiu-se que seria mais adequado trabalhar com similaridade 30 (distância entre os níveis de cinza) com área mínima de 200 pixels por polígono ou 18 ha.

Dando prosseguimento ao trabalho, passou-se para a etapa de edição e revisão de polígonos. Nesse momento do trabalho diversas ferramentas do software foram utilizadas para que se pudesse corrigir possíveis erros, tais como polígonos com limites incoerentes, linhas não poligonalizadas e linhas duplicadas.

A classificação foi realizada por meio da interpretação das imagens de satélite Landsat 5 TM na composição colorida (bandas R5G4B3, correspondendo ao infravermelho médio,

infravermelho próximo e vermelho). A classificação se deu com base na proposta do projeto AgroHidro e do IBGE. Devido a impossibilidade de verificações a campo, utilizou-se como referência o projeto Probio de 2002 (Ministério do Meio Ambiente, 2002), o Google Earth e as séries temporais do EVI2-MODIS - Plataforma Series Views, pois por meio dessa ferramenta foi possível verificar curvas espectrais características para o comportamento do índice de vegetação. Procurou-se utilizar dados que se aproximassem do ano selecionado.

Para a comparação da dinâmica de uso e ocupação da Terra no ano de 2013/14, foram utilizados dados derivados da pesquisa do projeto de Mapeamento do Uso e Cobertura da Terra nas Áreas Desflorestadas da Amazônia Legal - TerraClass. Foram utilizados dados da Amazônia para o ano de 2014 e dados do Cerrado para o ano de 2013 (Brasil, 2015). Isso porque a bacia hidrográfica avaliada está situada em uma zona de transição de biomas.

Para tanto, os dados obtidos do TerraClass e também do mapeamento de 2003 foram reagrupados para que fosse possível uma comparação entre os dados mapeados para o ano de 2003 e para o ano de 2013/14. Todos os mapeamentos apresentados são divididos nas legendas entre áreas naturais e áreas antrópicas.

4. Resultados e Discussão

Os resultados do uso e ocupação da terra mapeados nesta pesquisa são apresentados na figura 2. Nela é possível observar em (A) os dados originais mapeados de forma visual para o ano de 2003 contendo 14 classes. Já o mapeamento apresentado em (B), resultados do TerraClass também contém 14 classes mapeadas.

Como discutido na metodologia, os dados foram agrupados para efeito de comparação da dinâmica ocorrida ao longo do período de 10 anos estudado. Sendo assim, (C) apresenta o resultado do agrupamento das classes para o ano de 2003, com 7 classes. Por fim, em (D) são demonstradas as classes mapeadas para o ano de 2013/14 de forma agrupada, com 11 classes.

A quantificação das classes mapeadas para o ano de 2003 é apresentada no quadro 1. A avaliação das áreas mapeadas permite afirmar que a bacia estudada possui proteção acentuada pois, da totalidade de suas áreas, aproximadamente 69% foram mapeadas como áreas naturais.

Quadro 1. Totalidade das classes mapeadas para o ano de 2003.

Classes originais	Classes Agregadas	Áreas (km ²)	Acumulado (km ²)
Áreas Naturais			97.922,0
Água	Água	749,7	
Floresta; Vegetação Ciliar; Savana florestada; Savana Arborizada; Savana Parque; Savana Gramíneo-lenhosa; Campinarana arborizada; Campinarana gramíneo-lenhosa	Natural (Floresta + Vegetação Campestre)	97.172,3	
Áreas Antrópicas			44.708,0
Agricultura Anual	Agricultura Anual	15.953,2	
Agropecuária	Agropecuária	499,8	
Area Urbana	Área Urbana	289,5	
Pastagem Plantada	Pastagem Plantada	27.737,5	
Áreas indiscriminadas	Vegetação Secundária	227,9	
Total			142.630,05

Através do quadro 1, é possível notar que as áreas antrópicas são praticamente dominadas pelas classes de agricultura anual e pastagem plantada, pois representam aproximadamente 98% da área total de áreas antrópicas mapeadas na bacia.

Para efeito comparativo, o quadro 2 demonstra as áreas mapeadas na mesma bacia para o ano de 2013/14. Neste quadro, é possível avaliar a dinâmica de mudança da área. Isso porque as áreas naturais sofrem decréscimo em sua área, passando a representar somente 60% da área total da bacia, ou seja, diminuição de quase 10% do total mapeado para o ano de 2003.

Quadro 2. Totalidade das classes mapeadas para o ano de 2013/14.

Classes originais	Classes Agregadas	Áreas (km ²)	Acumulado (km ²)
Áreas Naturais			85.708,7
Hidrografia; Água	Água	754,6	
Floresta; Não Floresta; Outros (Amazônia); Não Vegetado; Natural	Natural (Floresta + Vegetação Campestre)	84.954,1	
Áreas Antrópicas			56.908,6
Agricultura Anual	Agricultura Anual	18.304,8	
Agricultura Perene	Agricultura Perene	1,4	
Mosaico de Ocupações	Agropecuária	84,1	
Area urbana + Outros (Cerrado)	Área Urbana	543,9	
Mineração	Mineração	269,7	
Área não observada	Não observado	247,5	
Pasto Limpo; Pasto Sujo; desflorestamento; Pasto com Solo Exposto; Solo Exposto; Pastagem Plantada	Pastagem Plantada	31.286,0	
Reflorestamento; Silvicultura	Silvicultura	90,9	
Vegetação Secundária; Regeneração com pasto	Vegetação Secundária	6.080,1	
Total			142.617,3

Na comparação das áreas do quadro 2 em relação ao quadro 1, destaca-se além das áreas naturais uma diminuição das classes mapeadas por agropecuária, em que houve perda de aproximadamente 83% de suas áreas. Por outro lado, a dinâmica de mudança demonstra que os maiores crescimentos nas áreas mapeadas foram relativos as classes da área urbana (88%), da pastagem plantada (com decréscimo de 13%) e grande evolução das áreas mapeadas como vegetação secundária.

Portanto, na figura 2 é possível avaliar a distribuição espacial das classes mapeadas no uso e ocupação da terra para o período avaliado. Assim, a figura 2 (A) apresenta a presença intensa da classe natural com forte presença na porção norte da bacia, próxima as áreas do bioma amazônico, bem como na porção sul da bacia, em local já dominado pelo bioma cerrado. No entanto, é possível avaliar que a distribuição das áreas naturais se dá de maneira intensa por toda a bacia hidrográfica, comprovando sua característica de ser altamente protegida em suas áreas naturais.

Nessa figura é possível notar ainda que a classe floresta e das classes Campinaranas estão concentradas na alta bacia, devido à proximidade do bioma Amazônia (ou de transição entre os biomas Amazônia e Cerrado). Além disso, na baixa bacia a concentração das classes naturais é representado de forma acentuada pelas classes Savanas, características de áreas de Cerrado, bem como uma proteção acentuada dos mananciais devido a intensa presença da vegetação ciliar nestas áreas.

Na figura 2 (B) é nítido a diferença existente entre as áreas naturais, em que há decréscimo de suas áreas em relação a figura 2 (A). Parte das áreas naturais são substituídas por agricultura anual (na baixa bacia) e por pastagem plantada nas áreas da alta bacia, além da vegetação secundária distribuída de maneira uniforme. Destaca-se por fim, que no mapeamento do TerraClass, aparecem as áreas de mineração e silvicultura, não encontradas para o ano de 2003 e que necessitam de maior cuidado devido à proximidade dos mananciais.

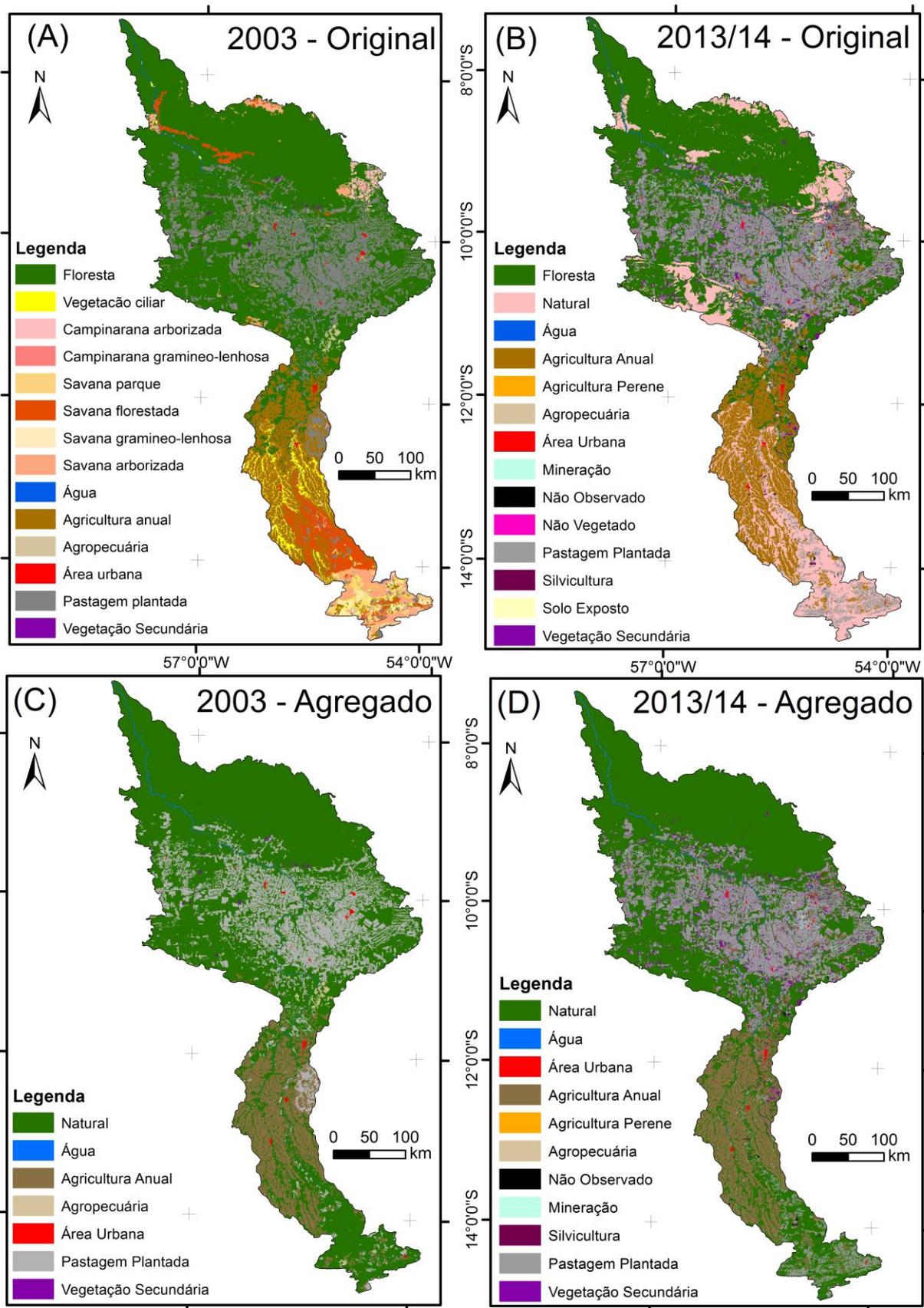


Figura 2. Comparação das classes mapeadas no ano de 2003 e no ano de 2013/14

A análise sobre a figura 2 (C), em que as áreas naturais foram agrupadas em uma mesma classe para permitir uma avaliação sobre as mudanças ocorridas entre as áreas naturais e as áreas antrópicas, é possível notar que as áreas naturais se distribuem de maneira bem uniforme na bacia, mas com maior concentração especificamente sobre as áreas da alta bacia, no bioma amazônico. Isso se dá devido à dificuldade de acesso a estas áreas dominadas por florestas de porte alto e matas bem fechadas, características do bioma em questão.

A pastagem plantada também com grande destaque na área mapeada na figura 2 (C), tem sua distribuição de ocorrência em toda a bacia, mas com maior concentração nas áreas da média bacia do Rio Teles Pires. Na avaliação da classe pastagem plantada é possível observar que a ocorrência da classe área urbana se dá próximo as áreas de pastagem plantada, assim como a agropecuária. Isso ocorre devido a processos de uso dessas áreas para atividades humanas como a criação de gado nestas extensas áreas. A comparação com a figura 2 (D) demonstra então a evolução de forma mais clara das classes agricultura anual, pastagem plantada e vegetação secundária.

Sendo assim, a agricultura anual tem sua ocorrência mais concentrada na baixa bacia do rio Teles Pires, nas áreas próximas a jusante. Devido a intensa atuação humana nestas áreas, deve-se ter planejamentos mais bem elaborados, com o objetivo de diminuir os impactos possibilitadas pelo uso destas áreas, que podem afetar diretamente na qualidade das águas do rio Teles Pires.

Em agriculturas anuais predominam as culturas temporárias, ou seja, aquelas que possuem ciclo vegetativo que varia de curto a médio prazo. Também é comum encontrar pivôs de irrigação, bem como talhões com diferentes formas geométricas marcando a transição das culturas.

A agropecuária é uma atividade exercida, principalmente, por pequenos produtores, que unem as técnicas da agricultura - cultivo de plantas e hortaliças - com a pecuária, com a criação de animais em áreas extensas (gado, suínos, aves, equinos e etc.).

No que se refere às áreas naturais, algumas considerações sobre a classificação da mata ciliar são necessárias. Em algumas porções durante a classificação alguns polígonos que poderiam ser classificados como mata ciliar foram classificados como floresta, ou savana (cerrado), visto que a mata ciliar apesar de adentrar tais domínios era muito pequena e a floresta ou savana eram predominantes. Assim, levou-se em consideração a classe que era mais abrangente nessas determinadas áreas.

Por fim, as áreas mapeadas e apresentadas nos quadros 1 e 2 tiveram pequena diferença (aproximadamente 0,13 km²), que pode ocorrer devido a escolha do sistema de projeção utilizado, no caso Albers e Datum SAD69 utilizados nesta pesquisa.

5. Conclusões

O geoprocessamento voltado à análise e classificação de imagens de satélite Landsat TM5 e o software Spring em conjunto com as demais ferramentas utilizadas neste trabalho, mostraram-se eficaz para o objetivo proposto.

O geoprocessamento auxilia na obtenção de informações importantes para a análise adequada da cobertura vegetal e uso da terra de determinada área. Também é eficiente no sentido de auxiliar na compreensão e formulação de diagnóstico da área de estudo.

O trabalho final elaborado permite a análise geral da bacia do rio Teles Pires, o que evidencia a localização das principais fisionomias que compõem a bacia e sua evolução temporal ao longo dos 10 anos estudados. Este tipo de trabalho pode vir a servir de base para que órgãos governamentais possam tomar decisões no que se refere ao planejamento e manejo da área em questão.

Agradecimentos

Agradecemos a Embrapa Informática Agropecuária pela concessão dos dados trabalhados nesta pesquisa.

Referências Bibliográficas

Andrade, J. B de; Carvalho, A. O. de; Rego, C. A. R. de; Dias, C. W. S; Chagas, L. C; Rocha, S. F; Marinho, T. R. S. dos; Brito, D. R. B. Distribuição espacial e temporal da cobertura vegetal e uso do solo do município de Anapurus – MA. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 16, 2013. Foz do Iguaçu, PR. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2013. Artigos, p. 7376 – 7381. CD-ROM, On-line. ISBN 978-85-17-00066-9. Disponível em: <http://urlib.net/rep/dpi.inpe.br/marte2/2013/05.28.22.25/capa.htm>>. Acesso em 20 de Agosto de 2016.

Bernardo, P. de M; Nossack, F. A. Diagnóstico da sub-bacia do Reservatório Cachoeira, SP. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 16, 2013. Foz do Iguaçu, PR. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2013. Artigos, p. 7125 – 7132. CD-ROM, On-line. ISBN 978-85-17-00066-9. Disponível em: <http://urlib.net/rep/dpi.inpe.br/marte2/2013/05.28.22.25/capa.htm>>. Acesso em 14 de Agosto de 2016.

Brasil. Ministério do Meio Ambiente. **Mapeamento do Uso e Cobertura do Cerrado: Projeto TerraClass Cerrado 2013/MMA/sbf**. Brasília: MMA. 2015. 67p.:il.color+mapa. ISBN 978-85-7738-255-2

Catelani, C. de. S; Simões; S. J. C; Trannin, I. C. de. Verificação de mudança da cobertura da terra para quantificação de áreas com solo exposto, um subsídio à análise de sustentabilidade de reservatórios de geração de energia hidrelétrica. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 16, 2013. Foz do Iguaçu, PR. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2013. Artigos, p. 7156 – 7163. CD-ROM, On-line. ISBN 978-85-17-00066-9. Disponível em: <http://urlib.net/rep/dpi.inpe.br/marte2/2013/05.28.22.25/capa.htm>>. Acesso em 06 de Agosto de 2016.

Galford, G. et al. Wavelet analysis of MODIS time series to detect expansion and intensification of row-crop agriculture in Brazil. **Remote Sensing of Environment**, 112, 2008. 576-587.

IBGE. Manuais Técnicos em Geociências - “**Manual Técnico da Vegetação Brasileira, 2ª edição**” - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Ministério de Planejamento, Orçamento e Gestão. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/recursos_naturais/manuais_tecnicos/manual_tecnico_vegetacao_brasileira.pdf. Acesso em 15 de Julho de 2016.

Lambin, E. et al. **Land-Use Land-Cover Change (LUCC): Implementaion Strategy**. International Geosphere-Biosphere Programme; International Human Dimensions Programme on Global. Estocolmo, p. 126. 1999.

Leitold, V; Polizel, S. P; Moreira, M. A. Mapeamento do uso e cobertura da terra a partir da segmentação e classificação orientada a objetos em imagens do TM/Landsat-5: caso de estudo de parte do município de Brasil Novo – PA. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 16, 2013. Foz do Iguaçu, PR. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2013. Artigos, p. 7754 – 7761. CD-ROM, On-line. ISBN 978-85-17-00066-9. Disponível em: <http://urlib.net/rep/dpi.inpe.br/marte2/2013/05.28.22.25/capa.htm>>. Acesso em 25 de Julho de 2016.

Relatório Final – Sumário Executivo. **Avaliação ambiental integrada da bacia hidrográfica do rio Teles Pires**. Dezembro de 2009. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/MeioAmbiente/Documents/AAI%20Teles%20Pires/AAI%20Teles%20Pires%20-%20Relat%C3%B3rio%20Final%20-%20Sum%C3%A1rio%20Executivo.pdf>. Acesso em: 20 de Agosto de 2016.

Veiga. A. M; Melo, D. C. R. de; Soares, A. K.; Trindade, M. C; Mello, L. T. A; Souza, R. M. Diagnósticos das vazões do Rio Teles Pires. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. 20, 2013. Bento Gonçalves, RS. **Anais...** ISBN: 2318-0358. Disponível em: http://www.cprm.gov.br/publique/media/Evento_Veiga_Diagnostico.pdf. Acesso em 31 de Agosto de 2016.